

Niedersächsisches Ministerium
für Umwelt, Energie und Klimaschutz



Szenarien zur Energieversorgung
in Niedersachsen im Jahr 2050
- Gutachten -



Niedersachsen

Auftraggeber:

Niedersächsisches Ministerium für
Umwelt, Energie und Klimaschutz
Archivstraße 2
30169 Hannover

Clausthaler Umwelttechnik-
Institut GmbH (CUTEC)
Leibnizstr. 21 + 23
38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 05323 933-0
Fax: 05323 933-100
Web: www.cutec.de



Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen (EFZN)
Am Stollen 19A
38640 Goslar

Tel.: 05321 3816-8000
Fax: 05321 3816-8009
Web: www.efzn.de



Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften (Ostfalia)
Fakultät Versorgungstechnik
Salzdahlumer Straße 46/48
38302 Wolfenbüttel

Tel.: 05331 939-39830
Fax: 05331 939-39832
Web: www.ostfalia.de



Leibniz Universität Hannover
Institut für Umweltplanung (IUP)
Herrenhäuser Str. 2
30419 Hannover

Tel.: 0511 762-5359
Fax: 0511 762-3791
Web: www.umwelt.uni-hannover.de



Das Gutachterkonsortium wird vertreten durch:

Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich

Gutachten unter Mitwirkung von:

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck (EFZN), Prof. Dr. Christina von Haaren (IUP), Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kuck (Ostfalia),
Prof. Dr. Michael Rode (IUP), Jan Ahmels, M. A. (EFZN), M. Sc. Francesca Dossola (IUP), Dr.-Ing. Jens zum Hingst (CUTEC),
Dipl.-Ing. Friederike Kaiser (EFZN), M. Sc. Ann Kruse (CUTEC), Dr. Claudia Palmas (IUP), Dr. Gottfried Römer (EFZN),
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Isa Ryspaeva (CUTEC), Dipl.-Ing. (FH) Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt (Ostfalia)
Dr.-Ing. Werner Siemers (CUTEC), Ronia Simons, B.Sc (EFZN), Dr. Jens-Peter Springmann (EFZN), Dipl.-Ing. Can Yilmaz (EFZN)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	3
1 Einleitung	5
2 Vorgehen und Durchführung	6
2.1 Prozess des Runden Tisches	
2.2 Aufgabenstellung	
2.3 Methodik	
2.4 Dokumentationsstruktur	
3 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen in Deutschland und Niedersachsen	12
3.1 Energie- und Klimapolitik	
3.2 Rechtlicher Rahmen	
3.3 Ökonomische Aspekte	
3.4 Gesellschaftliche Faktoren	
4 Potenziale und Status quo der Energiebereitstellung	17
4.1 Erneuerbare Energien	
4.2 Fossile und nukleare Energien	
4.3 Energiespeicher	
4.4 Stromnetze	
5 Szenario „Niedersachsen 100 Prozent Erneuerbare Energien“	24
5.1 Rahmenbedingungen	
5.2 Erschließung von Optionen zur Effizienzsteigerung	
5.3 Erschließung Erneuerbarer Energiequellen	
5.4 Substitution fossiler Brennstoffe	
5.5 Wasserelektrolyse und Synthese von Treibstoffen	
5.6 Ergebnisübersicht	
6 Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“	44
6.1 Übergeordnete Rahmenbedingungen	
6.2 Erschließung von Optionen zur Effizienzsteigerung	
6.3 Gegenüberstellung der Szenarienergebnisse	

	Seite	
7	Sensitivitätsanalysen auf Anregung des Runden Tisches	50
7.1	Elektrotraktion	
7.2	Gebäudewärme	
7.3	Windstrom	
7.4	Biomasse	
8	Kosten der Strombereitstellung	57
8.1	Methode und Annahmen	
8.2	Kosten der Strombereitstellung im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“	
8.3	Kosten der Strombereitstellung im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“	
8.4	Kosten der Strombereitstellung im Business as Usual-Pfad	
8.5	Ergebnisse	
8.6	Gesamtwirtschaftlicher Kontext	
9	Ableitung möglicher Klimaschutzziele	69
9.1	Zielempfehlung Treibhausgasemissionen Niedersachsen bis 2050	
9.2	Analyse bestehender Handlungsfelder	
9.3	Zusammenführung der Zielableitung 2030	
9.4	Empfehlung für mögliche Klimaschutzziele	
10	Ausblick	82
	Literaturverzeichnis	83
	Abbildungsverzeichnis	87
	Anhang	
	Anhang A: Potenzialermittlung. Anhang zum Kapitel 4.1,	
	Anhang B: Energiespeicher. Anhang zum Kapitel 4.3,	
	Anhang C: Ergänzende Ausführungen zu den Treibhausgasemissionen,	
	Anhang zu den Kapiteln 5 und 6,	
	Anhang D: Szenariodatei „Niedersachsen 100 Prozent EE“,	
	Anhang E: Szenariodatei „Niedersachsen -80 % THG“	

Zusammenfassung

Ziel der Landesregierung ist es, ein Leitbild einer nachhaltigen Energie- und Klimaschutzpolitik für Niedersachsen zu erstellen. Zu diesem Zweck stellt das vorliegende Gutachten zwei Energieszenarien für Niedersachsen im Jahr 2050 vor, welche im Rahmen des „Runden Tisches Energiewende Niedersachsen“ mit einer Vielzahl gesellschaftlicher Akteure diskutiert und weiterentwickelt wurden.

Gegenstand dieses Gutachtens ist einerseits die Entwicklung eines Szenarios mit einer zu 100 Prozent auf erneuerbaren Energiequellen basierenden Energieversorgung mit dem Ziel einer bedarfsgerechten Energiebereitstellung für die Verbraucher unter Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit. Aufbauend auf diesem Szenario wird andererseits ein zweites Szenario unter der Randbedingung einer im Vergleich zum Bezugsjahr 1990 um 80 Prozent verminderten Treibhausgasemission entwickelt.

Dabei wird zunächst jeweils ein konsistentes Ziel beschrieben, das einen technisch machbaren Zustand des Energieverbrauchs und der Energiebereitstellung im Jahr 2050 darstellt. Durch Stützstellen in Zehnjahresintervallen ergeben sich Zwischenziele für die kommenden Jahre (2020, 2030, 2040) auf dem Weg zum Zielzustand 2050. Diese Methode (Backcasting) steht damit im Gegensatz zu anderen Szenario-Methoden, die eine Fortschreibung des gegenwärtigen Trends in Richtung zunehmender Anteile regenerativer Energien in Form von Prognosen verfolgen. Aus der Sicht der Gutachter ist das Backcasting vorteilhaft, um kontraproduktive Entwicklungen und Verzögerungen zu vermeiden.

Die den vorgestellten Szenarien zugrunde liegenden Ansätze erreichen eine Deckung des zukünftigen Energieverbrauchs mit verschiedenen erneuerbaren Energien. Es werden neben dem klassischen Stromsektor auch die Bereiche Wärme, Kraft- und Grundstoffe in den Verbrauchssektoren Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Industrie und Verkehr berücksichtigt und auf regenerative Energien umgestellt.

Die Annahmen zur Energieerzeugung werden im Rahmen der Potenziale Niedersachsens getroffen. Dies erfolgt aufgrund der mit der jeweiligen Technologie korrespondierenden Flächenbedarfe unter Berücksichtigung möglicher Nutzungskonkurrenzen. Somit ist sichergestellt, dass die für 2050 berechneten Energiemengen auch tatsächlich technisch realisierbar und miteinander kombinierbar sind. Diese flächenbasierte Betrachtung wird für alle Technologien konsequent durchgeführt.

Die beiden auf diese Weise erstellten Basis-szenarien bilden die Grundlage für eine Reihe möglicher Szenariovarianten, die eine Identifikation wünschenswerter Konstellationen innerhalb des „Möglichkeitsraumes“ erlauben.

Der zu deckende Energieverbrauch errechnet sich aus dem Pro-Kopf-Energieverbrauch Deutschlands multipliziert mit der künftigen Einwohnerzahl von 9,5 Millionen in Niedersachsen. Diese Einwohnerzahl ergibt sich aus der Fläche Niedersachsens und der durchschnittlichen Bevölkerungsdichte Deutschlands im Jahr 2050. Das sogenannte Solidarprinzip berücksichtigt, dass ein Flächenland wie Niedersachsen zukünftig regenerativ erzeugte Energie in Ballungsräume exportieren wird, die nicht zur Landesfläche Niedersachsens gehören (Solidarregion Niedersachsen).

Unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Entwicklung, der Bevölkerungsentwicklung, der nutzbaren Effizienzpotenziale und einer Umstellung des treibstoffbasierten Verkehrs auf Elektromobilität, um einige wesentliche Eingangsgrößen zu nennen, wird im Szenario für das Zieljahr 2050 ein gegenüber heute um 47 Prozent geringerer Endenergieverbrauch zugrunde gelegt.

Mit 36 Prozent liefert der Solarstrom den größten Anteil auf Basis einer installierten Leistung von 92 Gigawatt (GW) für die Selbstversorgung Niedersachsens (zuzüglich 36 GW für den Export gemäß Solidaransatz) im 100 Prozent Erneuerbare Energien-Szenario. Den zweitgrößten Beitrag liefert die Windenergie mit 30 Prozent des zu deckenden Endenergieverbrauchs. Dabei wird eine onshore installierte Leistung von 20 GW für die Selbstversorgung Niedersachsens (zuzüglich sieben GW für den Export gemäß Solidaransatz) an Land im Jahr 2050 vorausgesetzt. Darüber hinaus werden gemäß des Solidaransatzes rund 13 Prozent der in Deutschland offshore aus Wind erzeugten Energie für die Solidarregion Niedersachsen genutzt. Für ganz Deutschland wird dabei eine installierte Leistung von 54 GW offshore berücksichtigt (davon fünf GW für die Selbstversorgung Niedersachsens zuzüglich zwei GW nach dem Solidaransatz). Den drittgrößten Beitrag mit

rund 19 Prozent Deckungsanteil am Endenergieverbrauch liefert die Biomasse. Als speicherbarer Energieträger mit hoher Energiedichte kommt ihr zur Substitution fossiler Brennstoffe und als Kohlenstoffquelle zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff eine hohe Bedeutung zu. Weitere Anteile zur Deckung des Energieverbrauchs liefern die mit Wärmepumpen gewonnene Umgebungswärme sowie Tiefengeothermie und Wasserkraft. Wesentlich ist die Speicherung von Solar- und Windstrom in Form von Wasserstoff, der einerseits durch Rückverstromung zur Bedarfsdeckung in Phasen mit niedrigem Stromangebot und andererseits für die stoffliche Weiterverarbeitung genutzt werden kann.

Zur Erzeugung der erforderlichen Energie auf der Fläche Niedersachsens werden 1,5 Prozent der Bodenfläche (zuzüglich 0,6 Prozent der Bodenfläche für den Export gemäß Solidaransatz) für Onshore-Windparks benötigt. Für Solarfreiflächen sind 3,2 Prozent der Landwirtschaftsflächen (zuzüglich 1,3 Prozent der Landwirtschaftsflächen für den Export gemäß Solidaransatz) und für Solardachflächen fünf Prozent der Siedlungsflächen (zuzüglich zwei Prozent der Siedlungsflächen für den Export gemäß Solidaransatz) in Niedersachsen notwendig. Für Energiepflanzenanbau (Biogas, Biokraftstoffe, feste Biomasse) sind 7,9 Prozent der Landwirtschaftsfläche Niedersachsens zur Selbstversorgung und weitere 3,0 Prozent zum Export gemäß Solidaransatz vorgesehen.

Als Ausgangspunkt für die Erstellung eines zweiten Szenarios vor dem Hintergrund einer Reduktion der Treibhausgasemissionen (THG) um 80 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 erfolgt eine Berechnung der energetischen und nichtenergetischen Treibhausgasemissionen für das Bezugsjahr 1990 und das Zieljahr 2050. Das im Zieljahr noch zulässige Kontingent an energetischen Emissionen von 16,139 Mio. t CO₂-Äq/a bildet die Grundlage für die Erstellung des „Niedersachsen -80 Prozent THG“ Szenarios. Die damit noch mögliche Nutzung fossiler Energieträger erfolgt primär in den Bereichen Grundstoffe für stoffliche Nutzung, Kraftstoffe und Prozesswärme.

Die Energieszenarien berücksichtigen die Diskussionen am Runden Tisch und die daraufhin formulierten Stellungnahmen der Mitglieder. Einerseits sind die Eingangsparameter auf Basis dieser Rückmeldungen modifiziert worden, andererseits wurden die vorgeschlagenen Änderungen in Form von Sensitivitätsanalysen untersucht, die ebenfalls Bestandteil dieses Gutachtens sind.

In Hinblick auf die ökonomischen Fragestellungen, die sich bei der Umstellung des Energieversorgungssystems ergeben, erfolgt anschließend eine Abschätzung der Strombereitstellungskosten für die Zielszenarien. Diese umfassen Stromgestehungskosten sowie zusätzliche Netz- und Speicherkosten. Für das vollständig auf erneuerbaren Energien beruhende Szenario resultieren unter den angenommenen Randbedingungen Strombereitstellungskosten von 11,6 Cent/kWh im Jahr 2050. Für das Szenario mit einer um 80 Prozent gegenüber 1990 reduzierten Treibhausgasemission belaufen sich diese Strombereitstellungskosten im Mittel auf 11,7 Cent/kWh. Diese Ergebnisse werden in Bezug zu den Strombereitstellungskosten von 11,3 bis 18,1 Cent/kWh gesetzt, die sich ergeben würden, falls die zukünftige Stromversorgung weiterhin zum größeren Teil auf fossilen Energieträgern beruhen würde (Business as Usual-Pfad).

Aufbauend auf diesen Energieszenarien werden mögliche Klimaschutzziele für das Land Niedersachsen abgeleitet. Durch eine vollständig auf erneuerbaren Energien beruhende Energieversorgung können dabei die Treibhausgasemissionen in Niedersachsen um 87,5 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden. Zur Erreichung dieses ambitionierten Zieles sind neben den Maßnahmen, die auf europäischer Ebene oder durch die Bundesregierung vorgegeben sind, weitere Maßnahmen auf Landesebene notwendig. Für Niedersachsen sind dies beispielsweise die Forcierung des Kohleausstiegs, die Schaffung von zusätzlichen Anreizen zur Gebäudesanierung und Elektromobilität, weitere Treibhausgasminderungen in der Landwirtschaft oder die Einwirkung auf die Bundesgesetzgebung (z.B. hinsichtlich des Erneuerbare-Energien-Gesetzes).

1 Einleitung

Gegenstand dieses wissenschaftlichen Gutachtens ist die Erstellung von Energieszenarien, die der niedersächsischen Landesregierung als Basis zur Entwicklung eines Leitbildes einer nachhaltigen Energie- und Klimaschutzpolitik für Niedersachsen dienen. Das Gutachten ist damit Grundlage der Diskussionen am „Runden Tisch Energiewende Niedersachsen“, dessen Arbeitskreise neben der Aufgabenstellung und Methodik im Kapitel 2 näher erläutert wird.

Zu diesem Zweck werden zwei Szenarien mit dem Zeithorizont 2050 entwickelt und analysiert. Dabei handelt es sich zum einen im Kapitel 5 um ein Szenario mit einer zu 100 Prozent auf erneuerbaren Energiequellen basierenden Energieversorgung („Niedersachsen 100 Prozent EE¹“) und zum zweiten im Kapitel 6 um ein Szenario mit um 80 Prozent reduzierten Treibhausgasemissionen gegenüber dem Jahr 1990 („Niedersachsen -80 Prozent THG²“). Den Szenarien liegt eine umfassende Betrachtung des Energieversorgungssystems mit Systemintegration der Energieerzeugung und -speicherung einschließlich der Deckung des nichtenergetischen Brennstoffverbrauchs mit dem Ziel einer bedarfsgerechten Energieabgabe an die Verbraucher zugrunde. Die dabei zu beachtenden energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind im Kapitel 3 dargelegt. Für das „Niedersachsen -80 Prozent THG“-Szenario werden zusätzlich die nichtenergetischen THG-Emissionen berücksichtigt, die im Anhang C hergeleitet werden.

Der Fokus dieses Gutachtens liegt auf der Entwicklung von Szenarien der zukünftigen Energieversorgung mit dem Ziel einer bedarfsgerechten Energiebereitstellung für die Verbraucher unter Berücksichtigung von Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit. In den Kapiteln 5 und 6 werden zunächst konsistente Ziele dargestellt, die einen technisch machbaren Zustand des Energieverbrauchs und der Energiebereitstellung im Jahr 2050 beschreiben. Für die Stützjahre (2020, 2030, 2040) ergeben sich konkrete quantitative Vorgaben für den Weg zum Zielzustand im Jahr 2050. Diese Methode, das sogenannte Backcasting, steht damit im Gegensatz zu anderen Szenario-Methoden, die eine Fortschreibung eines gegenwärtigen Trends in Richtung zunehmender Anteile regenerativer Energien in Form von Prognosen verfolgen. Aus der Sicht der Gutachter ist die hier gewählte Methode, bei der zunächst ein Zielzustand definiert wird, vorteilhaft, um anschließend die notwendigen Pfade zur Zielerreichung zu identifizieren.

In den vorliegenden Szenarien wird auf Basis eines Bedarfsansatzes die Deckung des zukünftigen Energieverbrauchs über einen Mix an erneuerbaren Energien erreicht. Es werden neben dem klassischen Stromsektor auch die Bereiche Wärme, Kraft- und Grundstoffe in den Verbrauchssektoren Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Industrie und Verkehr berücksichtigt und auf Versorgung durch erneuerbare Energien umgestellt.

Die konkreten Daten zur Energieerzeugung werden stets im Rahmen der im Kapitel 4 bestimmten Potenziale Niedersachsens gewählt, indem die mit der jeweiligen Technologie korrespondierenden Flächenbedarfe und mögliche Flächenkonkurrenzen berücksichtigt werden. Somit ist sichergestellt, dass die für 2050 definierte Erzeugung auch tatsächlich technisch realisierbar und miteinander kombinierbar ist. Diese flächenbasierte Betrachtung wird für alle Technologien konsequent angewendet. Die auf diese Weise erstellten Szenarien stellen mögliche Zukunftsvarianten dar und erlauben die Identifikation erstrebenswerter Konstellationen innerhalb eines „Möglichkeitsraumes“. In den Sensitivitätsanalysen im Kapitel 7 werden weitere Varianten zur Deckung des zukünftigen Energiebedarfs betrachtet, die auf den Stellungnahmen der Mitglieder des „Runden Tisches Energiewende Niedersachsen“ beruhen.

Aufbauend auf den Szenariobetrachtungen werden im Kapitel 8 die Kosten der Strombereitstellung in den Szenarien mit einem Business as Usual-Pfad verglichen.

Gemäß der Aufgabenstellung, eine Grundlage zur Entwicklung eines Leitbildes einer nachhaltigen Energie- und Klimaschutzpolitik für Niedersachsen zu schaffen, werden im Kapitel 9 Empfehlungen für Klimaschutzziele abgeleitet, die einerseits Regelungen der Bundesregierung und der Europäischen Union berücksichtigen und andererseits konkrete zusätzliche Maßnahmen für Niedersachsen identifizieren.

Weitergehende Fragestellungen, die sich auf Basis des Gutachtens ergeben, werden im Ausblick (Kapitel 10) aufgegriffen und kurz erläutert.

Im Anhang des Gutachtens sind ergänzende Ausführungen zur Potenzialermittlung, zu Energiespeichern und den Treibhausgasemissionen sowie die Datengrundlagen der Szenarien beigefügt.

¹ EE: Erneuerbare Energien

² THG: Treibhausgas

2 Vorgehen und Durchführung

2.1 Prozess des Runden Tisches

Die Erstellung der Energieszenarien 2050 ist in die Arbeit des „Runden Tisches Energiewende Niedersachsen“ eingebunden und dient als Grundlage für den Diskussionsprozess innerhalb dieses Gremiums. Zu den Mitgliedern des auf Initiative vom Niedersächsischen Umweltminister einberufenen Gremiums zählen rund 50 Persönlichkeiten aus der niedersächsischen Wirtschaft und Energiewirtschaft, aus Wissenschaft, Gewerkschaften, Kirchen, Kammern, Umwelt- und Fachverbänden.

Im Jahr 2015 haben insgesamt drei Sitzungen des „Runden Tisches Energiewende Niedersachsen“ stattgefunden, in denen die Zwischenergebnisse zu den hier dargelegten Energieszenarien vorgestellt wurden.

Auf Grundlage eines Ausgangsszenarios der Gutachter, das zur ersten Sitzung des Runden Tisches am 7. Mai 2015 vorgestellt wurde, konnten die Teilnehmer Stellungnahmen abgeben, die in die weitere Konkretisierung der Szenarien eingeflossen sind. Die daraufhin angepassten Szenarien, die dem Runden Tisch in seiner zweiten Sitzung am 7. September 2015 vorgestellt wurden, werden im folgenden Bericht dargestellt.

Weitere Stellungnahmen der Mitglieder des Runden Tisches, die zu diesen angepassten Szenarien abgegeben wurden, sind von den Gutachtern in Form von Sensitivitätsanalysen aufgenommen worden. Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalysen wurden in der dritten Sitzung des Runden Tisches am 4. Dezember 2015 vorgestellt und diskutiert. Diese werden ebenfalls im vorliegenden Abschlussbericht erläutert. Durch die detailliertere Analyse in Form von Sensitivitätsvarianten konnten die Szenarioannahmen weiter überprüft und durch die Expertise der Mitglieder des Runden Tisches untermauert werden.

2.2 Aufgabenstellung

Der vom Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) erteilte Auftrag an das Konsortium der Gutachter umfasst die Konzeptionierung einer auf 100 Prozent erneuerbaren Energiequellen basierenden Energieversorgung, die die Anforderungen Umweltverträglichkeit, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit erfüllt (Kapitel 3.2). Diese vollständig erneuerbare Versorgung basiert ausschließlich auf der Nutzung natürlicher Energieströme, welche langfristig verfügbar sind.

Umweltverträglichkeit bedeutet eine Nutzung im Rahmen der Belastbarkeit des Naturhaushaltes, so dass dieser langfristig aufrechterhalten werden kann. Von Belang sind dabei sämtliche durch Energiegewinnung, -transport, -wandlung und -verbrauch verursachten Wirkungen, auch außerhalb Niedersachsens. So wurde zum Beispiel im vorliegenden Szenario auf Biomasse-Importe verzichtet.

Versorgungssicherheit bedeutet eine langfristig und jederzeit gesicherte Deckung des Energiebedarfs der Solidar-Region Niedersachsen. Dies gilt sowohl für das Zieljahr 2050, perspektivisch aber auch langfristig darüber hinaus. Wirtschaftlichkeit bedeutet die Wahl einer volkswirtschaftlich günstigen Gesamtlösung.

2.3 Methodik

Bei den im Rahmen dieses Gutachtens erstellten Energieszenarien handelt es sich nicht um Prognosen des zukünftigen Energieverbrauchs und der korrespondierenden Energieerzeugung, sondern um eine Definition eines technisch machbaren Zielzustandes im Jahr 2050. Dieses Zielszenario mit der Vorgabe „Niedersachsen 100 Prozent EE“ bzw. „Niedersachsen -80 Prozent THG“ ist der Ausgangspunkt für die Beschreibung eines Weges zu diesem Ziel. Der Status Quo wird mit dem Jahr 2012 festgelegt. Zwischenstände werden linear zwischen Status Quo und Ziel abgebildet (sogenanntes Backcasting).

Die Daten zur Entwicklung der Energieerzeugung werden dabei stets im Rahmen der Potenziale Niedersachsens gewählt, indem die mit der jeweiligen Technologie korrespondierenden Flächenbedarfe und mögliche Flächenkonkurrenzen berücksichtigt werden. Somit ist sichergestellt, dass die für 2050 betrachteten Erzeugungsgrößen auch tatsächlich technisch realisierbar und miteinander kombinierbar sind. Diese flächenbasierte Betrachtung erfolgt konsequent für alle Technologien.

Die Daten zum künftigen Energieverbrauch hängen maßgeblich von der demographischen und wirtschaftlichen Entwicklung ab. Um sinnvolle Annahmen für die Zielszenarien im Jahr 2050 zu treffen, werden dazu geeignete Entwicklungsprognosen aufgrund einschlägiger Studien zugrunde gelegt. Entscheidend für die Ermittlung des niedersächsischen Energieverbrauchs ist weiterhin das angewendete Solidarprinzip. Dies bedeutet, dass bei den Berechnungen nicht die konkrete Einwohnerzahl Niedersachsens zugrunde gelegt wird, sondern der Bevölkerungsanteil Deutschlands, der dem Flächenanteil Niedersachsens an der Gesamtfläche der Bundesrepublik entspricht. Niedersachsen als Flächenland exportiert auf diese Weise also erneuerbare Energie an bevölkerungsreiche und dichtbesiedelte Bundesländer wie Bremen und Hamburg, um umgekehrt von deren Wirtschaftsaktivitäten zu profitieren.

Die wesentlichen Prinzipien des hier gewählten Lösungsansatzes sind im Folgenden erläutert:

- Regionaler Bezugsrahmen,
- Backcasting,
- Physische Grundlage,
- Flächenbasierter Ansatz,
- Verursacher-Prinzip / Solidar-Prinzip,
- Energiebedarfsbetrachtung,
- Ganzheitlicher Ansatz und
- Einbeziehung der Stromspeicherung.

2.3.1 Regionaler Bezugsrahmen

Die gewohnten fossilen und nuklearen Energieträger können aus untertägigen Lagerstätten punktuell gewonnen und aufgrund ihrer großen Energiedichte auch wirtschaftlich über große Entfernungen transportiert werden. Im Gegensatz dazu werden regenerative Energien durch das Auffangen natürlicher Energieströme gewonnen, die großflächig verteilt und territorial an die Region gebunden sind. Das eingesetzte Simulationsprogramm „100prosim“ bildet dazu Regionen ab, um die Bedarfsdeckung innerhalb dieser Regionen zu analysieren. Die Erfassung der spezifischen naturräumlichen Gegebenheiten der Region, wie beispielsweise die vorhandenen Wald- und Landwirtschaftsflächen, bildet die Grundlage für eine realistische Potenzialbewertung.

2.3.2 Backcasting

Im Gegensatz zu anderen Szenario-Methoden, die eine Fortschreibung des gegenwärtigen Trends in Richtung zunehmender Anteile regenerativer Energien verfolgen, wird in dem vorliegenden Ansatz zunächst ein konsistenter Zielzustand beschrieben. Dieses Vorgehen ist Voraussetzung dafür, dass auf dem Weg zur Zielerreichung Fehlinvestitionen und Zeitverzögerungen vermieden werden. Diese Methode, auch „Backcasting“ genannt, wird beispielsweise in (Acatech 2014; Quist 2013) beschrieben. Durch Stützstellen im Zehnjahresintervall ergeben sich quantitative Vorgaben für die Jahre 2020, 2030 und 2040, die bis zur Erreichung des Zielzustandes 2050 erforderlich wären.

Die auf diese Weise erstellten Szenarien erlauben einen Blick auf mögliche Zukunftsvarianten und die Identifikation erstrebenswerter Konstellationen innerhalb eines „Möglichkeitsraumes“.

2.3.3 Physische Grundlage

Der Möglichkeitsraum, innerhalb dessen Lösungen für eine postfossile Energieversorgung vorstellbar sind, wird maßgeblich durch zwei Faktoren bestimmt und begrenzt: die zu erwartenden technischen Möglichkeiten einerseits sowie die naturräumlichen Gegebenheiten der Region andererseits (zum Beispiel Windgeschwindigkeiten, solare Einstrahlung, Flächenangebot).

2.3.4 Flächenbasierter Ansatz

Die konventionellen fossilen Brennstoffe weisen eine hohe Energiedichte auf. Die Vorkommen liegen räumlich konzentriert zumeist unterhalb der Erdoberfläche, so dass die zur Gewinnung und Umwandlung erforderlichen Anlagen meist nur punktuell in Erscheinung treten. Die natürlichen Energieströme dagegen, auf denen die Gewinnung erneuerbarer Energien beruht, sind gekennzeichnet durch eine flächige Verteilung bei vergleichsweise geringer Energiedichte. Die Gewinnung von Energie aus diesen erneuerbaren Quellen besteht im Auffangen der Energieströme in der Fläche und ist somit eher dezentral anzutreffen.

Die Beanspruchung erheblicher Flächen zur Gewinnung erneuerbarer Energien setzt diese in Konkurrenz zu anderen Nutzungen und Ansprüchen an den Landschaftsraum. Erst mit einer Vorstellung von Größe und Nutzungsform der erforderlichen Energiegewinnungsflächen werden mögliche Nutzungskonflikte erkennbar – eine Grundvoraussetzung für die Bestimmung eines akzeptierten und realistischen Szenarios. Auf dieser Grundlage werden für die verschiedenen Energiegewinnungsflächen vertretbar erscheinende Zielansätze getroffen. Mit dem jeweiligen Energieertrag pro Hektar lässt sich daraus dann die resultierende Jahres-Energieproduktion bestimmen. Abbildung 1 verdeutlicht, dass biogene Brennstoffe einen wesentlich niedrigeren Energieertrag pro Jahr und Hektar haben als stromerzeugende Energiequellen wie Wind- und Sonnenenergie (derzeit ungefähr Faktor 8 bzw. 25, vgl. Abb.1). Somit ist der Flächenbedarf zur Erzeugung von Energie aus biogenen Brennstoffen deutlich höher. Zusätzlich wird für 2050 ein geringerer Energieertrag aus Biomasse angenommen (höhere Biodiversität und Extensivierung). Hinzu kommt, dass die durch Windparks genutzte Fläche der Landwirtschaft weiterhin zur Verfügung steht. Aus diesem Grund setzt das vorliegende Szenario vor allem auf den Ausbau der Photovoltaik und der Windenergie.

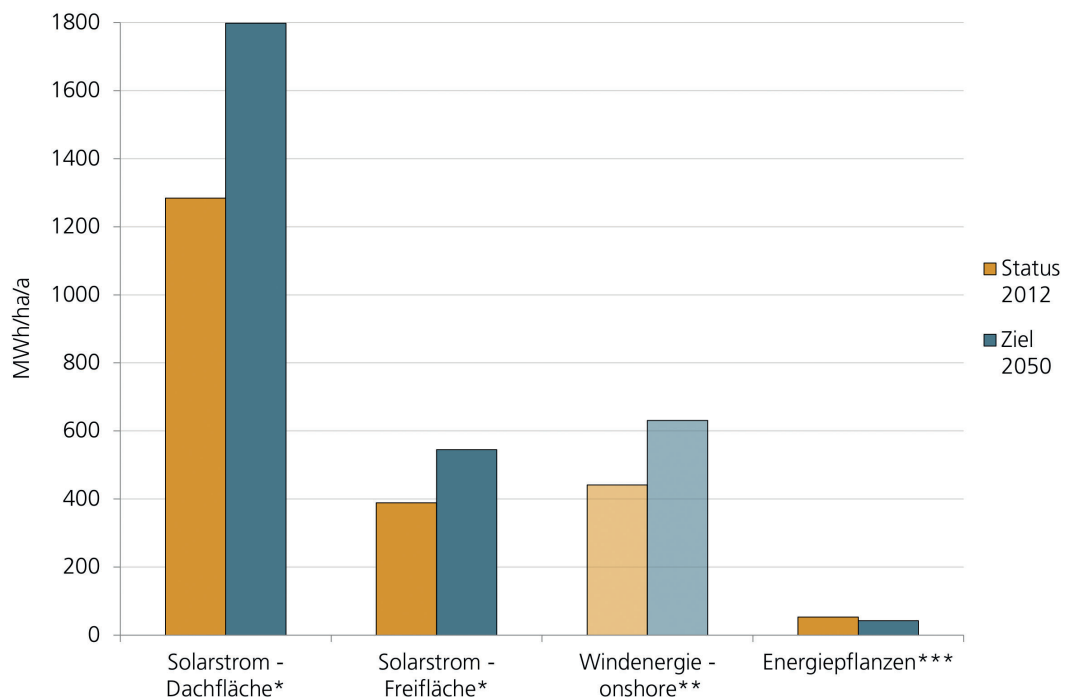


Abbildung 1: Flächenbezogene Energieerträge der erneuerbaren Energiequellen (Solarstromdachfläche auf Modulfläche, übrige auf Bodenfläche bezogen).

* In Form von elektrischer Energie
 ** Die Windparkflächen sind größtenteils landwirtschaftlich nutzbar
 *** In Form von thermischer Energie

2.3.5 Verursacherprinzip und Solidarprinzip

Die Ermittlung des tatsächlichen Energieverbrauches innerhalb einer Region nach dem Territorialprinzip hat den Nachteil, dass das Hinzukommen oder Entfallen eines großen Energieverbrauchers (z.B. eines Hochofens) den Energieverbrauch der Region wesentlich verändert. In dem vorliegenden Gutachten wird deshalb das Verursacherprinzip angewendet, welches die Bevölkerung der jeweiligen Region als Verursacher des für diese Region anzusetzenden Energieverbrauchs sieht. Dieser Energieverbrauch ergibt sich dabei aus dem Produkt des deutschen Pro-Kopf-Energieverbrauchs sowie der Einwohnerzahl und repräsentiert so das Verbrauchsniveau, welches aus dem Lebensstandard resultiert. Damit ist über den direkten Energieverbrauch im Wohn- und Mobilitätsbereich hinaus auch der mit Produktion und Transport der konsumierten Güter verbundene Verbrauch erfasst. In Ermangelung geeigneter Datengrundlagen wird dies nur innerhalb Deutschlands berücksichtigt.

Das Verursacherprinzip wird durch das Solidarprinzip ergänzt. Im Falle einer vollständig regenerativen Energieversorgung wird die Energie auf der Fläche gewonnen, d.h. gewissermaßen „geerntet“. Ähnlich wie der ländliche Raum bereits heute Ballungsräume mit Nahrungsmitteln versorgt, werden in Zukunft die Ballungsräume in Ermangelung eigener Flächen von dort auch mit Energie zu versorgen sein. Ein Flächenland wie Niedersachsen wird zukünftig Stadtstaaten und industrielle Ballungsräume mit Energie versorgen und aus diesen im Gegenzug Industrieprodukte beziehen. Um dies abzubilden, wurde als Bevölkerungszahl, die von der niedersächsischen Fläche versorgt werden muss, nicht die tatsächliche Einwohnerzahl Niedersachsens, sondern die der durchschnittlichen Bevölkerungsdichte Deutschlands entsprechende angesetzt, d.h. rund 38 Prozent mehr. Im Folgenden wird unter dem Begriff „Solidar-Region Niedersachsen“ die Fläche des Bundeslandes Niedersachsen mit einer entsprechend dem Solidar-Prinzip um 38 Prozent erhöhten Bevölkerungszahl verstanden.

2.3.6 Energiebedarfsbetrachtung

Das Zielszenario weist dann eine ausgeglichene Energiebilanz auf, wenn genügend Energie zur Deckung des künftigen Bedarfs bereitgestellt wird. Dieser wird durch mehrere Faktoren beeinflusst:

- Bevölkerungsentwicklung,
- Entwicklung von Wirtschaft und Konsum,
- Effizienz der eingesetzten Technik.

2.3.7 Ganzheitlicher Ansatz

Die Vorgehensweise zur Erstellung der Szenarien berücksichtigt alle Energieformen der Energiewirtschaft (Strom, Wärme, Kraft- und Grundstoffe) und Verbrauchssektoren (private Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Industrie und Verkehr). Die Energiebedarfs-Betrachtung erfolgt differenziert nach Anwendungsart:

- Stromanwendungen (Kraft/Licht/ Information/Kommunikation/Kälte - KLIK)
- Gebäudewärme (Raumwärme/ Warmwasser - GW)
- Prozesswärme (größtenteils über 100° C für industrielle Prozesse - PW)
- Mobile Anwendungen (Kraftstoffe, Strom im Verkehrsbereich und für mobile Maschinen – MA)
- Chemische Grundstoffe.

2.3.8 Einbeziehung der Stromspeicherung

Die fluktuierende Stromerzeugung aus den künftigen Hauptenergiequellen Wind und Solarstrahlung erfordert eine Stromspeicherung zur Absicherung einer kontinuierlichen Bedarfsdeckung. Die im Rahmen dieses Gutachtens angewendete Methodik umfasst eine dynamische Simulation in Tagesscheiben zur Ermittlung des Langzeitspeicherbedarfs, um die bei der Speicherung entstehenden Verluste in der Energiebilanz angemessen berücksichtigen zu können. Verluste der Kurzzeitspeicher werden im Szenario dagegen pauschal über einen Faktor berücksichtigt. Diese Vereinfachung erscheint im Rahmen dieses Gutachtens vertretbar, da die Speicherkapazitäten, die Speicherverluste und der Einfluss der Anteile unterschiedlicher Energiequellen auf die Kurzzeitspeicherung vergleichsweise gering sind.

2.4 Dokumentationsstruktur

Das beschriebene Vorgehen erfordert eine Vielzahl von Daten, die aus unterschiedlichen Statistiken und Studien stammen oder mit Hilfe dieser errechnet werden. Besondere Bedeutung kommt somit der Dokumentation zu.

2.4.1 Dokumentbeschreibung

Aufgrund der Komplexität und des Umfangs der verwendeten Datenbasis wird, um Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten, folgende Struktur gewählt:

1.) Abschlussbericht (vorliegendes Dokument)

Enthält die Beschreibung der Szenarien, des wesentlichen Vorgehens und der wichtigsten Ergebnisse.

2.) Potenziale

Anhänge A und B beinhalten eine detailliertere Beschreibung zu Kapiteln 4.1 und 4.3.

3.) Treibhausgasemissionen

Die für das -80 Prozent THG-Szenario ermittelten Anteile für energetische bzw. nichtenergetische Restemissionen befinden sich im Anhang C.

4.) Energieszenarien

Die Szenario-Dokumentationen für das 100 Prozent EE und -80 Prozent THG-Szenario sind diesem Bericht als Anhang D und E angefügt. Sie beinhalten jeweils die ausgedruckten Szenario-Dateien S, WT, WS, D und BS (vgl. Abbildung 2).

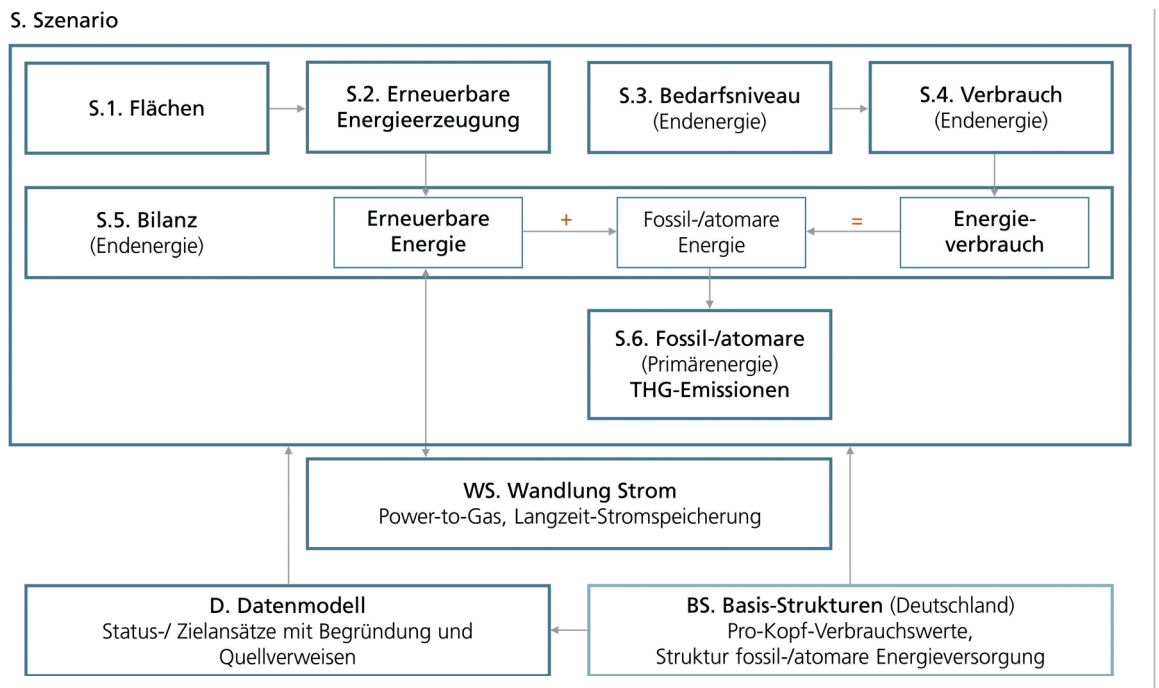


Abbildung 2: Wesentliche Elemente der System- und Dokumentenstruktur des verwendeten Simulationssystems 100prosim.

Szenarien (Dokumentenkenung „S“)

Szenario-Kalkulationen in Form von Jahresbilanzen mit den Daten, die das Energiesystem repräsentieren, in nachvollziehbarer Form. Die Dokumente sind thematisch in Abschnitte gegliedert und jeweils durch eine Abschnittsnummer gekennzeichnet. Über Verweise auf das unterlagerte Datenmodell sind Erläuterungen zu den einzelnen Daten zugänglich.

Wandlung Strom (Dokumentenkenung „WS“)

Die Wandlung von Strom in chemische Energieträger und speziell die Langzeit-Stromspeicherung über das Medium Wasserstoff (Dokumentenkenung „WS“) wird ergänzend zur jahresbilanziellen Betrachtung in Tagesscheiben simuliert. Die Dokumentation umfasst die Darstellung der Systemstruktur mit den Jahressummen und eine Grafik mit dem Jahresgang von Stromeinspeisung, Last und Ladezustand des Speichers.

Wertetabellen (Dokumentenkenung „WT“)

Wertetabellen, die als Grundlage für verschiedene Abbildungen dienen, zum Beispiel zur linearen Rückrechnung auf die Stützjahre.

Datenmodell (Dokumentenkenung „D“)

Enthält für das jeweilige Szenario die Berechnung sämtlicher Daten mit Quellenangaben und Herkunft aller verwendeten Parameter.

Basis-Strukturen (Dokumentenkenung „BS“)

Im Dokument „Basis-Strukturen“ sind die Daten der Energiebilanz und der energetischen Treibhausgasemissionen Deutschland 2012 in der Weise aufbereitet, dass sie als Grundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs von Niedersachsen nach dem Verursacher- bzw. Solidarprinzip verwendbar sind.

2.4.2 Verweissystematik

Die Dokumentation der Energieszenarien (S) und Datenmodelle (D) in den Anhängen D und E folgt einer einheitlichen Verweissystematik:

- Die Kopfzeile enthält jeweils die Dokumentenkenung, gefolgt von der Abschnittsnummer und der Bezeichnung in Klartext, zum Beispiel:

S.1. Flächen-Szenario ‚Niedersachsen
100 Prozent EE‘

- Die Zeilen bzw. Absätze am linken Seitenrand sind aufsteigend in grüner Schriftfarbe nummeriert (aus technischen Gründen ist die Nummerierung nicht lückenlos).
- Verweise auf Zeilen bzw. Absätze im selben Abschnitt werden durch die Zeilennummer in eckigen Klammern in grauer Schriftfarbe dargestellt, Beispiel: [27].

Handelt es sich um Kalkulationsergebnisse, erscheinen mehrere Verweise auf die Eingangsgrößen, Beispiel: [12] [13].

- Bei Verweisen auf Zeilen bzw. Absätze in einem anderen Abschnitt desselben Dokuments ist die Abschnittsnummer vorangestellt, Beispiel [1.35].
- Bei Verweisen auf Zeilen bzw. Absätze in einem anderen Dokument sind Dokumentenkenung und Abschnittsnummer vorangestellt, Beispiel [D.1.156].

Zusätzlich zu den Verweisen auf das jeweilige Energieszenario in tabellarischer Darstellung, zum Beispiel [S.2.20] (im Anhang), und die dort enthaltenen Verweise auf das Datenmodell, zum Beispiel [D.1.22] (im Anhang), sind in dieser Beschreibung des Szenarios die Quellenangaben in runden Klammern enthalten, zum Beispiel (UBA 2014). Diese sind dem Literaturverzeichnis zu entnehmen.

3 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen in Deutschland und Niedersachsen

Die Verfügbarkeit von Energie ist ein entscheidender Faktor für die Leistungs- und Entwicklungsfähigkeit einer Industrienation. Dieser Faktor kann nur genutzt werden, wenn auch die nötigen Rahmenbedingungen stimmen. Eine zunehmend starke Restriktion ist der Klimawandel. Durch die veränderte CO₂-Konzentration in der Atmosphäre werden teils unumkehrbare Prozesse im Erdsystem ausgelöst, die von der Menschheit unter Umständen nicht mehr beherrscht werden können. Durch diese anthropogen verursachten Änderungen und die prognostizierte Temperaturerhöhung werden vermutlich Umwelt- und Sozialprobleme in vielen Regionen der Welt auftreten. Auch die Zunahme von extremen Wetterereignissen belastet teilweise ganze Nationen. Die Begrenzung der Erderwärmung auf maximal zwei Grad gilt als international akzeptiertes, verbindliches Ziel. Aufgrund dieses Zieles ergibt sich eine korrespondierende Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre für CO₂. So bleibt für die Zeit bis 2050 nur noch ein Budget von rund 760 Mrd. t CO₂ (WBGU 2009). Das bedeutet, dass nur noch ein Bruchteil der im Boden befindlichen Menge an Kohlenstoff als Brennstoff genutzt werden darf. Langfristig ist daher eine nachhaltige Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energieträger unabdingbar (WBGU 2014).

Das genannte Ziel gilt für alle Bereiche, in denen Energie verwendet wird. Meist wird bisher jedoch unter Energiewende ausschließlich die Umstellung der Stromerzeugung auf eine regenerative Versorgung verstanden. Hier ist die Umgestaltung durch den starken Zubau von Wind- und Solaranlagen bereits deutlich sichtbar. Abbildung 3 zeigt aber, dass elektrische Energie nur einen geringen Anteil von ca. 15 Prozent an der Endenergie in Niedersachsen ausmacht (gemäß Solidarprinzip, siehe Kapitel 5). Die Sektoren Kraftstoff und vor allem Gebäude- und Prozesswärme haben in Niedersachsen deutlich höhere Anteile.

In den folgenden Absätzen werden die grundsätzlichen Rahmenbedingungen, welche für die Energieversorgung wichtig sind, erläutert. Künftig müssen diese Rahmenbedingungen gegebenenfalls angepasst oder ergänzt werden, um das Energiesystem vollständig und wirtschaftlich auf erneuerbare Energien umstellen zu können.

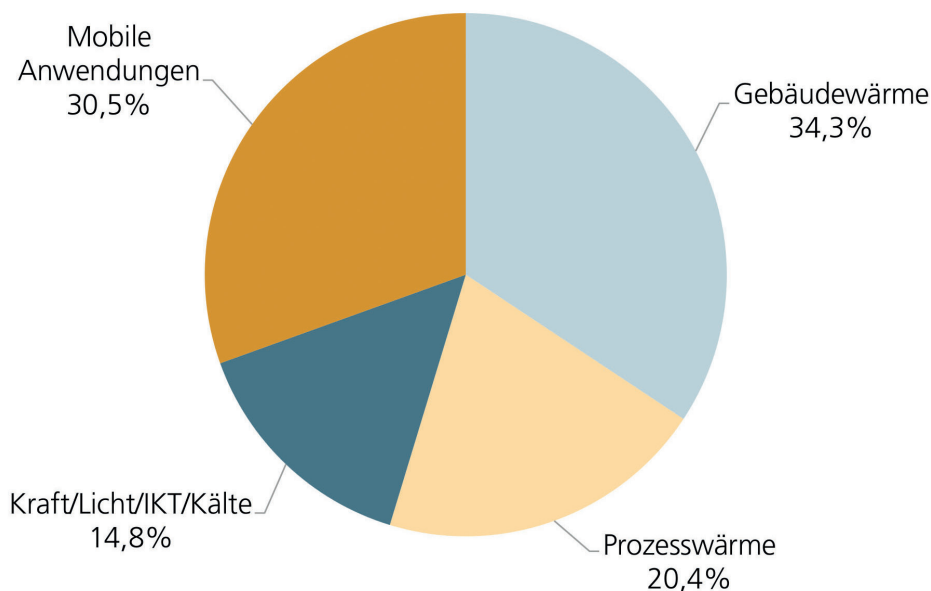


Abbildung 3:
Endenergieverbrauch
in Niedersachsen nach
den unterschiedlichen
Anwendungsgebieten
im Jahr 2012.

3.1 Energie- und Klimapolitik

Im Dezember 2015 fand in Paris das mittlerweile 11. Treffen zum Kyoto-Protokoll gleichzeitig mit der 21. UN-Klimakonferenz statt. Dabei einigten sich Delegierte aus 195 Ländern auf ein neues Klimaabkommen, das ab 2020 das Kyoto-Protokoll ablösen soll. Der Vertrag sieht unter anderem eine Verstärkung der Anstrengungen vor, um die Erderwärmung auf weit unter 2°C zu begrenzen. Weiterhin sollen die Netto-Treibhausgasemissionen in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts auf null gesenkt werden (FAZ 2015).

Die Bundesregierung hatte sich schon mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls im Jahr 1997 zur Energiewende verpflichtet und insbesondere im Zuge der Reaktorkatastrophe in Fukushima ihre dahingehenden Anstrengungen intensiviert. Mit den energiepolitischen Beschlüssen des Bundestages aus dem Jahr 2011 wurde dies bestätigt (BMUB 2014a).

Danach ist das Ziel der deutschen Energiepolitik eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Bedingt durch die anhaltende Diskussion um den weltweiten Klimawandel und die Veröffentlichungen des IPCC ist als Hauptziel eine Reduktion der Treibhausgase um 40 Prozent bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 festgelegt worden. Die nachfolgende Grafik gibt einen detaillierten Überblick über die unterschiedlichen Maßnahmen.

Kernziele sind die Reduktion des Primärenergieverbrauchs und die Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien. Diese Kernziele sollen durch Erhöhung der Energieeffizienz und durch verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr erreicht werden. Durch Verminderung des Primärenergieverbrauchs sinken die Energieimporte, was die Abhängigkeit gegenüber den Lieferanten vermindert (BMW 2014).

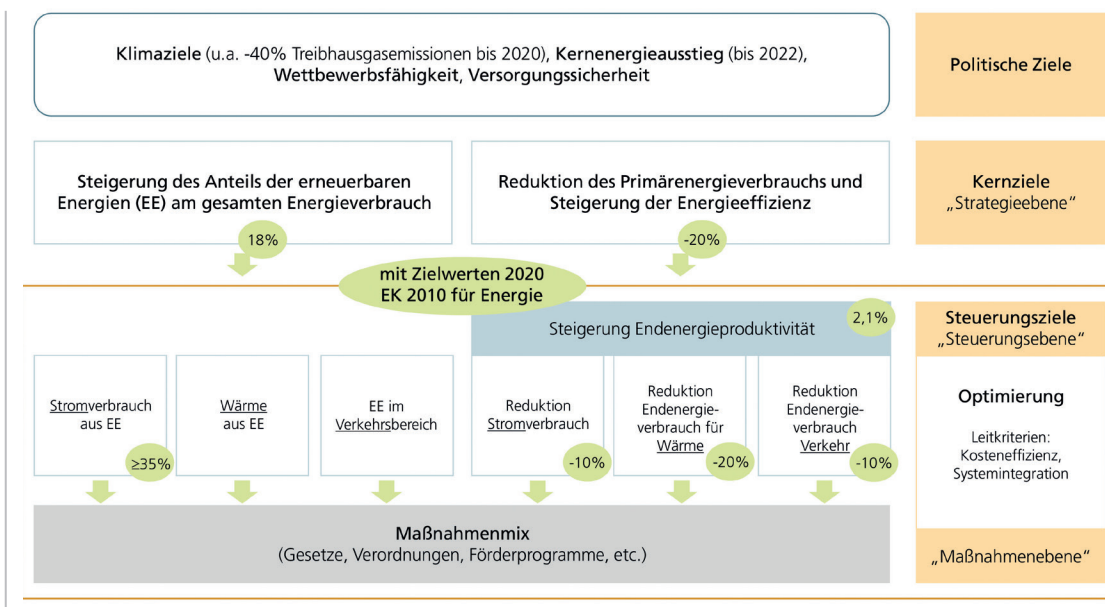


Abbildung 4: Energiekonzept der Bundesregierung (BMW 2014).

Den zu beschreitenden Weg gilt es insbesondere auf Bundesebene durch konkrete Maßnahmen zu untermauern und durch möglichst verlässliche Rahmenbedingungen für alle Beteiligten zu flankieren. Folgende Maßnahmen wurden deshalb für den Zeithorizont 2050 festgelegt (BRG 2010):

- den Anteil der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 auf 80 Prozent bis 95 Prozent gegenüber 1990 zu senken,
- den Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf mindestens 60 Prozent zu steigern,
- den Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch auf mindestens 80 Prozent zu steigern und
- den Primärenergieverbrauch um 50 Prozent gegenüber dem Jahr 2008 zu senken.

Mit dem Energiekonzept für das Land Niedersachsen hat die niedersächsische Landesregierung im Jahr 2012 ein eigenes Konzept entwickelt, welches Zielvorgaben für die Zeit bis 2020 festsetzt. Als oberstes Ziel wird hier ein Anteil von 25 Prozent der regenerativen Energien am Bruttoendenergieverbrauch in allen Anwendungsbereichen angestrebt (MU 2012). Dies beinhaltet nicht nur den Stromsektor, sondern auch Wärme und Mobilität. Im Stromsektor sind die Vorgaben bereits jetzt fast erreicht. Mit etwa 22.000 GWh elektrischer Arbeit aus niedersächsischen regenerativen Erzeugern (BDEW 2014) steht das Bundesland im Ländervergleich an erster Stelle in Bezug auf EEG-vergütete Einspeisung.

3.2 Rechtlicher Rahmen

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die wichtigsten Gesetze und Verordnungen sowie deren Zweck gegeben.

Das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) hat den Zweck, eine möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Bevölkerung und Unternehmen mit Elektrizität und Gas zu gewährleisten. Zudem soll ein Wettbewerb bei der Versorgung mit Energie stattfinden sowie ein leistungsfähiges Netz vorgehalten werden. Das Gesetz spiegelt damit im Kern die Ziele des energiepolitischen Dreiecks wider (vgl. Abbildung 5).

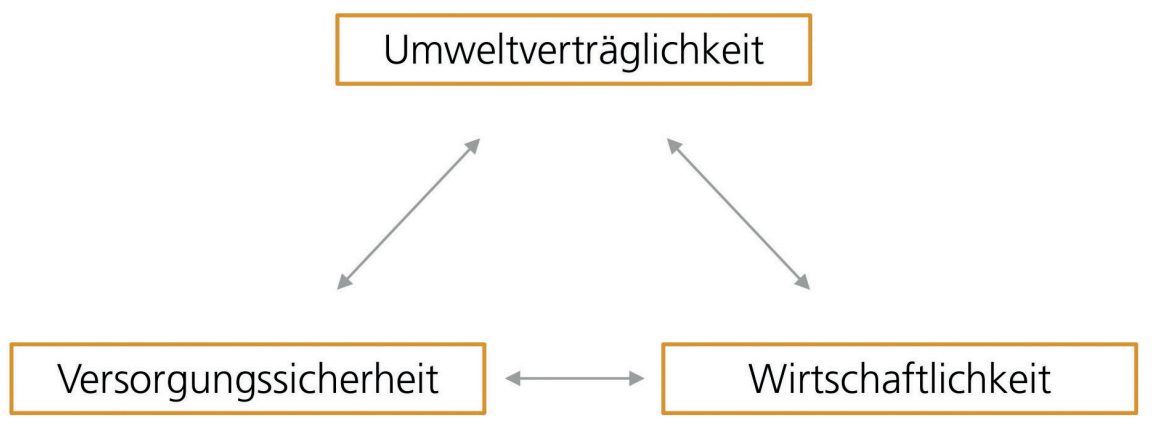


Abbildung 5: Energiepolitisches Zieldreieck.

Der Ausbau der regenerativen Energien wird vor allem über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gesteuert. Das Ziel dieses Gesetzes, das im Jahre 2000 in der ersten Fassung in Kraft gesetzt wurde, ist die Ermöglichung einer nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung. Dies beinhaltet die Reduktion von negativen externen Effekten, um die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung zu minimieren, die Schonung von fossilen Energieressourcen und die Technologieförderung zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien. Um dieses Ziel zu verwirklichen, wird eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf 80 Prozent bis 2050 angestrebt. Das zentrale Instrument ist die über 20 Jahre gesicherte Vergütung, die Anlagenbetreibern für den erzeugten Strom von dem Gesetz zugesichert wird. Dadurch werden die Investitionsrisiken gesenkt. Die Vergangenheit hat mehrfach gezeigt, dass die Förderbedingungen im EEG die zentrale Stellschraube für den Ausbau der erneuerbaren Energien sind. Veränderungen am Gesetz haben meist direkte Auswirkungen auf die Zubauzahlen. Die derzeitigen aktuellen Änderungen des EEG sehen eine stärkere Marktintegration der erneuerbaren Energieträger und ein anderes Finanzierungsmodell vor.

Der Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie ist im Atomgesetz (AtomG) fixiert. Die erste Fassung stammt aus dem Jahre 1959. Nach der Katastrophe in Japan wurde in der letzten Novellierung 2011 der verbindliche Ausstieg aus der Kernenergienutzung bis zum Jahr 2022 festgelegt.

Als Verordnung wurde im Jahr 2002 die Energieeinsparverordnung (EnEV) erlassen. Mit dieser Maßnahme wurden die hohen Energieverbräuche im Gebäudebereich adressiert und verbindliche Reduktionsziele festgelegt. Das Kernelement der Erneuerung der bereits bestehenden Vorgaben lag in der Einbeziehung der Anlagentechnik in die Energiebilanz. Dadurch wurden erstmals auch die Systemverluste berücksichtigt. Parallel dazu wurde die Bewertung auf Grundlage der Primärenergieträger vorgenommen, somit fanden auch die vorgelagerten Prozesse Einzug in die Kalkulationen.

Als zweites Instrument für den Gebäudebereich wurde im Jahr 2008 das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) verabschiedet. Es soll wie das EEG eine umweltschonende Energieversorgung fördern. Um dieses Ziel zu erreichen, soll der Anteil der regenerativen Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte auf 14 Prozent bis zum Jahr 2020 wachsen.

Abschließend sei noch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) genannt. Das Gesetz wurde 2000 in seiner ersten Fassung verabschiedet. Das Ziel ist eine Erhöhung des Anteils der umweltschonenden Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland auf 25 Prozent bis zum Jahr 2020. Realisiert werden soll dies durch die geförderte Modernisierung und den Neubau von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Zudem wird die Markteinführung der Brennstoffzelle unterstützt und der Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältenetzen finanziell gefördert.

Ein weiteres Instrument der Umweltpolitik ist der Emissionshandel. Hier wird europaweit eine bestimmte Höchstgrenze an Emissionen für bestimmte Wirtschaftsbereiche definiert. Jeder dem Handel unterliegende Emittent muss entsprechend seiner Emissionen Zertifikate vorhalten, die zentral ausgegeben werden. An der Börse können überschüssige Zertifikate gehandelt werden. Durch den Preismechanismus wird die Einsparung immer dort realisiert, wo sie mit den geringsten Kosten umsetzbar ist. Infolge Überallokationen bei der Implementierung und eines starken Ausbaus an regenerativen Energieerzeugern sank der Preis zwischenzeitlich von etwa 28 auf heute etwa 7 €/t CO₂-Äq. (EEX 2015). Auch die Folgen der Finanz- und Wirtschaftskrise spielen hier eine Rolle. Bei einem solch geringen Preis hat das Instrument nicht die gewünschte Lenkungswirkung auf den Markt und ist somit weitgehend wirkungslos.

3.3 Ökonomische Aspekte

Die Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung ist eines der drei Ziele des energiepolitischen Zieldreiecks. Am Beispiel der elektrischen Energie sollen die Preisbildung und die Marktanteile verschiedener Energieträger verdeutlicht werden. Als Folge der staatlich seit 1998 vorgegebenen Liberalisierung des Strommarktes hat sich ein börslicher Stromhandel in Deutschland implementiert. Dies trägt zur Transparenz der Kosten bei. Zwar wird der größere Teil der elektrischen Energie außerhalb der Strombörse (European Energy Exchange, EEX) vermarktet, trotzdem können die Börsenpreise als Preisindikatoren angesehen werden. Im jetzigen Marktdesign werden die erneuerbaren Energien vorrangig abgenommen, danach erfolgt die Deckung des restlichen Bedarfs anhand der Angebotspreise. Auf diese Weise ergibt sich der im Folgenden dargestellte deutsche Strommix.

Der mit 10 Prozent relativ geringe Anteil an Strom aus Gaskraftwerken spiegelt exemplarisch die Wirkung des aktuellen Marktdesigns wieder. Da die CO₂-Emissionen der unterschiedlichen Erzeuger wegen des niedrigen CO₂-Zertifikatspreises kaum Einfluss auf die Stromgestehungskosten haben, werden vergleichsweise emissionsarme Gaskraftwerke verdrängt, da diese höhere Brennstoffkosten aufweisen. Kohlekraftwerke haben hingegen einen hohen CO₂-Emissionsfaktor pro erzeugter kWh. Dies ist ein Beispiel dafür, dass die heutigen Energiemärkte die externen Kosten der Energieversorgung, die beispielsweise bei Kraftwerken durch schädliche Wirkungen der Abgase (CO₂, klassische Schadstoffe wie SO₂ usw.) entstehen, nur in unzureichendem Maße berücksichtigen.

3.4 Gesellschaftliche Faktoren

Besonders mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien in den letzten Jahren und den damit verbundenen Konsequenzen ist die Öffentlichkeit für die Themen Energiewende und Energieversorgung sensibilisiert. Die erhöhte Aufmerksamkeit gilt nicht allein Windenergieanlagen oder Kraftwerksneubauten; auch der Stromleitungsbau, die EEG-Umlage und neue Energiespeicher wecken gesellschaftliches Interesse. In diesem Prozess ist Partizipation essentiell.

Daher ist die Umstellung des Energiesystems eine große Herausforderung und Aufgabe, bei der alle Teile der Gesellschaft eingebunden werden müssen.

Mit der Einrichtung des „Runden Tisches Energiewende Niedersachsen“ und auf Basis der Ergebnisse dieses Gutachtens wird dieser gesellschaftliche Prozess fortgesetzt und konkretisiert. Neben den einzelnen Bürgern sind dies z.B. die im Folgenden genannten Akteure des Runden Tisches:

- Unternehmen,
- Umweltverbände,
- Landwirtschaftsverbände,
- Kirchen,
- Forschungsvertreter,
- Berufsverbände,
- Gewerkschaften und
- verschiedene Kammern
- Kommunen.

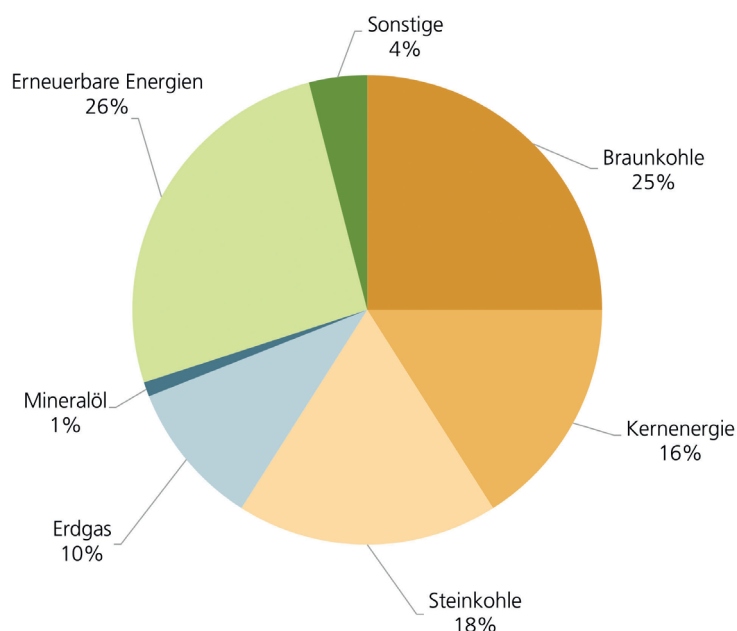


Abbildung 6: Deutscher Strommix im Jahr 2014. Eigene Darstellung nach (Destatis 2015).

4 Potenziale und Status quo der Energiebereitstellung

4.1 Erneuerbare Energien

Die Potenziale der Energiebereitstellung beruhen unter dem gewählten flächenbasierten Ansatz (Kapitel 2.3.4) auf den zur Energiewandlung nutzbaren Flächen Niedersachsens. In den folgenden Abschnitten werden die Flächenpotenziale für die Hauptenergiequellen (Windenergie onshore, Solarenergie und Biomasse) des zukünftigen Energiesystems dargelegt.

4.1.1 Windenergie

Zur Ermittlung der maximal möglichen Flächen, die unter rechtlichen und technischen Gesichtspunkten eine Windenergienutzung ermöglichen, sind insbesondere die Ausschlussflächen zu betrachten, die einer Nutzung nicht zur Verfügung stehen.

In der Ausschlussflächenanalyse werden basierend auf der derzeitigen Rechtslage zunächst flächendeckend anzuwendende Kriterien für die Identifikation von sogenannten harten Tabugebieten definiert. Anhand dieser Kriterien werden in einer GIS-basierten Analyse diese Gebiete in der Fläche identifiziert und für die Windenergienutzung ausgeschlossen (vgl. Anhang A).

Die Ausschlussflächen (harte Tabugebiete) für Windenergieanlagen (WEA) werden nach den in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien identifiziert. Zu diesen Gebieten gehören u.a. bebaute Flächen, Gewässer und Straßen. Zusätzlich werden um bestimmte Gebietstypen Abstandsflächen ausgenommen (s. Tabelle 1). Einzuhaltende Abstände zu Straßen werden zur Vermeidung von Eisabwurf festgesetzt. Für Gewässer werden 50 m Abstand festgesetzt, um auch die Uferzonen gemäß Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) frei zu halten. Verbindliche Abstandsregelungen zu Anlagen des Schienenverkehrs sind im Bahnrecht nicht vorgesehen. Die Abstände um Siedlungen wurden im Wesentlichen zur Vermeidung von Lärmbelastung und optisch bedrückender Wirkung festgelegt. Auch sind Industrie- und Gewerbegebietsflächen nicht in der ermittelten Potenzialfläche enthalten, da eine Errichtung von WEA zwar prinzipiell möglich, aber nur in Einzelfällen realistisch ist.

Zu den harten Tabugebieten zählen darüber hinaus die naturschutzrechtlichen Schutzgebiete. Diese Schutzgebiete stellen zwar insofern keine harten Kriterien dar, als ihre Schutzziele nicht zwangsläufig in einem Widerspruch zur Windenergienutzung stehen. Dennoch ist die Wahrscheinlichkeit einer Errichtung von WEA in diesen Gebieten gering. In jedem Einzelfall ist bei der Umsetzung von Windparkprojekten eine detaillierte Analyse unter Abwägung der Belange des Naturschutzes erforderlich.

Tabelle 1: Auflistung der Tabugebiete in Niedersachsen.

	Gebiete	Pufferbreite [m]	Rechliche Grundlagen
Natur und Landschaft, Umwelt	Nationalpark		§ 24 BNatSchG
	Naturschutzgebiet		
	Biosphärenreservate		§ 23 BNatSchG
	Natura 2000 Gebiete		§ 25 BNatSchG
	Vogelschutzgebiete		§ 31 ff BNatSchG
	FFH –Gebiete		§ 31 ff BNatSchG
	Wald		§ 31 ff BNatSchG
	stehende Gewässer > 1 ha	50	§ 34 NWaldLG
	Gewässer 1. Ordnung	50	§ 61 BNatSchG Freihaltung von Gewässern und Uferzonen
	Heilquellenschutzgebiete, Trinkwasserschutzgebiete (Zone 1)		§ 53 WHG
Infrastruktur	BAB (fiktive Breite inkl. Puffer 120 m)	40	§ 9 FStrG
	Bundesstraßen, Landes-Kreisstraßen	20	§ 9 FStrG bzw. § 24 NStrG
	Freileitungen /Flugplätze		§ 21a Abs. 2 Satz 1 LuftVO und gem. Grundsätze des Bundes und der Länder für die Anlage und den Betrieb von Flugplätzen für Flugzeuge im Sichtflugbetrieb (NfL I 92/13)
	Bundeswasserstraßen	50	§ 61 BNatSchG Freihaltung von Gewässern und Uferzonen
	Schienenverkehr (fiktive Breite 10 m)	-	-
	Rohstoffsicherungsgebiete ohne Torf		LROP 2008/2012 sowie § 4, 5 und 8 Absatz 7 ROG
Siedlung	Allgemeine und reine Wohngebiete Einzelwohngebäude und Splittersiedlungen	400	§ 5 BImSchG i.V.m. TA Lärm und nachbarliches Rücksichtnahmegebot nach § 35 Abs. 3 Satz 1 BauGB, „optisch bedrängende Wirkung“ (OVG NRW, 8 A 2764/09)
	Campingplätze		

Neben den harten Tabugebieten werden auch Flächen kleiner als ein Hektar (für die Aufstellung von WEA nach (BWE 2011) zu klein) und wind-schwache Standorte (vgl. Anhang A) von der

Landesfläche Niedersachsens abgezogen, um die in Tabelle 2 dargestellten nutzbaren und nicht nutzbaren Flächen zur Windenergienutzung zu bestimmen.

Tabelle 2: Anteil der nutzbaren und nicht nutzbaren Flächen zur Windenergienutzung

	Flächen (ha)	Anteil der Landesfläche (Prozent)
Harte Tabugebiete	3.821.413	80
Flächen < 1 ha (Mindestfläche)	8.137	1
Windschwache Standorte	47.185	
Flächen ohne Restriktionen	904.894	19

Im Ergebnis sind entsprechend der Annahmen der Szenarien 19 Prozent der Gebietskulisse Niedersachsens potenziell zur Windenergienutzung geeignet.

Im betrachteten Statusjahr 2012 werden davon lediglich 28.608 ha (0,6 Prozent der Landesfläche) [S.1.34] als Windparkflächen genutzt.

In den vorliegenden Szenarien wird eine gleichmäßige Verteilung der Windenergieanlagen (WEA) auf der Landesfläche betrachtet. Dieser konservative Ansatz unter Nutzung der windstarken und windschwachen Standorte führt gemäß (BWE 2011) zu spezifischen Energieerträgen von 631 MWh/ha/a (Megawattstunde pro Hektar und Jahr) [S.2.33] bei einer durchschnittlichen Belegung von zwei Prozent der Landesfläche mit Windenergieanlagen. Dies entspricht der Größenordnung in den Zielszenarien.

Unter weniger konservativen Annahmen, die lediglich eine Nutzung der windstärksten Standorte berücksichtigen, erscheinen auch höhere spezifische Erträge bis zu 1.000 MWh/ha/a möglich (vgl. Anhang A). Da dies aber zu einer räumlichen Konzentration insbesondere in den Küstenregionen führen würde, wurde dieser Ansatz unter Akzeptanzgesichtspunkten in den Szenarien nicht verfolgt. Selbst bei landesweit gleichmäßiger Verteilung sind unter Akzeptanzgesichtspunkten bereits kritische Größenordnungen der Flächennutzung zu erwarten.

4.1.2 Solarenergie

Zur Bestimmung der maximal für Solarenergie nutzbaren Flächen ist zwischen solar genutzten Dachflächen und Freiflächen zu unterscheiden.

Im Bereich der Freiflächen sind prinzipiell die landwirtschaftlich genutzten Flächen, die keine Tabugebiete (analog zur Windenergie) darstellen, als mögliche Flächen zur Nutzung der Solarenergie anzusehen. Auf Basis einer GIS-Analyse (vgl. Anhang A) sind damit maximal 1,8 Millionen Hektar der Landesfläche Niedersachsens theoretisch nutzbar. Allerdings kann diese Fläche aus Gründen der Nahrungs- und Futtermittelproduktion nur zu geringen Anteilen mit Photovoltaikanlagen belegt werden. Im Statusjahr 2012 sind dies etwa 2.000 Hektar [S.1.13].

Für solar genutzte Dachflächen werden alle Dachflächen in Siedlungsgebieten (Wohngebiete, Industrie-/Gewerbegebiete und gemischte Gebiete) in die Untersuchungen einbezogen. Auf Basis einer GIS-basierten Ertragsberechnung (vgl. Anhang A), die beispielweise die Ausrichtung der Dächer berücksichtigt, sind auf den in Tabelle 3 dargestellten Siedlungsflächen insgesamt Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 64 GW installierbar. Unter Berücksichtigung der dabei zugrunde gelegten spezifischen Fläche von 5 m² pro kW_p entspricht dies einer nutzbaren Dachfläche von 32.000 ha.

Tabelle 3: Anteil der nutzbaren Siedlungsflächen zur Solarenergienutzung

	Flächen (ha)	Anteil der Landfläche (Prozent)	Installierbare Leistung (GW)	nutzbare Dachfläche (ha)
Siedlungsflächen	416.526	9	64	32.000
Wohnbaugebiete	214.441	5	27	13.500
Gemischte Flächen	135.866	3	23	11.500
Industriegebiete	66.219	1	14	7.000

In den folgenden Szenarien bleibt die solar genutzte Dachfläche mit 28.600 ha [S.1.10] im Jahr 2050 nur gering unter dem ermittelten Potenzial von 32.000 ha. Dieser Ansatz basiert auf den Ergebnissen des Solardachkatasters im Landkreis Osnabrück, die auf Niedersachsen übertragen wurden, wobei 75 Prozent der unter Gesichtspunkten der Ausrichtung und der Verschattung geeigneten Dachflächen tatsächlich genutzt werden [D.1.120]. Die hier getroffenen Annahmen liegen damit oberhalb der Ergebnisse anderer Studien (vgl. (EA RG 2015; ZGB 2013)). Im Statusjahr 2012 sind davon 1.825 ha [S.1.13] belegt.

Die tatsächlich in Niedersachsen durch Solaranlagen beanspruchte Dachfläche wird allerdings erheblich kleiner sein, da die Möglichkeit von Solardachflächen in nach dem Solidarprinzip mitversorgten Ballungsgebieten im Datenmodell vereinfachend unberücksichtigt blieb.

4.1.3 Biomasse

Für den Bereich der Biomassebereitstellung sind neben der Bewirtschaftungsart insbesondere die Flächen für Landwirtschaft und Wald in Niedersachsen potenzialbestimmende Größen.

Die Landwirtschaftsfläche im Jahr 2050 wird aufgrund des Flächenverbrauchs für Siedlungszwecke gemäß der Projektion der niedersächsischen Kommission Flächenverbrauch und Bodenschutz (MU 2015) um 56.575 ha im Vergleich zum Statusjahr 2012 zurückgehen. Folglich stehen in den Szenarien für das Jahr 2050 etwa 2,6 Mio. ha als Landwirtschaftsfläche zur Verfügung [S.1.12]. Allerdings kann diese Fläche aus Gründen der Nahrungs- und Futtermittelproduktion nur zu geringen Anteilen mit Energiepflanzen belegt werden.

Die forstwirtschaftlich nutzbare Waldfläche wird sich durch die verstärkte Naturwaldentwicklung aufgrund unterschiedlicher Zielsetzungen für das Jahr 2020 verringern: das Niedersächsische Landwirtschaftsministerium geht von einer Reduktion um 10 Prozent für die Landesforsten aus (ML 2013). Für die übrigen Waldflächen außer Landesforsten gilt die Zielsetzung der Bundesregierung von 5 Prozent Anteil Naturwald (BMUB 2007). Damit verringert sich die nutzbare Waldfläche um 77.020 ha; es verbleiben 1.127.571 ha [S.1.28] Wirtschaftswaldfläche als Potenzial im Zieljahr 2050.

4.2 Fossile und nukleare Energien

Im Jahr 2012 beträgt der niedersächsische Primärenergieverbrauch (PEV) nach dem Solidarprinzip aus fossilen und nuklearen Energieträgern, wie Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Kernbrennstoffen 90 Prozent des gesamten PEV [S.6.93; S.2.10-184]. Bei der Verbrennung entstehen nach dem Solidaransatz in allen energetischen Anwendungsbereichen THG-Emissionen in Höhe von 105 Millionen t CO₂-Äq./a [S.6.93]. Zur Erreichung des im 100 Prozent EE-Szenario angesetzten Ziels werden diese Emissionen auf null gesenkt.

4.3 Energiespeicher

Energiespeicher nehmen in jedem Energieversorgungssystem eine besondere Funktion ein, da sie für die zeitliche Balance von Bedarf und Erzeugung sorgen. Während bei einem konventionellen Kraftwerkspark mit thermischen Kraftwerken Energie in einer gut speicherbaren Form, nämlich als stoffliche Energieträger (Brennstoffe wie Kohle, Öl und Gas) mit hohem Gehalt an chemischer Energie, nahe den Kraftwerken bereitgestellt wird, sind mit steigendem Anteil an fluktuierend und nicht-bedarfsgerecht einspeisenden Stromerzeugern wie Photovoltaik- und Windkraftanlagen Strom-zu-Strom-Speicher und/oder andere Flexibilisierungsmaßnahmen erforderlich. So z.B. das „Demand-Side-Management“, also das gezielte Zu- und Abschalten von industriellen Großverbrauchern je nach Netz-Anforderung, welches ebenfalls zu kurzzeitigen Netzentlastungen führen kann.

Physikalisch betrachtet kann nicht elektrischer Strom an sich gespeichert werden, sondern dieser muss in eine speicherbare Energieform umgewandelt werden. Die folgende Abbildung 7 gibt einen systematischen Überblick über die Energieformen und die korrespondierenden Speichertechnologien.

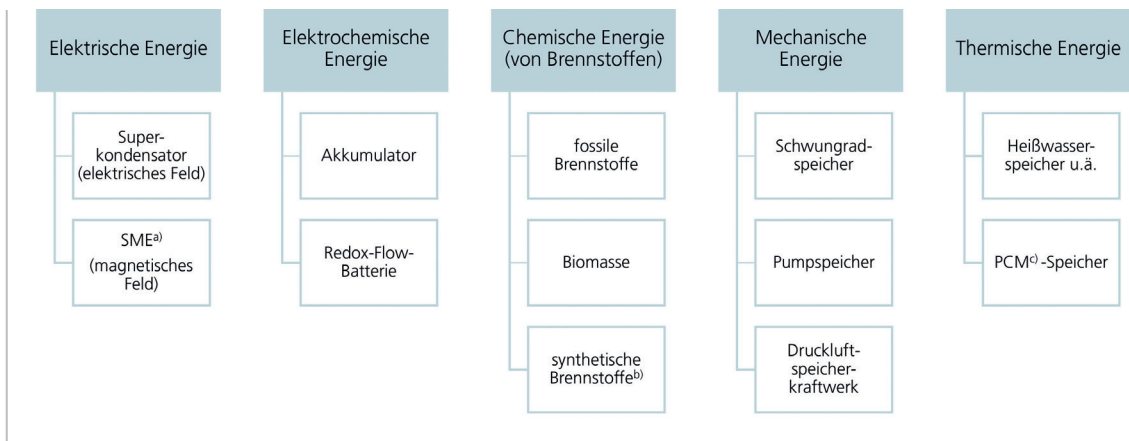


Abbildung 7: Energiespeicher systematisiert nach der Energieform im Speicherzustand

- a) SME - Supraleitender Magnetischer Energiespeicher, basierend auf der Speicherung von Energie im magnetischen Feld einer Spule;
- b) Synthetische Brennstoffe, wie z.B. Wasserstoff (H₂), synthetisch hergestelltes Methan (CH₄) und höhere Kohlenwasserstoffe aus Fischer-Tropsch-Synthese oder auch Methanol-Synthese;
- c) PCM - Phase Change Material, auch Latent-Wärmespeicher, welcher die Änderung der inneren Energie bei Phasenübergängen als Speicherprinzip nutzt.

Die in Abbildung 7 genannten Speichertechnologien unterscheiden sich in ihren charakteristischen Eigenschaften, wie z. B. dem Speicherwirkungsgrad, den Leistungsklassen und dem technologischen Reifegrad. Ausführliche Gegenüberstellungen verschiedener Speichertechnologien sind z. B. in (Beck 2013; Ibrahim 2008; Kondoh 2000) oder mit umfassender Literaturlauswertung auch zusammenfassend in (BMWi 2014b) und (Kaiser 2015a) zu finden.

Im Weiteren werden Status Quo und Potenziale von Energiespeicherung mit Speicherleistungen oberhalb 100 MW in Niedersachsen näher betrachtet. Dabei wird unterteilt in:

- Kurzzeit-Energiespeicher, vornehmlich die langjährig erprobten und technisch ausgereiften Pumpspeicherkraftwerke und Druckluftspeicherkraftwerke, welche die Netzstabilität durch kurzfristigen Ausgleich von Schwankungen und weiteren Systemdienstleistungen absichern (Beck 2013), und
- Langzeit-Energiespeicher, insbesondere in Form von chemischer Energie von Brennstoffen, die für einen saisonalen Ausgleich durch gute Lagerbarkeit sowie Ein-/ Ausspeicherzeiten größer als einem Tag sorgen.

4.3.1 Kurzzeit-Energiespeicher

Niedersachsen verfügt über zwei großtechnische Kurzzeit-Energiespeicher, nämlich das Pumpspeicherkraftwerk Erzhausen und das Druckluftspeicherkraftwerk Huntorf, wobei insbesondere die Anlage in Huntorf eine Sonderstellung einnimmt, da es sich um eines von nur zwei Druckluftspeicherkraftwerken weltweit handelt. Durch dieses Alleinstellungsmerkmal Niedersachsens sind, in Kombination mit der besonderen norddeutschen Geologie und der darauf spezialisierten Industrie, besonders gute Voraussetzungen für einen Know-how-Vorsprung im Bereich dieser Speicheroption gegeben.

Der Status Quo und die Potenziale werden im Anhang B näher ausgeführt und sind in Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4: Übersicht zu Kurzzeitspeichern in Niedersachsen – Status Quo & Potenziale

	Beschreibung	Literatur	Leistung	Energie
Status Quo	Pumpspeicher Erzhausen	(Statkraft 2010)	220 MW	940 MWh
	Druckluftspeicher Huntorf	(Kaiser 2015b)	321 MW	1.445 MWh
			Summe	2.385 MWh
Potenzial	Pumpspeicher Potenzial	(IZ 2014)	19.600 MW	98.200 MWh
	Druckluftspeicher Potenzial	(IZ 2014)	~133.000 MW	530.000 MWh
	Bundeswasserstraßen als Pumpspeicher	(Stenzel 2013)	~15 MW	59 MWh
	Pumpspeicher im Untergrund	(EFZN 2011)	>2.200 MW	>8.800 MWh
			Summe	637.059 MWh

Wie in Tabelle 4 gezeigt, kann der Status Quo der Speicherkapazität von insgesamt 2.385 MWh alleine durch bereits heute kommerziell verfügbare Speichertechnologien um weit mehr als das 200-Fache erweitert werden. Das Potenzial der Kurzzeitspeicher in Niedersachsen beträgt in Summe ca. 640.000 MWh. Dabei bieten sowohl Pumpspeicher als auch Druckluftspeicher enormes Erweiterungspotenzial. Unkonventionelle Ansätze, wie die Nutzung von Bundeswasserstraßen als Pumpspeicher oder untertägige Pumpspeicher haben eine geringere Bedeutung und könnten eher auf regionaler Ebene eine sinnvolle Ergänzung der Energielandschaft darstellen. Hinzu kommt die Anwendung von weiteren Kurzzeitspeicher-Optionen, wie Akkumulatoren im industriellen Maßstab oder der häuslichen Anwendung sowie die Nutzung von Speicherkapazitäten der Elektro-Fahrzeuge und andere. Dabei ist jedoch der relativ hohe Ressourcenaufwand von elektrochemischen Speichern zu beachten.

Die Deckung des kurzfristigen Speicherbedarfs scheint somit kein limitierender Faktor zu sein, da ausreichendes Potenzial vorhanden ist. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Erschließung dieses Kurzzeit-Speicherpotenzials über Pumpspeicher hohe Vorlaufzeiten in der Planung und dem Bau erfordert (mit Projektlaufzeiten in der Größenordnung von 10 Jahren). Also kann nicht erst zum Zeitpunkt des akuten Bedarfs mit der Erschließung angefangen werden. Der genaue Bedarf wird in diesem Szenario aufgrund der gewählten Modellierungstiefe nicht explizit betrachtet, sondern lediglich der Langzeit-Energiespeicherbedarf durch tagesgenaue Simulation ermittelt.

4.3.2 Langzeit-Energiespeicher

Zur Langzeit-Energiespeicherung kommt im Allgemeinen nur die Speicherung in Form chemischer Energie von Brennstoffen in Frage, da diese über eine hohe Energiedichte und hervorragende Lagerbarkeit verfügen. Lediglich in speziellen geografischen Lagen, wie dem Alpenraum oder Skandinavien erreichen auch Wasserspeicherbecken die Dimensionen einer saisonalen Speicherkapazität im TWh-Bereich.

Somit ist in Niedersachsen die grundlegende Technologie zur Langzeitspeicherung die Herstellung von Wasserstoff aus Strom und Wasser (Elektrolyse). Der Wasserstoff als Brennstoff kann sowohl energetisch genutzt werden als auch weiteren Syntheschritten unterzogen werden, z. B. zur Herstellung von synthetischem Erdgas (SNG, Synthetic Natural Gas) oder anderer Kohlenwasserstoffe, wobei jedoch durch jeden Umwandschritt Energieverluste entstehen, also der Wirkungsgrad sinkt.

Um große Mengen von flüssigen und gasförmigen Brennstoffen zu speichern, eignen sich insbesondere unterirdische Salzkavernen, die die Speicherung enormer Mengen bei vergleichsweise geringen Kosten ermöglichen. Niedersachsen verfügt über ausgedehnte Salzstöcke, in denen Salzkavernen zur Speicherung von Erdöl und Erdgas erstellt werden können, und besitzt somit schon heute rund 40 Prozent der deutschlandweiten Speicherkapazitäten in Salzkavernen. Aktuell gibt es in Niedersachsen 72 Einzelkavernen, die sich auf sieben Kavernenfelder verteilen (LBEG 2012). Des Weiteren werden die Energieträger Erdöl und Erdgas auch in Porenspeichern im Untergrund bevorratet.

In Anlehnung an (IZ 2014) wurde die Speicherkapazität der 72 vorhandenen niedersächsischen Kavernen (LBEG 2013) mit einem geschätzten geometrischen Volumen pro Kaverne von 500.000 m³ (Crotogino 2010; IZ 2014) zu 12 TWh abgeschätzt, wobei jedoch bestehende Kavernen auch kleiner und evtl. nur teilweise für die Nutzung mit Wasserstoff geeignet sein können (Donadei 2015). Somit kann vorläufig nur der Bereich einer theoretisch bestehenden Speicherkapazität für Wasserstoff von 4 bis 12 TWh eingegrenzt werden.

Das Potenzial zur Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen in Niedersachsen beträgt ca. 350 TWh (IZ 2014; Donadei 2015), was mehr als dem 100.000-fachen der heutigen Stromspeicherkapazität von 2.385 MWh entspricht (vgl. Tabelle 4). Die Leistung zum Ein- und Ausspeichern kann dabei unabhängig von der Speicherkapazität skaliert werden. Weiterhin ist festzustellen, dass angesichts dieser enormen Potenziale für untertägige Speichervolumina im Allgemeinen keine räumliche Konkurrenz zwischen den Technologien zu erwarten ist.

4.4 Stromnetze

Das deutsche Stromnetz ist historisch gewachsen und basiert auf einer zentralisierten Energieerzeugung durch Großkraftwerke, deren geographische Lage sich nach den individuellen Standortbedingungen richtet. Über das Übertragungsnetz wird der Strom von den Erzeugungsanlagen dorthin transportiert, wo er benötigt wird. Durch den weiteren Zubau von EE-Anlagen und ihrer ungleichmäßigen Verteilung über Deutschland kann es in Zukunft zu vermehrten Netzengpässen kommen. Die Übertragungsleistung kann zwischen manchen Regionen bis zu vier Gigawatt betragen (DENA 2010). Die zugrunde gelegten Berechnungen unterstellen jedoch nur eine 80-prozentige regenerative Erzeugung im Stromsektor.

Für ein Energiesystem, in dem auch die Sektoren Wärme, Industrie und Verkehr mit Strom versorgt werden, ist hingegen mit einem deutlich höheren Ausbaubedarf zu rechnen, als im aktuellen Netzentwicklungsplan (ÜNB 2015) für die nächsten Jahre prognostiziert wird. Durch die Umstellung auf Erzeugungsanlagen für erneuerbare Energien, welche meist in der Nieder- und Mittelspannungsebene einspeisen, wird zusätzlich das Investitionsvolumen auf Verteilnetzebene erhöht. Maßgeblich für das angepasste Netzdesign ist nicht nur die zu deckende Last, sondern auch die räumliche Verteilung der Anlagen im Netz. Während Stromspeicher im zukünftigen Energiesystem den Netzausbau kaum beeinflussen, stellt die Anbindung der neu errichteten Offshore-Windparks das Netz zusätzlich vor großen Herausforderungen (DENA 2010).

Neben den technischen Restriktionen stößt der Netzausbau zunehmend in der Bevölkerung auf Vorbehalte. Dieses Risiko kann den langwierigen Planungs- und Genehmigungsprozess zusätzlich verlängern.

Die Ausgestaltung der zukünftigen Stromnetze ist darüber hinaus stark von den konkreten nächsten Schritten zur Umsetzung der im Backcasting-Szenario definierten Anforderungen zur Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energien abhängig. Die regionale Verteilung von Erzeugungs- und Speichereinrichtungen wird maßgeblichen Einfluss auf die notwendigen Netzstrukturen haben. Auch die Austauschleistungen zu benachbarten Bundesländern und dem europäischen Ausland werden maßgeblichen Einfluss auf die erforderlichen Netze in Niedersachsen haben. Beispielsweise wird eine Anbindung an skandinavische Länder unter der derzeit diskutierten Möglichkeit zur Nutzung dortiger Wasserkraftwerke Auswirkungen auf erforderliche Netzausbauten und ggf. eine Verringerung der notwendigen Speicherkapazitäten in Niedersachsen haben. Aufgrund der konservativen Betrachtung im Rahmen dieses Gutachtens, dass sowohl die Erzeugung als auch die Speicherung der erforderlichen Energie im Zieljahr 2050 innerhalb Niedersachsens erfordert, werden diese Energieimport- und -exporte mit benachbarten Ländern nicht betrachtet. Bei der Umsetzung könnten diese Austauschverbindungen ggf. dazu führen, die notwendigen Speicher- und Netzkapazitäten in Niedersachsen zu reduzieren.

5 Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“

Das im Folgenden beschriebene Zielszenario stellt eine Möglichkeit für die Energieversorgung Niedersachsens ausschließlich aus erneuerbaren Energien dar. Sämtliche Verweise in der Form [S.x.xx] in diesem Kapitel beziehen sich auf die Szenario-Kalkulation im Anhang D.

Beschrieben werden zunächst die Rahmenbedingungen, anschließend die getroffenen Ansätze zur Effizienzsteigerung und zur Erschließung der erneuerbaren Energiequellen. Es folgt die Betrachtung von zwei für den Wechsel auf erneuerbare Energien grundlegenden Aspekten: Zum einen die gewählte Vorgehensweise zur Ablösung des heute dominanten Anteils vorwiegend fossiler Brennstoffe. Zum anderen die Erzeugung von Wasserstoff aus Wind- und Solarstrom durch Elektrolyse als Grundlage für synthetische Kraftstoffe, Grundstoffe und Stromspeicherung.

5.1 Rahmenbedingungen

Die technischen, naturräumlichen und ökonomischen Randbedingungen haben entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis der Szenariokalkulation. Die getroffenen Annahmen orientieren sich maßgeblich an einschlägigen Studien für die regenerative bzw. treibhausgasneutrale Energieversorgung Deutschlands, u.a.:

- Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050 (WWF 2009),
- Potenziale der Windenergienutzung an Land (BWE 2011),
- Wege zur 100 Prozent erneuerbaren Stromversorgung (SRU 2011),
- Leitstudie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB 2012),
- Energiesystem Deutschland 2050 (ISE 2013),
- Geschäftsmodell Energiewende (IWES 2014),
- Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 (UBA 2014).

5.1.1 Interregionaler Kontext

Bei der Umstellung der Energieversorgung Niedersachsens auf 100 Prozent erneuerbare Energien ist ein Zusammenwirken mit anderen Regionen erforderlich. In einem vergleichsweise dünn besiedelten Flächenland wie Niedersachsen sind die Möglichkeiten zur Gewinnung erneuerbarer Energien überdurchschnittlich hoch. Wenn

diese zur Energiegewinnung über den eigenen Bedarf hinaus genutzt werden, lässt sich Energie in benachbarte Ballungszentren (zum Beispiel Hamburg) exportieren, die aus Mangel an genügend eigenen Flächen ihrerseits nicht zur Selbstversorgung in der Lage und daher auf Importe angewiesen sind.

Diese Überlegungen werden im Szenario durch das sogenannte Solidarprinzip (vgl. Kapitel 2.3.5) berücksichtigt. Als Bezugsrahmen für eine solche Solidargemeinschaft wird angenommen, dass nach heutigem Stand nicht nur die 7,779 Millionen Einwohner Niedersachsens, sondern 10,735 Millionen Personen versorgt werden, die bei durchschnittlicher deutscher Bevölkerungsdichte auf die niedersächsische Landesfläche entfallen [S.3.6ff.].

In Bezug auf den Energieverbrauch der Einwohner Niedersachsens werden damit zusätzliche 38 Prozent Energie im Land gewonnen und in benachbarte Ballungszentren exportiert. (Statista 2015; Statistik 2015).

5.1.2 Bevölkerungsentwicklung

Die Entwicklung der Bevölkerung der Solidar-Region Niedersachsen hat einen starken Einfluss auf den künftigen Energiebedarf. Bei einer zugrunde gelegten Degression um rund 12 Prozent bis 2050 [S.3.9 ff] gemäß Statistischem Bundesamt geht ein in gleichem Maße geringeres Bedarfsniveau einher, was die Bedarfsdeckung durch erneuerbare Energien erleichtert.

Allerdings birgt das starke globale Bevölkerungswachstum von prognostizierten 38 Prozent bis zum Jahr 2050 (Statista 2015) erhebliche Unsicherheiten, weil ein daraus resultierender Migrationsdruck schwer einschätzbar ist.

5.1.3 Wirtschaftliche Entwicklung

Die wirtschaftliche Entwicklung hat direkt durch den Umfang der Wirtschaftsaktivitäten und indirekt durch Veränderung der Konsumansprüche Einfluss auf den Energiebedarf. In Anlehnung an die Deutschland-Szenarien von WWF und UBA wurde für die Zeit von 2012 bis 2050 ein durchschnittliches jährliches Wachstum des Bruttoinlandprodukts (BIP) von 0,7 Prozent angesetzt (WWF 2009; UBA 2014). Parallel zu diesem Wachstum nimmt im gleichen Zeitraum die Bevölkerung ab. Das führt zu einer weiteren Steigerung des Pro-Kopf-BIP, sodass insgesamt mit einem Zuwachs von 48 Prozent zu rechnen ist.

Seit Jahrzehnten ist in Deutschland ein abnehmender Primärenergieverbrauch bei gleichzeitig wachsender Wirtschaftsleistung (Bruttoinlandsprodukt) und damit eine zunehmende Entkopplung zu beobachten, wie aus Abbildung 8 ersichtlich wird. Analog kann mit den im vorliegenden Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ getroffenen Ansätzen bei einer zunehmenden Steigerung des Bruttoinlandsprodukts bis zum Jahr 2050

der Energieverbrauch weiter gesenkt werden. Die für Niedersachsen resultierende Reduzierung des Primärenergieverbrauchs bis zum Jahr 2050 relativ zu 1990 liegt nahe an dem nach (Destatis 2015b) für Deutschland angegebenen Zielwert. Auch bei der Betrachtung des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes zeigt sich in der Trendentwicklung, dass die getroffenen Annahmen durchaus realistisch sind.

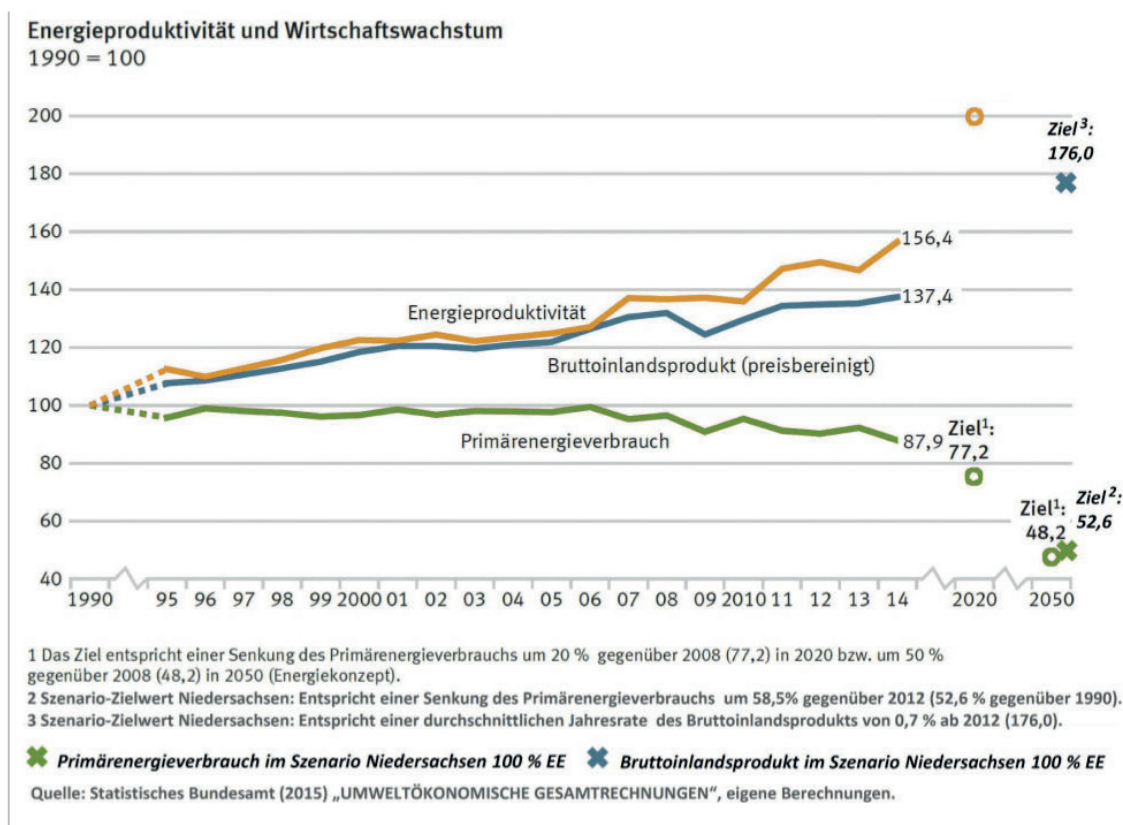


Abbildung 8 Entwicklung von Primärenergieverbrauch (PEV) und Bruttoinlandsprodukt (BIP) einschließlich Zielwerte PEV 2020 und 2050 nach (Destatis 2015b); ergänzt um Zielwerte aus Niedersachsen 100 Prozent EE-Szenario.

5.1.4 Entwicklung der Energiedienstleistungen

In Anlehnung an verschiedene Studien wurden Annahmen zur Entwicklung der den Energiebedarf bestimmenden Parameter getroffen [S.4.22ff]. Diese wurden differenziert nach Anwendungsbereichen (Stromanwendungen Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnik, Kälte ‚KLIK‘, Gebäudewärme ‚GW‘, Prozesswärme ‚PW‘ und Mobile Anwendungen ‚MA‘) und Verbrauchssektoren (Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Industrie, Verkehr).

So wurde für den Pro-Kopf-Stromverbrauch im Sektor Handel/Dienstleistungen angenommen, dass dieser proportional zum Wirtschaftswachstum um 48 Prozent steigt [S.4.30]. Für den Güterverkehr wurde gemäß (BMUB 2012) von einer überproportionalen Pro-Kopf-Zunahme um 58 Prozent [S.4.139] ausgegangen. Für andere Bereiche, wie den der Wohnflächen (+14 Prozent [S.4.49]), dem Materialdurchsatz im produzierenden Gewerbe (+24 Prozent [S.4.37; S.4.102]) oder dem Personenverkehr (-1 Prozent [S.4.126]) wurde die weitere Entwicklung unterproportional bewertet.

5.2 Erschließung von Optionen zur Effizienzsteigerung

Um das Ziel einer vollständig auf regenerativen Energiequellen beruhenden Energieversorgung Niedersachsens zu erreichen, wurden verschiedene Lösungsstrategien miteinander kombiniert (vgl. Kapitel 5.3 bis 5.5).

Um die (Flächen-)Belastungen durch die Gewinnung erneuerbarer Energien so gering wie möglich zu halten, wurden die bereits heute für 2050 erkennbaren Effizienzpotenziale weitgehend ausgeschöpft. Einerseits ist zwar zu erwarten, dass bis zu diesem Zeitpunkt noch Lernkurven durch-

laufen und dadurch weiteres bisher unbekanntes Potenzial neu hinzukommen wird. Andererseits ist aber ebenso zu vermuten, dass nicht das gesamte heute sichtbare Potenzial sich als voll erschließbar erweisen wird.

In jedem der vier Anwendungsbereiche sind trotz der teilweise stark gestiegenen Leistungen erkennbare Reduzierungen des Endenergieverbrauchs erreichbar (vgl. Abbildung 9).

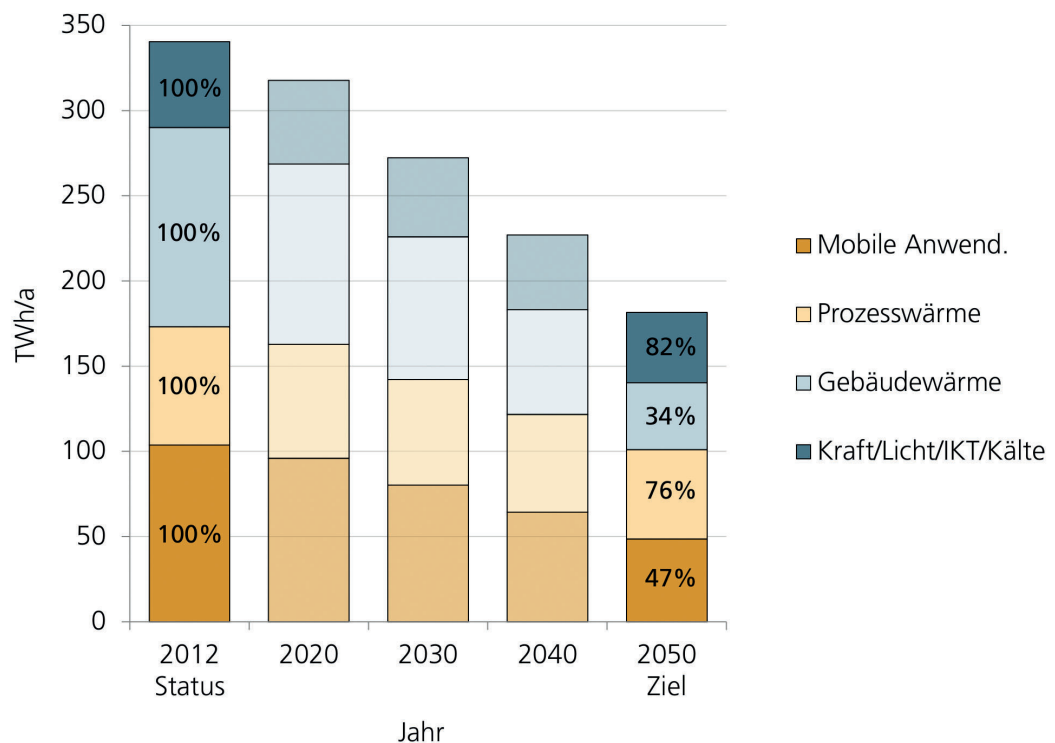


Abbildung 9: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen. Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.6]).

5.2.1 Kraft, Licht, Informations- und Kommunikations-Technologien, Kälte (KLIK)

Bei den Anwendungen Kraft, Licht, Informations- und Kommunikations-Technologien sowie Kälte (KLIK) handelt es sich um die klassischen Stromanwendungen, bei denen die elektrische Energie nicht oder nur in eingeschränktem Maße durch andere Energieformen ersetzt werden kann. Der Bereich KLIK umfasst also alle heute schon üblichen Stromanwendungen (exklusive

Elektrowärme und Stromverbrauch im Verkehrsbereich). Die Abbildung 10 zeigt die Entwicklung des Energieverbrauchs in KLIK vom Statusjahr 2012 bis zum Jahr 2050. Dabei sind die demographische Entwicklung und die verbesserten Nutzungseffizienzen als Reduktion berücksichtigt. Das Wirtschaftswachstum wirkt diesem Trend entgegen und erhöht den Verbrauch. In der Summe geht der Endenergieverbrauch um etwa 9 TWh/a zurück.

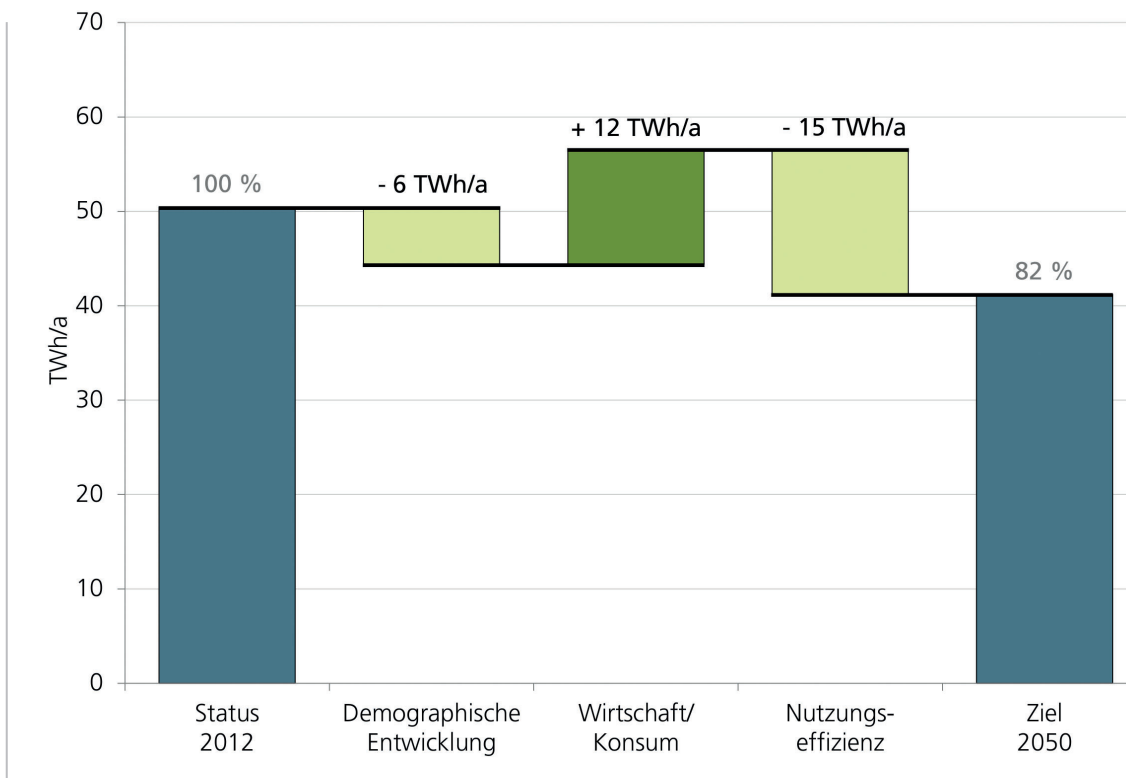


Abbildung 10: Endenergieverbrauch im Kraft/Licht/IKT/Kälte – Status 2012 und Einflüsse auf den Zielzustand 2050 (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.1]).

Nutzungs-Effizienz bedeutet die Senkung des Strombedarfs in den Sektoren Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Industrie auf 73 Prozent [S.4.25ff] gegenüber heute durch effizientere elektrische Maschinen und Geräte. Dieser Ansatz erfolgte in Anlehnung an eine Studie des Verbands der Elektrotechnik (VDE 2008). Zusammen mit der demographischen Entwicklung und der Entwicklung von Wirtschaft und Konsum resultiert ein Ziel-Endenergieverbrauch von 82 Prozent gegenüber dem Status [S.4.42].

5.2.2 Gebäudewärme

Bei der Gebäudewärme (GW), die heute rund 40 Prozent des Endenergiebedarfs ausmacht, handelt es sich um die Anwendungen Raumwärme und Warmwasserbereitung.

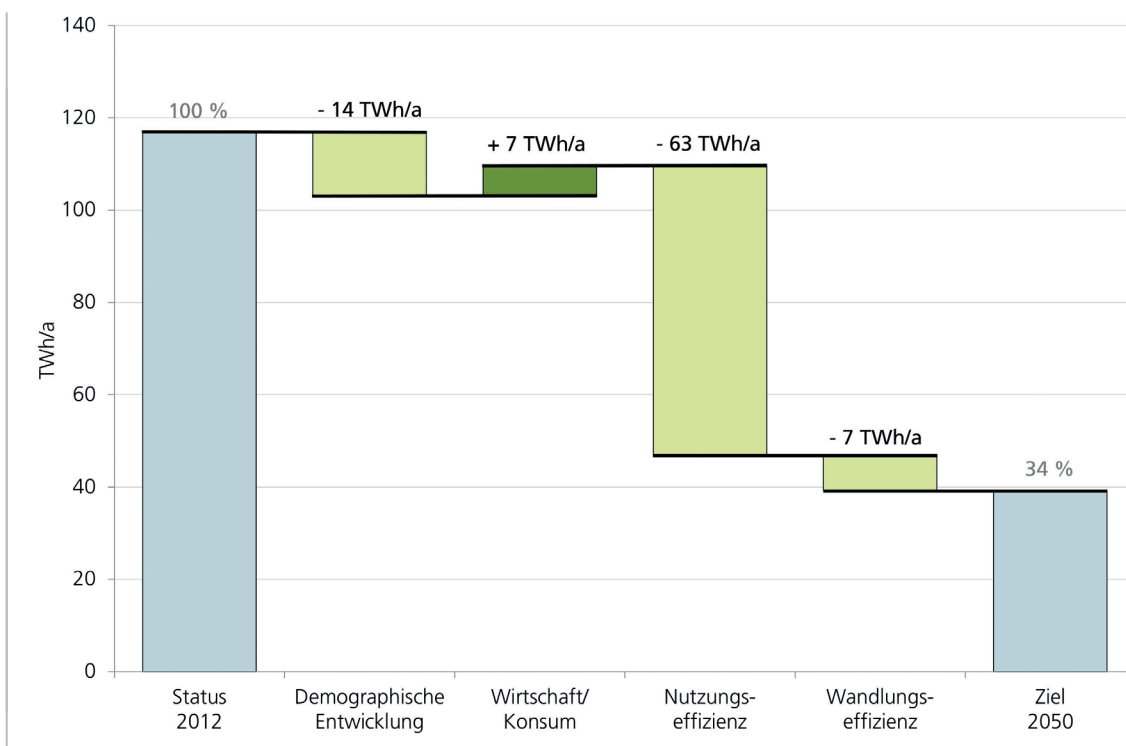


Abbildung 11: Endenergieverbrauch im Gebäudewärmebereich – Status 2012 und Einflüsse auf den Zielzustand 2050. (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.2]).

Nutzungs-Effizienz: Durch zukunftsfähige energetische Sanierung des gesamten Gebäudebestandes lässt sich der Raumwärmebedarf auf rund ein Drittel gegenüber heute senken [S.4.67]. Dieser Ansatz ergibt sich aus zwei differierenden Angaben. Die BMUB-Leitstudie geht von einer Senkung des Raumwärmebedarfs von heute 125 auf 63 kWh pro m² und Jahr im Jahr 2050 aus, die UBA-Studie auf 26 kWh/(m²*a) (BMUB 2012; UBA 2014). Nach eigener Einschätzung wurden 45 kWh/(m²*a) gewählt [S.4.60]. Um den gesamten Gebäudebestand bis 2050 vollständig zu sanieren, ist bei Setzung entsprechender Wärmeschutz-Standards eine jährliche Sanierungsrate von durchschnittlich 2,6 Prozent erforderlich (UBA 2014). Eine weniger anspruchsvolle Sanierungsrate hätte einen deutlich erhöhten Energieverbrauch zur Folge, die bspw. eine nennenswerte Ausweitung der Onshore-Windflächen erfordern würde (vgl. Kapitel 7.2.1).

Für die Warmwasserbereitung wurde eine verhaltene Verbrauchsminderung durch Effizienzmaßnahmen um 20 Prozent gegenüber dem heutigen Niveau angesetzt [S.4.72].

Wandlungs-Effizienz: Ein weiterer wesentlicher Effizienzgewinn resultiert aus der Ablösung der heutigen, überwiegend mit Brennstoff betriebenen und mit Abgasverlusten behafteten Kessel und Öfen [S.4.76 ff.] durch elektrisch betriebene Wärmepumpen, deren Antriebsstrom weitgehend verlustfrei als Nutzwärme einfließt.

Zusammen mit der demographischen Entwicklung und der Entwicklung von Wirtschaft und Konsum resultiert ein Ziel-Endenergieverbrauch von 34 Prozent gegenüber dem Status [S.4.91].

5.2.3 Prozesswärme

Prozesswärme umfasst sämtliche Wärme, die insbesondere in der Industrie zur Produktion von Gütern eingesetzt wird. Bei der Prozesswärme handelt es sich überwiegend um Hochtemperaturwärme mit einem Temperaturniveau oberhalb von 100°C.

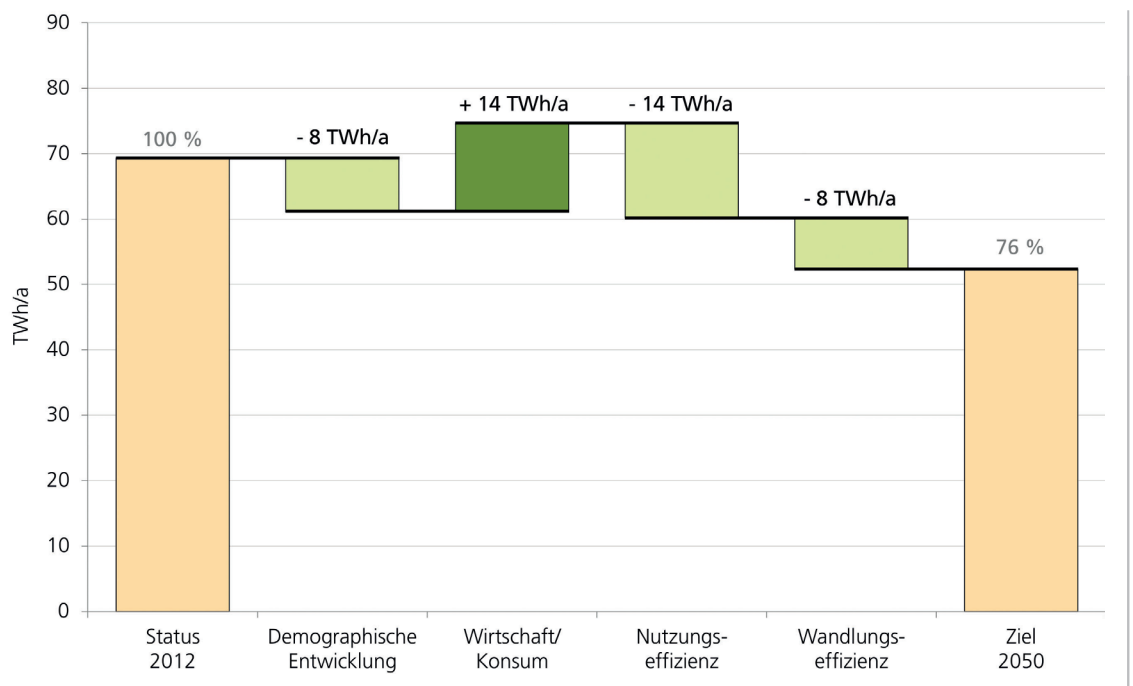


Abbildung 12: Endenergieverbrauch bei Prozesswärme – Status 2012 und Einflüsse auf den Zielzustand 2050 (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.3]).

Nutzungs-Effizienz: Durch effizientere Produktionsprozesse lässt sich im Industriesektor der Prozesswärmebedarf auf 80 Prozent gegenüber heute senken [S.4.104]. Der Ansatz wurde in Anlehnung an eine Studie des IFEU gewählt (IFEU 2011). Eine intensivere Nutzung der Studienergebnisse zur weiteren Festigung der Szenarioansätze ist empfehlenswert, war aber wegen methodischer Unterschiede und mangelnder Detailinformationen im Rahmen dieses Gutachtens nicht möglich.

Wandlungs-Effizienz: Ein weiterer Effizienzgewinn resultiert aus der Ablösung der heutigen, überwiegend mit Brennstoffen betriebenen und Abgasverlusten behafteten Öfen durch praktisch verlustfreie elektrische Beheizung. Im Gegensatz zur Anwendung für Niedertemperaturwärme erscheint die elektrische Widerstandsheizung im

Hochtemperatur-Wärmebereich vertretbar, da hier Wärmepumpenprozesse nicht einsetzbar und die bei der Umwandlung auftretenden Exergieverluste wesentlich kleiner sind.

Zusammen mit der demographischen Entwicklung und der Entwicklung von Wirtschaft und Konsum resultiert ein Ziel-Endenergieverbrauch von 76 Prozent gegenüber dem Status [S.4.120].

5.2.4 Mobile Anwendungen

Der Energieeinsatz bei mobilen Anwendungen umfasst im Wesentlichen die Antriebsenergie. Der Energieaufwand für Beheizung und Klimatisierung der Fahrzeuge ist aber sowohl in den Status- als auch in den Zielzahlen enthalten.

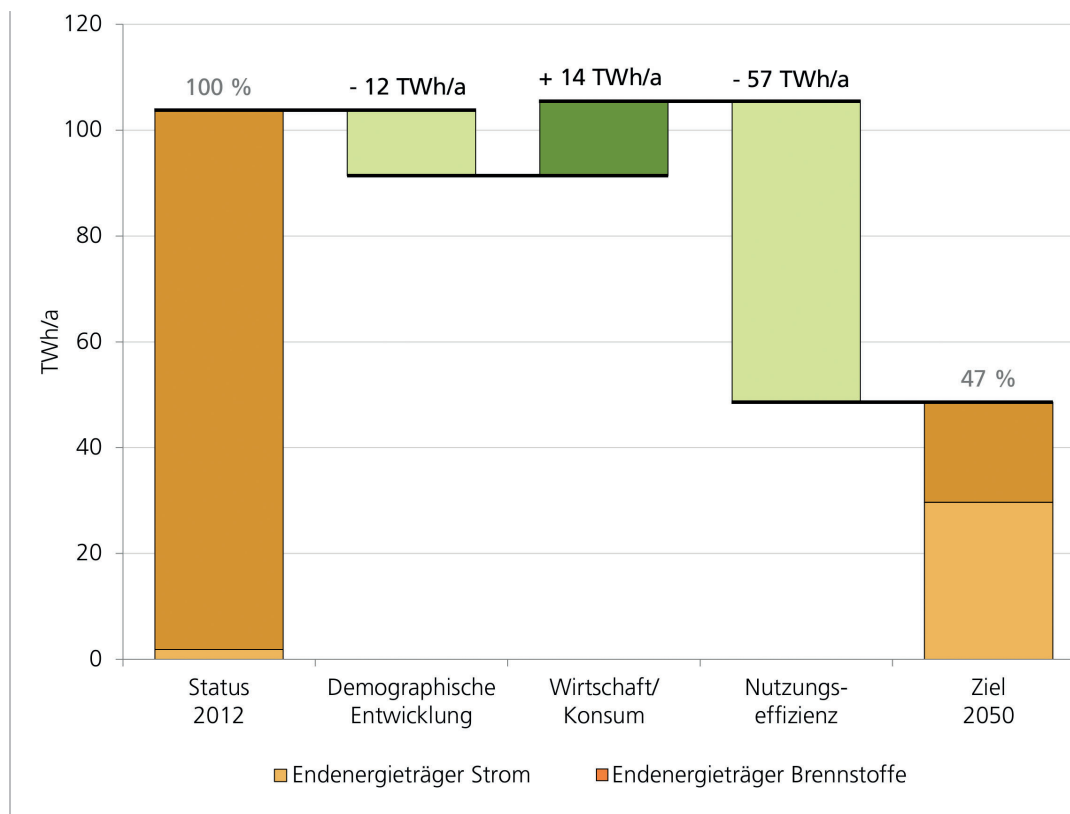


Abbildung 13: Endenergieverbrauch bei mobilen Anwendungen – Status 2012 und Einflüsse auf den Zielzustand 2050 (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.4]).

Nutzungseffizienz: Der größte Teil des Effizienzgewinns resultiert aus einer mit 88 Prozent Anteil weitgehenden Elektrifizierung des Personen- und Güterverkehrs auf Straße und Schiene über Akkumulatoren, Induktionsschleifen und Oberleitungen [S.4.128; S.4.141], verbunden mit einer Reduzierung des Energieverbrauchs um mehr als die Hälfte (siehe Kapitel 5.4.4). Die hohe Effizienz des Elektroantriebes resultiert aus dem Verzicht auf mit Wasserstoff gespeiste Elektrofahrzeuge, die erhebliche Verluste bei Wasserelektrolyse und Brennstoffzelle aufweisen (siehe Kapitel 7.1.2).

Durch Effizienzsteigerung verbrennungsmotorisch betriebener PKW und LKW lassen sich dagegen nur noch geringe Potenziale erschließen. Ein um 11 Prozent verminderter spezifischer Kraftstoffbedarf gegenüber dem heutigen Durchschnitt wird dabei angenommen (IFEU 2009) [S.4.135].

5.3 Erschließung Erneuerbarer Energiequellen

Eine weniger weitgehende Elektrifizierung hätte wegen der verlustreichen Verbrennungsmotoren und der Verluste bei der Kraftstoffbereitstellung aus Wind- und Solarstrom einen stark erhöhten Energieverbrauch zur Folge. Bei einem geringeren Elektrifizierungsanteil wären zum Ausgleich des Mehrverbrauchs beispielsweise eine starke Ausweitung der Onshore-Windflächen erforderlich (vgl. Kapitel 7.1.1).

Der Flugverkehr (14 Prozent des Energieverbrauchs im Verkehrsbereich [S.4.152]) wird sich auf absehbare Zeit nicht elektrifizieren lassen und bleibt daher auf Kraftstoffe angewiesen, die im Fall der 100 Prozent EE-Versorgung vollständig aus regenerativen Quellen erzeugt werden müssen. Durch Effizienzsteigerungen bei Flugzeugen kann der Kraftstoffverbrauch von heute 4,2 Liter pro Personenkilometer auf 3,0 Liter gesenkt werden [S.4.155]. Dieser Ansatz erfolgte auf Grundlage einer vom BMUB beauftragten Studie (BMUB 2008).

Bei Ausschöpfung der möglichen Effizienzpotenziale reduziert sich der Energieverbrauch im Jahr 2050 auf 182 TWh [S.4.165]. Dieser kann mit den für 2050 getroffenen Zielansätzen vollständig durch verschiedene erneuerbare Energiequellen innerhalb der Landesfläche Niedersachsens gedeckt werden. Abbildung 14 zeigt die Zusammensetzung der bereitgestellten Endenergie in 2050. Hierbei wird ersichtlich, dass die Solarenergie den größten Deckungsbeitrag zum Endenergieverbrauch liefert. Die Windenergie trägt als zweitgrößte Energiequelle zur Endenergieversorgung bei. Darüber hinaus kommen Beiträge aus anderen erneuerbaren Energiequellen, wie Biomasse oder über Wärmepumpen gewonnene Umgebungswärme. Dagegen finden die fossilen und atomaren Energiequellen entsprechend der Aufgabenstellung in 2050 keine Anwendung mehr.

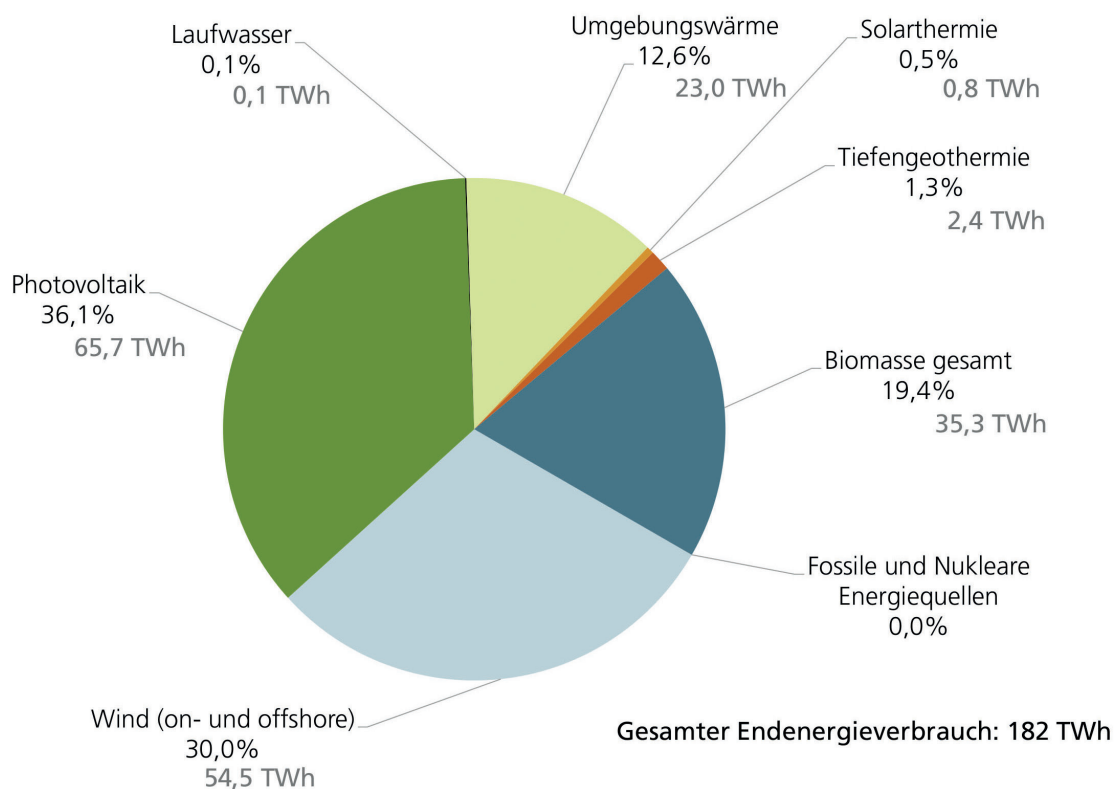


Abbildung 14: Endenergieverbrauch in 2050 nach Energiequellen (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.5]).

Die Flächenbeanspruchung für die Energieversorgung liegt weit unterhalb der technischen Potenziale. Entscheidend für die Bewertung sind vielmehr die Potenziale, die unter Berücksichtigung der vielfältigen Nutzungskonkurrenzen übrig bleiben. Dieses stellt keine eindeutig definierbare

Größe dar, sondern resultiert aus komplexen Abwägungsprozessen. Letztendlich geht es um einen für Niedersachsen tragbaren Kompromiss zwischen gewinnbarer Energiemenge und den daraus entstehenden Belastungen.

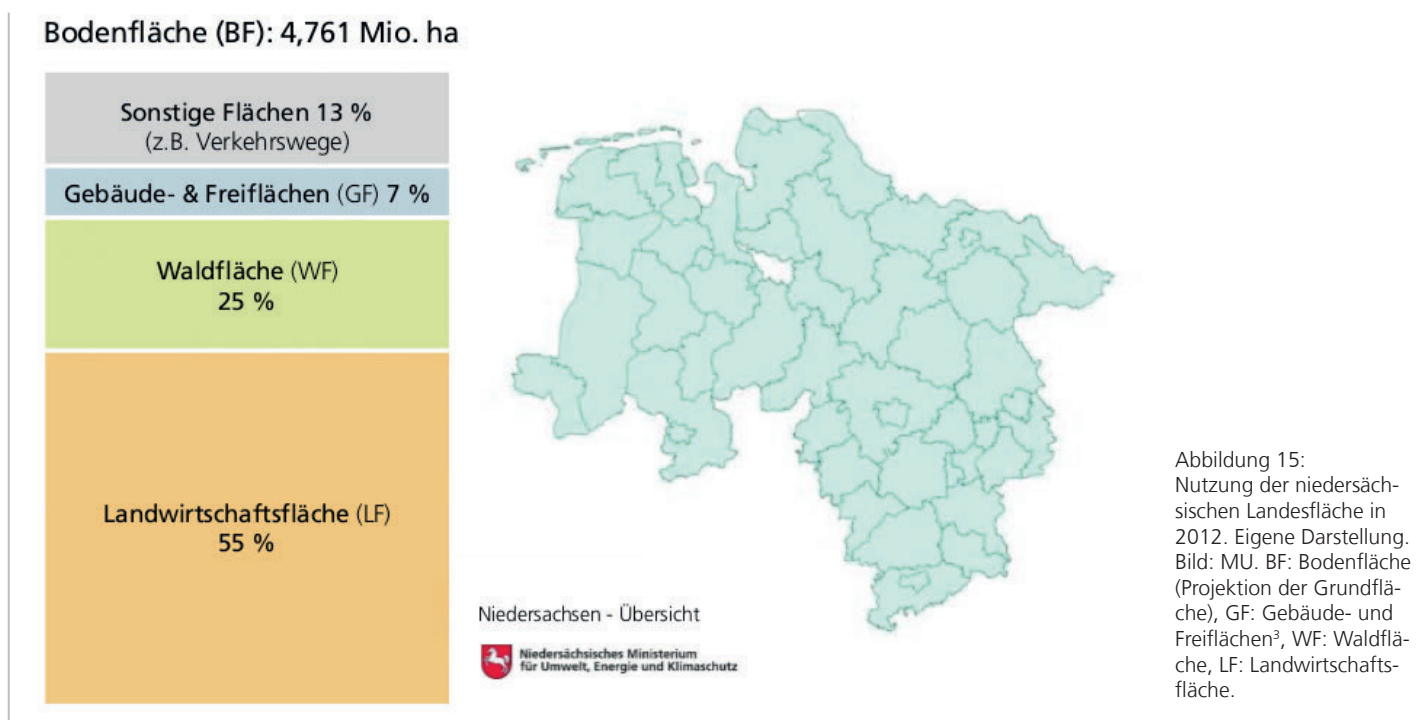


Abbildung 15: Nutzung der niedersächsischen Landesfläche in 2012. Eigene Darstellung. Bild: MU. BF: Bodenfläche (Projektion der Grundfläche), GF: Gebäude- und Freiflächen³, WF: Waldfläche, LF: Landwirtschaftsfläche.

In dem Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ wird zunächst die gegenwärtige Nutzung der Landesbodenfläche dargestellt (Abbildung 15).

Demnach wurden im Jahr 2012 für die landwirtschaftliche Nutzung etwa 55 Prozent der Landesbodenfläche genutzt. Nach Abbildung 16 wird für die Landwirtschaftsfläche im Jahr 2050 eine Verringerung von etwa ein Prozent angenommen.

Die Waldfläche gemäß Bundeswaldinventur 3 (ML 2014) wurde als gleichbleibend angesetzt [S.1.27], aber der Anteil forstwirtschaftlich genutzter Waldflächen zugunsten der Naturwaldentwicklung von nahezu 100 Prozent auf 94 Prozent gesenkt [S.1.28].

Damit ist für die Landesforsten das Ziel der Landesregierung von 10 Prozent Naturwäldern berücksichtigt (ML 2013), für die übrigen Waldflächen die gegenwärtig gültige Bundesregelung von fünf Prozent Naturwaldanteil. Der Ansatz für den energetisch genutzten Anteil am Holzzuwachs ist mit etwa 45 Prozent nahezu unverändert geblieben, wobei auch die Beiträge aus Landschaftspflege-, Alt-, Abfall- und Industrierestholz eingeschlossen sind [S.2.52].

³ In der amtlichen Statistik verwendeter Begriff für besiedelte Flächen, dazu gehören „Flächen mit Gebäuden (Gebäudeflächen) sowie unbebaute Flächen (Freiflächen), die Zwecken der Gebäude untergeordnet sind. Zu den unbebauten Flächen zählen Vor- und Hausgärten, Spiel- und Stellplätze, Grünflächen, Hofräume, Lagerplätze usw.“ (<http://www.regionalstatistik.de/genesis/>)

Bei Photovoltaik- und Windenergieanlagen ist ein starker Ausbau vorgesehen, um zukünftig fehlende fossile und nukleare Ressourcen zu ersetzen

sowie die heute noch fossilen Kraftstoffe und die Grundstoffe für die Industrie zu erzeugen (vgl. Kap. 5.5.1 und Kap. 5.5.2).

**100 % Erneuerbare Energien Szenario
Flächenbeanspruchung**

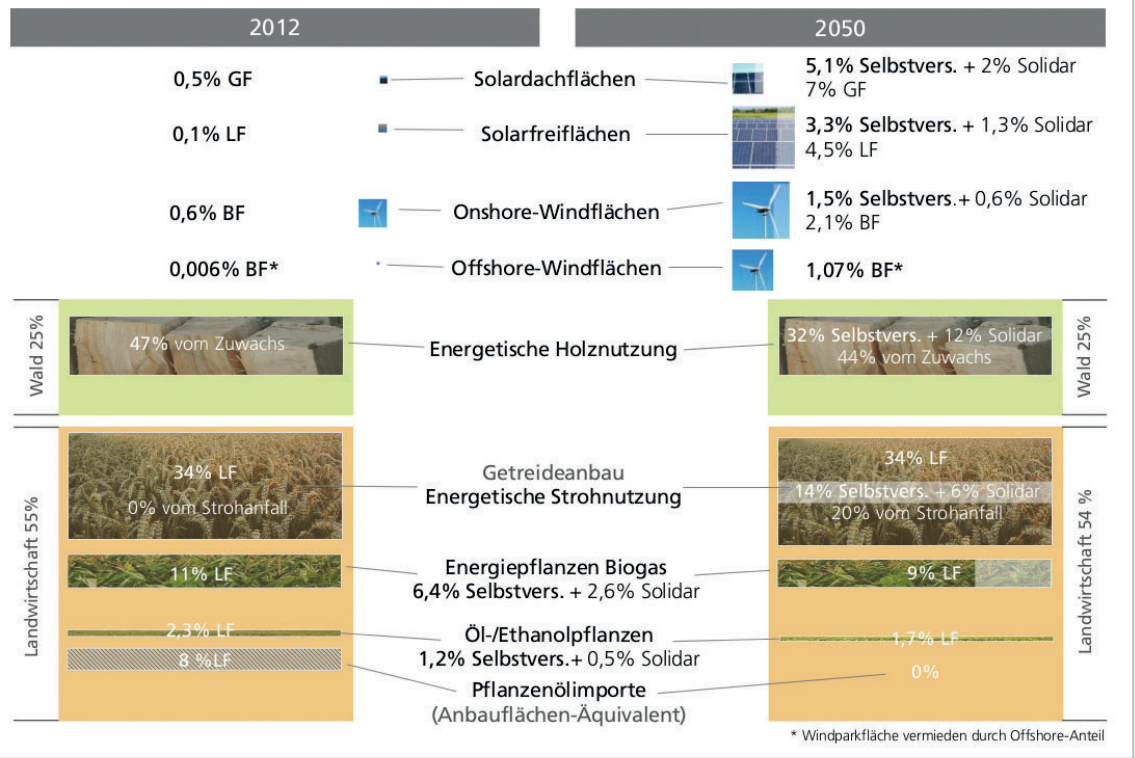


Abbildung 16: Nutzung der niedersächsischen Landesfläche in 2012 und 2050. BF: Bodenfläche, GF: Gebäude- und Freiflächen, WF: Waldfläche, LF: Landwirtschaftsfläche, * Windparkfläche vermieden durch offshore-Anteil.

5.3.1 Solarstrahlung

Mit 36,1 Prozent liefert die Photovoltaik (PV) den größten Deckungsbeitrag zum Endenergieverbrauch der Solidar-Region Niedersachsen 2050.

Knapp die Hälfte der PV-Module mit einer Leistung von rund 57 GW [S.2.17] (41 GW für Selbstversorgung + 16 GW für den Export nach dem Solidarprinzip) sind auf Dachflächen vorgesehen. Mit einer Absorberfläche von 28.600 ha [S.1.10] ist das Potenzial an solar geeigneten Dachflächen bezüglich Ausrichtung und Verschattung (eigene Berechnung nach (LK OS 2012)) damit zu 75 Prozent beansprucht. Es bleibt so genügend Spielraum für Dächer, die beispielsweise konstruktiv oder aus Denkmalschutzgründen unbelegt bleiben müssen bzw. sollen. Die tatsächlich in Niedersachsen durch Solaranlagen beanspruchte Dachfläche wird allerdings erheblich kleiner sein, da die Möglichkeit von Solardachflächen in nach dem Solidarprinzip mitversorgten Ballungsgebieten im Datenmodell vereinfachend unberücksichtigt blieb.

Für Freiflächen ist eine PV-Leistung von 71 GW (51 GW für Selbstversorgung + 20 GW für den Export nach dem Solidarprinzip) vorgesehen. Mit diesem Ansatz kann die erforderliche elektrische Energiemenge erzeugt werden, ohne die Windparkflächen noch weiter ausdehnen zu müssen. Ein bezüglich Speicherbedarf und Systemkosten günstigeres Wind-/Solarstrom-Verhältnis von 2:1 würde lediglich 21 GW installierte PV-Leistung mit einer Flächenbeanspruchung von 1,3 Prozent der Landwirtschaftsfläche anstatt 4,5 Prozent erfordern. Allerdings müsste die Onshore-Windfläche von 2,1 Prozent auf 3,5 Prozent der Bodenfläche stark ausgeweitet werden (siehe Sensitivitätsanalyse Kapitel 7.3.2).

Wegen der erforderlichen Abstände zwischen den aufgeständerten Modulreihen haben die Freiflächenanlagen im Vergleich zu Dachanlagen einen höheren spezifischen Flächenbedarf. Sie nehmen insgesamt eine Fläche von 116.670 Hektar ein [S.1.13]. Dabei wurde die bisher verbreitete, bezüglich Modulertrag optimale Südausrichtung mit einer Neigung von ca. 45° angenommen.

Mit einer nach Flächenertrag optimierten Ost-/West-Ausrichtung mit 10° Neigung wäre die beanspruchte Fläche auf weniger als die Hälfte reduzierbar, da sich die Module nicht gegenseitig abschatten und somit nur minimale Abstandsflächen erfordern. Neben dem reduzierten Flächenbedarf ist auch die gleichmäßigere Verteilung des eingespeisten Stroms über die tägliche Sonnenscheindauer von Vorteil. Nachteilig ist neben dem geringeren Modulertrag ein noch stärker ausgeprägter Einspeiseschwerpunkt bei hohem Sonnenstand im Sommer mit der Konsequenz eines erhöhten Langzeitspeicherbedarfs mit entsprechenden Speicherkapazitäten und Speicherverlusten. Andere Auswirkungen wie beispielsweise Bodenerosion oder Landschaftsbild im Vergleich mit der herkömmlichen Südausrichtung scheinen bisher noch nicht genügend geklärt. Aus diesen Gründen basiert das Gutachten auf der herkömmlichen Südausrichtung.

Wo immer möglich, sollen für Freiflächen-PV-Anlagen zunächst anderweitig nicht nutzbare Flächen wie Konversionsflächen, Deponien oder Randstreifen an Verkehrswegen genutzt werden. Das Potenzial dieser Einsatzfelder hängt stark von den Kosten der Errichtung und dem lokalen Strombedarf ab (Jochems 2013). Nach (BAST 2015) besteht in Niedersachsen durch die Belegung von Lärmschutzwänden ein Ertragspotenzial von 1,7 TWh/a. Dies sind allerdings lediglich circa 3 Prozent des in diesem Szenario für das Jahr 2050 berechneten jährlichen Ertrags der PV-Freiflächenanlagen von 64 TWh/a. In Holland existiert bspw. eine 70 m lange Teststrecke zur Erprobung der Nutzung von Verkehrswegen mit PV-Modulen, welche etwa 3 Mio. Euro kostete (GN 2014). Im Szenario ist konservativ ausschließlich die Belegung der Landwirtschaftsfläche (LF) vorgesehen; diese wird dabei maximal zu 4,5 Prozent durch Freiflächenanlagen beansprucht (3,2 Prozent für Selbstversorgung + 1,3 Prozent für den Export nach dem Solidarprinzip). Die eine Hälfte dieser Anlagen ist auf Dauergrünland vorgesehen, die andere auf Ackerland.

Für die vorzugsweise Belegung von Dauergrünland spricht, dass diese energetisch und wirtschaftlich attraktive Flächennutzung möglicherweise mit der aus Klimaschutzgründen erforderlichen Wiedervernässung organischer Böden (ehemalige Moore) vereinbar wäre (nach Erkenntnissen aus (Thünen 2012)).

Die Nutzung von Landwirtschaftsflächen im vorgesehenen Umfang erscheint vertretbar unter der Prämisse, dass sie zu Lasten der Energiepflanzenanbaufläche für Biogas geht (nach Erkenntnissen aus (BMUB 2012)). Auf diese Weise erfolgt die Solarstromgewinnung auf Ackerland flächenneutral, aber mit einem rund 13-fach höheren Energieertrag pro Hektar gegenüber Biogas. Auch nach Abzug der aus dem Fluktuationsausgleich resultierenden Speicherverluste liegt der Energieertrag noch bei einem Vielfachen.

5.3.2 Wind

Mit 30,0 Prozent Deckungsanteil am Endenergieverbrauch bildet die Windenergie neben der Photovoltaik die zweite tragende Säule einer zu 100 Prozent erneuerbaren Energieversorgung der Solidar-Region Niedersachsen 2050. Zwei Drittel der jährlichen Stromerzeugung stammen von Onshore-Anlagen in Niedersachsen, ein Drittel von deutschen Offshore-Anlagen [S.2.28ff].

Dafür wird eine Onshore-Leistung von 27 GW (20 GW für Selbstversorgung + 7 GW für den Export nach dem Solidarprinzip) eingesetzt. Die Windparks nehmen 2,1 Prozent der Bodenfläche Niedersachsens ein (1,5 Prozent für Selbstversorgung + 0,6 Prozent für den Export nach dem Solidarprinzip) [S.1.34]. Nahezu die gesamte Windparkfläche bleibt weiter uneingeschränkt landwirtschaftlich nutzbar.

Die Werte gründen auf den Ergebnissen einer GIS-basierten Studie des Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) für den Bundesverband WindEnergie e. V. (BWE) zum Potenzial der Windenergienutzung an Land (BWE 2011), die für Niedersachsen nach heutigem Stand eine für Windenergie insgesamt nutzbare Fläche von 25,8 Prozent der Bodenfläche und eine restriktionsfreie Potenzialfläche von 12,4 Prozent angibt [S.1.33]. Ausgeschlossen sind in dieser Studie neben Siedlungs- und Verkehrsflächen unter anderem auch Waldflächen, Naturschutzflächen und 1.000-Meter-Pufferzonen zwischen Windenergieanlagen und Wohnbebauung. Zur Berücksichtigung bis 2050 möglicherweise neu hinzukommender Restriktionen wurde für das Szenario ein pauschaler Abschlag von 20 Prozent einkalkuliert, daraus resultiert eine künftige Potenzialfläche von 9,9 Prozent [S.1.33].

In der Studie wird unter anderem untersucht, wie viele Windräder innerhalb der Potenzialflächen auf zwei Prozent der Landesfläche installiert werden könnten. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Zielansätze in diesem Szenario: Die jährlich damit erzielbare Energieproduktion wurde dort mit Hilfe der Volllaststundenzahl von knapp 2.150 Stunden bestimmt, die sich bei Belegung der gesamten nutzbaren Fläche unter Referenzbedingungen ergeben würde (BWE 2011). Unter der Annahme von zukünftig weiter steigenden Nabelhöhen von Windenergieanlagen wird eine Ertragssteigerung von 7,9 Prozent im Zielszenario ermittelt. Diese ist auf die Steigerung der Nabelhöhen auf durchschnittlich 150 m bei Starkwindanlagen und 170 m bei Schwachwindanlagen zurückzuführen. Gemäß (Agora 2013) sind bereits bis zum Jahr 2033 Steigerungen der Nabelhöhen auf durchschnittlich 120 m (Starkwindanlagen) und 150 m (Schwachwindanlagen) anzunehmen und Turmhöhen bis 200 m werden als erreichbar angegeben. Durch Extrapolation der Ertragssteigerung heutiger Windenergieanlagen in Abhängigkeit von der Nabelhöhe auf Basis von EEG-Referenzerträgen (FGW 2015) ergibt sich daraus eine Ertragsteigerung von 7,9 Prozent, die mit einer Erhöhung der Vollbetriebsstunden im Zielszenario auf 2.316 h [S.2.31] verbunden ist.

Der gewählte Ansatz mit 2,1 Prozent der Bodenfläche (1,5 Prozent für Selbstversorgung + 0,6 Prozent für den Export nach dem Solidarprinzip) erscheint vertretbar, da weniger als ein Viertel der restriktionsfreien Potenzialfläche beansprucht wird (keine Beanspruchung der Flächen in Wäldern). So kann auch möglicherweise zusätzlich hinzukommenden Restriktionen genügend Rechnung getragen werden.

Mit einem bezüglich Speicherbedarf und Systemkosten günstigeren Wind-/Solarstrom-Verhältnis von 2:1 würden zwar PV-Freiflächen von 1,3 Prozent der Landwirtschaftsfläche anstatt 4,5 Prozent ausreichen. Außerdem läge die erforderliche Langzeit-Stromspeicherkapazität mit Wasserstoff wegen des gegenüber PV gleichmäßiger über das Jahr verteilten Windstromangebotes bei 10,3 anstatt 18,8 TWh. Allerdings müsste die Onshore-Windfläche von 2,1 auf 3,5 Prozent der Bodenfläche stark ausgeweitet werden (siehe Kapitel 7.3.2). Hier besteht ein gesellschaftlicher Gestaltungsspielraum. Bei der Abwägung spielen über technische und ökonomische Aspekte hinaus Gesichtspunkte wie Akzeptanz, Naturschutz oder Landschaftsbild eine wesentliche Rolle. In welche Richtung sich die gesellschaftliche Willensbildung in dieser Frage und dem davon abhängigen Thema Stromspeicherung in Gaskavernen entwickeln wird, erscheint aus heutiger Sicht offen. Daher ist der Szenario-Ansatz bezüglich der zurzeit besonders intensiv diskutierten Windenergie an der

gegenwärtigen Einschätzung orientiert, wie sie sich unter anderem auch im Entwurf des Niedersächsischen Windenergieerlasses widerspiegelt (WE 2015).

Als besonders kritischer Parameter sind die Pufferabstände anzusehen, im besonderen Maße die Abstände zu Ortslagen. Eine in der (BWE 2011) enthaltene Sensitivitätsanalyse kommt zu dem Ergebnis, dass bei Erhöhung des Basis-Ansatzes von 1.000 Metern um 50 Prozent auf 1.500 Meter die Potenzialfläche auf etwa ein Drittel zurückgeht. Eine Verringerung auf 500 Meter ergibt andererseits weit mehr als das Doppelte an Potenzialfläche.

Die Erhöhung der onshore erzeugten Energie geht nicht automatisch mit einer proportionalen Erhöhung der Anzahl der Windenergieanlagen einher. Durch die bereits langjährige Nutzung der Windenergie bietet sich hier in Zukunft die Möglichkeit, ältere Maschinen am Ende ihrer Lebensdauer durch leistungsfähigere Anlagen zu ersetzen (Repowering). Weiterhin sind bei Neuanlagen größere Leistungen im Vergleich zu den bisher errichteten Anlagen zu erwarten.

Der vorliegende Szenario-Ansatz sieht ausschließlich Großwindanlagen im Megawattbereich vor. Kleinwindanlagen werden nach Einschätzung der Gutachter kaum nennenswerte Beiträge zur künftigen Stromversorgung leisten können:

- Um die Rotorfläche von einer Großwindanlage mit 100 m Rotordurchmesser zu ersetzen, müssten beispielsweise 100 Kleinwindanlagen mit 10 m Rotordurchmesser oder 400 Kleinwindanlagen mit 5 m Rotordurchmesser aufgestellt werden.
- Für die Gewinnung der gleichen Energiemenge im Jahr wäre gegenüber Großwindanlagen zudem ein Mehrfaches an Rotorfläche erforderlich, da wegen der vergleichsweise geringen Nabelhöhen nur Luftströmungen im bodennahen Bereich mit niedrigen Windgeschwindigkeiten und stärkeren Verwirbelungen genutzt werden können.
- Bei Installation einer großen Zahl an Kleinwindanlagen auf Gebäuden und in Gebäudenähe wäre fraglich, ob die zulässigen Schallemissionsgrenzen eingehalten werden könnten.
- Die Stromgestehungskosten von Kleinwindanlagen liegen heute bei einem Vielfachen von Großwindanlagen, bei maßgeblichen Faktoren wie Investitionskosten und Energieertrag sind keine grundlegenden Veränderungen in Sicht (KTBL 2012).

In einer Studie zur Bedeutung der Offshore-Windenergie in Deutschland wird das Potenzial mit 54 GW (davon 5 GW für Selbstversorgung Niedersachsens plus 2 GW nach dem Solidaransatz) installierbarer Leistung angegeben (IWES 2013). Dieses Potenzial wird hier voll ausgeschöpft [S.2.35ff]. Im Szenario wird von einer Gleichverteilung der deutschen Offshore-Windstromproduktion auf die Bevölkerung ausgegangen, wobei sich der Betrag für die Solidar-Region Niedersachsen aus dem Verhältnis der Einwohnerzahlen herleitet.

5.3.3 Biomasse

Mit 19,4 Prozent Deckungsanteil nimmt die Bioenergie von der Menge her den dritten Platz im Endenergiemix 2050 ein. Als speicherbarer Energieträger mit hoher Energiedichte kommt ihr zur Substitution fossiler Brennstoffe und als Kohlenstoff-Quelle (CO₂ aus Biogas und Abgas) zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe aus elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff allerdings eine hohe Bedeutung zu, besonders für mobile Anwendungen und im Prozesswärmebereich.

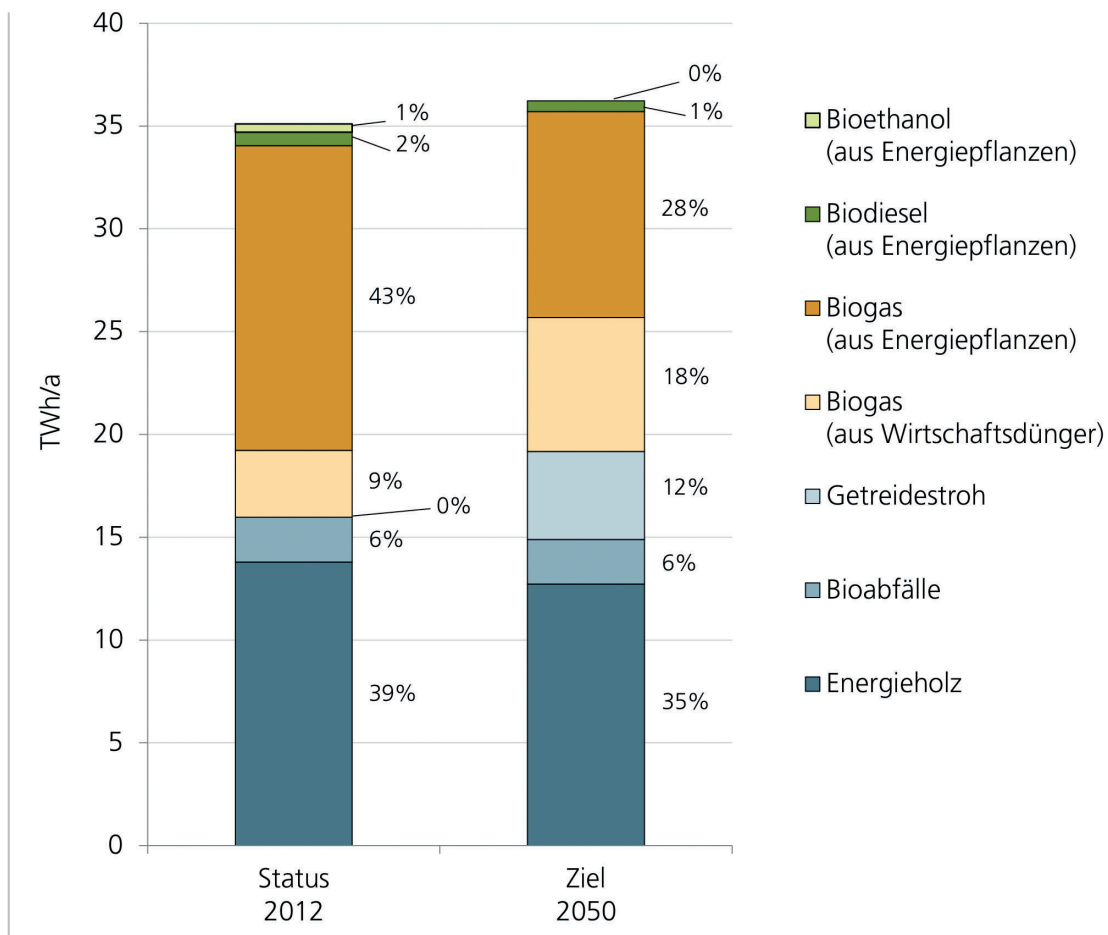


Abbildung 17: Bioenergieerzeugung auf der Landesfläche im Status- und im Zieljahr

Während das Bioenergieaufkommen von der Landesfläche leicht steigt, sind die Anteile der einzelnen Quellen teilweise erheblich verändert: Die künftig vorgesehene energetische Nutzung von Getreidestroh bringt einen Zugewinn bei den festen Biobrennstoffen trotz eines leichten Rückgangs bei der energetischen Holznutzung. Beim Biogas steigt der Anteil von Wirtschaftsdünger und kompensiert zum guten Teil den Rückgang von Biogas aus Energiepflanzenanbau.

Energieholz: Die Waldfläche im heutigen Stand gemäß Bundeswaldinventur 3 (ML 2014) wurde als gleichbleibend angesetzt [S.1.27]. Zur Stärkung der Biodiversität wird der Anteil forstwirtschaftlich genutzter Waldflächen zugunsten der Naturwaldentwicklung von nahezu 100 Prozent auf 94 Prozent gesenkt [S.1.28]. Damit ist für die Landesforsten das Ziel der Landesregierung von 10 Prozent Naturwäldern (ML 2013) berücksichtigt, für die übrigen Waldflächen die gegenwärtig gültige Bundesregelung von fünf Prozent Naturwaldanteil. Der Ansatz für den energetisch genutzten Anteil am Holzzuwachs ist mit 44,4 Prozent gegenüber dem Status nahezu unverändert geblieben [S.2.52]. Dabei wird für den langfristigen Leistungserhalt der Wälder und der Forstwirtschaft gemäß Clusterstudie der Forstlichen Versuchsanstalt (NW FVA 2007) die Entnahme von Nutzholz auf 46,7 Prozent des jährlichen Holzzuwachses beschränkt. Aus der Annahme, dass die Hälfte davon energetisch direkt genutzt werden, resultiert 27,5 Prozent des Zuwachses. Die Beiträge aus Landschaftspflege-, Alt-, Abfall- und Industrierestholz gemäß Hinweis aus dem Nds. Landwirtschaftsministerium ergeben einen zusätzlichen Beitrag, der 21,1 Prozent vom jährlichen Zuwachs entspricht.

Biogene Abfälle (feste Abfallstoffe): Beibehaltung des Status Quo auf niedrigem Niveau [S.2.94, 95], da einer möglichen Ausweitung der Verwertung eine stofflich und energetisch sinnvolle Optimierung der Müllvermeidung entgegensteht.

Stroh aus Getreideanbau: Beibehaltung des Status Quo bei der Getreideanbaufläche [S.1.15], energetische Nutzung von 20 Prozent des anfallenden Getreidestrohs [S.2.69]. Einerseits steht dieser Anteil einer stofflichen Verwendung in Landwirtschaft und Industrie damit nicht mehr zur Verfügung, andererseits liegt er erheblich unterhalb des für den Humus-Erhalt der Ackerböden vertretbaren Anteils (IFEU 2008).

Es wurden auch die Auswirkungen eines völligen Verzichts auf energetische Strohnutzung zugunsten der stofflichen Nutzung in Landwirtschaft und Industrie untersucht (siehe Kapitel 7.4.1). Dabei erscheint die Substitution der entfallenden Strohwärme durch Strom weniger kritisch, im Fall von Windstrom müsste die Onshore-Windfläche von 2,1 Prozent der Bodenfläche auf 2,3 Prozent ausgeweitet werden. Gravierender ist, dass der Brennstoffanteil an der Prozesswärmeerzeugung von 44 Prozent auf 37 Prozent sinken und der Stromanteil entsprechend steigen würde. Es erscheint fraglich, ob die verbleibende Brennstoffmenge für schwer elektrifizierbare Hochtemperaturprozesse oder auf Reduktionsmittel angewiesene Prozesse noch ausreichen würde.

Energiepflanzenanbaufläche (für Biogas, Biodiesel, Bioethanol, Festbrennstoffe): Die heutige Energiepflanzenanbaufläche wird um die Hälfte der Fläche der solaren Freiflächenanlagen vermindert (die andere Hälfte wurde für die Aufstellung auf Dauergrünland vorgesehen). Der Anteil der Energiepflanzenanbaufläche an der Landwirtschaftsfläche geht somit von 12,9 Prozent auf 10,9 Prozent leicht zurück [S.1.16 - S.1.19]. Dieser Ansatz liegt zwischen den Extrempositionen von einerseits der BMUB-Leitstudie mit 22,5 Prozent Flächenanteil für Anbau energetisch genutzter nachwachsender Rohstoffe an der Landwirtschaftsfläche (BMUB 2012) und andererseits der UBA-Studie mit einem völligen Verzicht (UBA 2014).

Biogas: Nahezu die gesamte Energiepflanzenanbaufläche ist für Biogasgewinnung vorgesehen [S.1.16], da auf diese Weise die höchsten Erträge von der Fläche zu erzielen sind. Um einer schonenden, über lange Sicht aufrecht zu erhaltenen wirtschaftsweisen Rechnung zu tragen, wird von 80 Prozent des gegenwärtigen Energieertrages ausgegangen [S.2.99]. Dazu zählt die Abkehr von Mais-Monokulturen zugunsten eines Mixes bodenschonender Kulturen und die Ausweitung des ökologischen Landbaues gemäß (UBA 2014). Dafür erlaubt die Nutzung des Potenzials für Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen (Airbus 2014) eine Verdoppelung der heutigen Biogasproduktion [S.2.102].

Biodiesel: Der Status Quo auf niedrigem Niveau wird beibehalten [S.2.124 ff.], auf eine Ausweitung wird angesichts der vergleichsweise geringen Flächenerträge zugunsten von Energiepflanzen für Biogas verzichtet.

Bioethanol: Energiepflanzenanbau zu diesem Zweck ist nicht mehr vorgesehen [S.2.139ff.], da die Energieerträge zur Erzeugung von Kraftstoff pro Hektar Anbaufläche lediglich bei rund einem Drittel von Kraftstoffen aus Biogas liegen und der Herstellungsprozess für Bioethanol eine schlechte Energiebilanz im Vergleich zu anderen derzeitigen Verfahren aufweist (FNR 2009).

Festbrennstoffe von der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Kurzumtriebsplantagen, Miscanthus): In diesem Bereich wird auf eine Ausweitung zugunsten von Energiepflanzen für Biogas mit ähnlichen Energieerträgen aber besserer Verwertbarkeit verzichtet [S.2.56].

5.3.4 Umgebungswärme

Mit 12,6 Prozent Deckungsanteil trägt die dem oberflächennahen Erdreich und der Luft entnommene und mit Wärmepumpen nutzbar gemachte Umgebungswärme den überwiegenden Teil der Raumwärme- und Warmwasserversorgung.

Die durch Erdkollektoren und Erdsonden beanspruchten Wärme-Entzugsflächen im Erdreich machen lediglich 2,1 Prozent der Gebäude- und Freiflächen (Siedlungsflächen) [S.2.163] aus. Vor dem Hintergrund eines erschließbaren Potenzials von 13 Prozent (Kaltschmitt 2006) erscheint dieser Wert unkritisch. Luft-Wärmepumpen nutzen die Umgebungsluft und sind daher nicht auf festgelegte Entzugsflächen begrenzt.

Die luftgekoppelten Wärmepumpen haben hier einen dominierenden Anteil von 66 Prozent an der Nutzwärme aller Wärmepumpen [S.2.152; S.2.158]. Neben dem Vorteil relativ niedriger Anlagenkosten sind damit auch Nachteile verbunden: Durch die niedrigere Jahresarbeitszahl sind eine höhere Stromaufnahme und damit höhere Betriebskosten verbunden. Das Stromnetz muss für die Spitzenlast bei niedrigen Außenlufttemperaturen ausgelegt werden. Dieser Effekt kann sich bei verdichtetem Einsatz von luftgekoppelten Wärmepumpen durch Bildung von ‚Kälteseen‘ bei windstillen Kaltwetterlagen noch verstärken.

Daher wurde eine Variante mit hohem Anteil erdgekoppelter Wärmepumpen untersucht, in der nur ein Rest von 20 Prozent der Nutzwärme aus luftgekoppelten Wärmepumpen stammt (Kapitel 7.2.2). Auch in diesem Fall lägen die beanspruchten Wärme-Entzugsflächen im Erdreich mit 5,1 Prozent der Gebäude- und Freiflächen noch weit unter dem erschließbaren Potenzial. Um bei Anwendung mit derart hoher Flächendichte den Wärmeentzug in der kalten Jahreszeit auszugleichen und möglichst hohe Jahresarbeitszahlen zu erreichen, ist in der warmen Jahreszeit eine Regeneration des Erdreichs durch Solarthermie vorgesehen. Die dafür erforderliche Dachfläche steht damit nicht mehr für Photovoltaik zur Verfügung. Die dadurch entfallene Stromerzeugung wird durch die verringerte Stromaufnahme der Wärmepumpen nicht vollständig ausgeglichen. Zur Kompensation wäre eine leichte Erhöhung der Onshore-Windfläche von 2,09 Prozent auf 2,14 Prozent der Bodenfläche erforderlich.

5.3.5 Tiefengeothermie

Die wegen des höheren Temperaturniveaus direkt nutzbare Tiefen-Geothermie ist in Form von Strom mit einem Deckungsanteil von 1,3 Prozent vorgesehen. Die damit verbundene elektrische Netzananschlussleistung beträgt 500 MW [S.2.166ff.].

Das tiefengeothermische Potenzial des kristallinen Gesteins im Norddeutschen Becken in den Grenzen von Niedersachsen [S.2.174] ist so groß, dass sich die mit der Nutzung verbundene Wärmeentnahme theoretisch über 14.000 Jahre aufrecht erhalten ließe [S.2.175] und somit kann sie als quasi erneuerbar gelten. Die wenigen technisch einfacher erschließbaren Aquifere weisen demgegenüber lediglich ein theoretisches Potenzial mit einer Nutzungsdauer von 148 Jahren auf [S.2.171f].

5.3.6 Wasserkraft

Der Anteil der Wasserkraft an der Energieversorgung in Niedersachsen ist marginal, denn das technische Potenzial ist bereits zum überwiegenden Teil ausgeschöpft. Der Status Quo wurde beibehalten [S.2.46] und daraus resultiert ein Deckungsbeitrag von 0,1 Prozent.

5.4 Substitution fossiler Brennstoffe

Der Primärenergieverbrauch Niedersachsens wird derzeit zu 96 Prozent durch Brennstoffe gedeckt (vgl. Abbildung 21). Das Potenzial an biogenen Brennstoffen ist dabei eng begrenzt: Im Jahr 2050 können mit den hier getroffenen Zielansätzen lediglich 8 Prozent des heutigen Primärenergieverbrauchs aus diesen Quellen gedeckt werden.

Von einem Import biogener Brennstoffe wurde im Szenario abgesehen, da die Potenziale auch global eng begrenzt sind und in Nutzungskonkurrenz vor allem mit der Nahrungsmittelerzeugung stehen. Dieser Ansatz orientiert sich an dem Vorgehen in der Studie des Umweltbundesamtes (UBA 2014).

Wie im Kapitel 2.3.4 dargestellt, ist der flächenbezogene Energieertrag der stromerzeugenden regenerativen Energiequellen wesentlich höher als der der brennstoffherzeugenden. Solar- und Windstrom werden deshalb zu den Hauptträgern der künftigen Energieversorgung und decken in diesem Szenario zwei Drittel des Endenergieverbrauchs ab, während die biogenen Brennstoffe einen Deckungsbeitrag von 19,4 Prozent leisten.

Dieses begrenzte Angebot an Bioenergie wird dabei für diejenigen Anwendungen reserviert, bei denen eine Substitution fossiler Brennstoffe am schwierigsten erscheint: als Kraftstoff für mobile Anwendungen [S.2.114; S.2.130], als prozessbedingtes Reduktionsmittel und als Energieträger zur Erzeugung von Wärme für schwer elektrifizierbare Hochtemperaturprozesse [S.2.63; S.2.73; S.2.105].

Aus Abbildung 18 ist ersichtlich, dass die Anteile fossiler Brennstoffe am Primärenergieverbrauch kontinuierlich abnehmen. Im Jahr 2050 verbleibt nur noch ein kleiner Teil biogener Brennstoffe, während der Rest des Bedarfs dann durch den direkten Einsatz von Strom und Wärme zur Verfügung gestellt wird. Im vorliegenden Szenario wird dies folgendermaßen umgesetzt:

- Verzicht auf Biomasseverstromung,
- Einsatz elektrischer Wärmepumpen,
- Umstellung auf elektrische Prozesswärme,
- Umstellung auf Elektrotraktion.

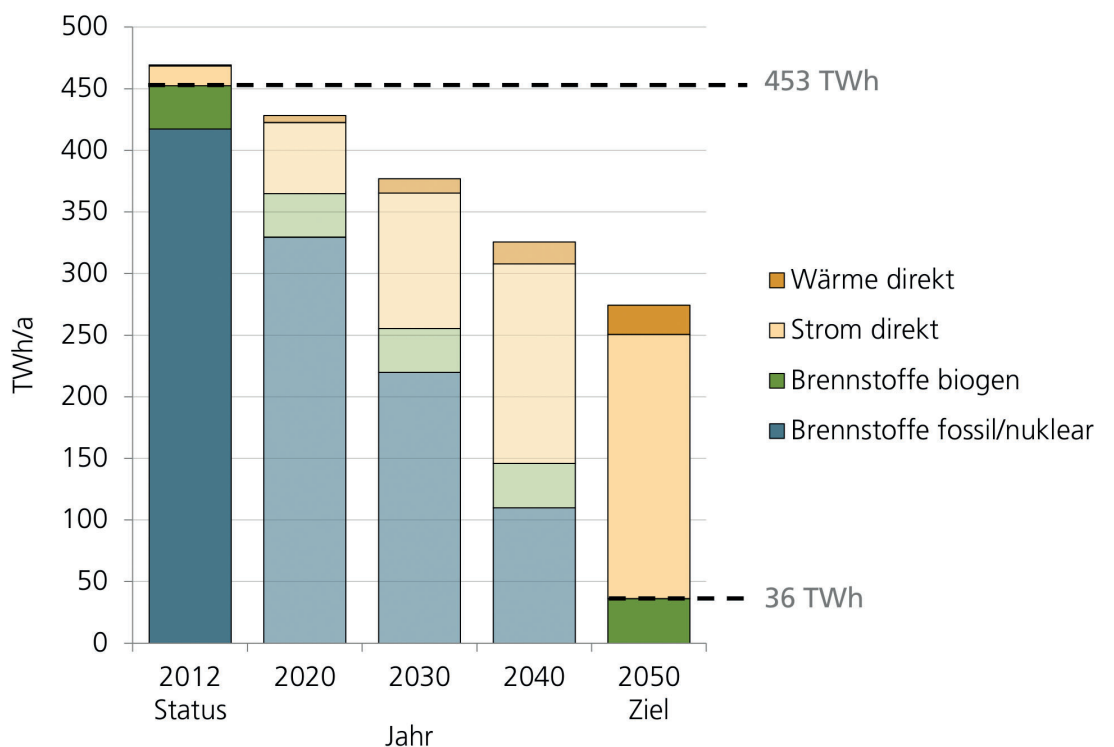


Abbildung 18: Änderungen des Brennstoffanteils am Primärenergieverbrauch Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.7]).

5.4.1 Verzicht auf Biomasseverstromung

Bis auf einen geringen Beitrag aus der Vergärung bzw. Verbrennung fester Bioabfälle [S.2.94] wird auf die heute verbreitete Verstromung von Holz und Biogas verzichtet [S.2.85; S.2.110]. Das Potenzial der biogenen Brennstoffe reicht nicht aus, um das stark schwankende Wind- und Solarstromangebot durch die Bereitstellung von Regelenergie auszugleichen.

Selbst die Verwendung der gesamten für Prozesswärme vorgesehenen Mengen an Holz, Stroh und Biogas zur Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) würde die erforderliche Wasserstoffspeicherkapazität zur Langzeitstromspeicherung lediglich von 18,8 auf 14,7 TWh reduzieren (siehe Kapitel 7.4.2). Die gegenüber der direkten Verbrennung bei Prozesswärmeerzeugung größeren Wandlungsverluste der KWK-Anlagen inklusive Wärmeverteilung müssten zudem ausgeglichen werden, bspw. durch Ausweitung der Onshore-Windflächen. Kritischer ist zu bewerten, dass keine Brennstoffe für schwer elektrifizierbare Hochtemperaturprozesse mehr verfügbar wären.

5.4.2 Einsatz der elektrischen Wärmepumpe

Heute werden für die Erzeugung von Raumwärme und für die Warmwasserbereitung zu weit über 90 Prozent Brennstoffe eingesetzt. Dieser Anteil kann jedoch auf nahezu Null reduziert werden. Der nach energetischer Sanierung verbleibende Bedarf an Gebäudewärme wird in diesem Szenario im Wesentlichen mit Hilfe von elektrischen Wärmepumpen durch Umgebungswärme aus dem oberflächennahen Erdreich sowie der Umgebungsluft gedeckt [S.2.152, S.2.158]. Unter Aufwendung einer elektrischen Energiemenge von 1 kWh können künftig auf diese Weise zwischen 3,8 und 4,4 kWh Nutzwärme bereitgestellt werden [S.2.151 - S.2.157].

Durch einen hohen Anteil erdgekoppelter Wärmepumpensysteme und Einbindung von Solarthermie ließe sich der Verbrauch elektrischer Antriebsenergie noch weiter reduzieren (siehe Kapitel 7.2.2).

5.4.3 Umstellung auf elektrische Prozesswärme

Heute wird Prozesswärme in der Industrie im Wesentlichen durch die Verbrennung von Erdgas bereitgestellt, in der Grundstoffindustrie kommen auch Kohle und schweres Heizöl zum Einsatz. In einem 100 Prozent erneuerbare Energien-Szenario, in dem regenerativ erzeugter Strom den Hauptenergieträger darstellt, ist es wirtschaftlicher, Prozesswärme durch Widerstandsheizungen bereitzustellen, als die verlustreiche Wandlung von Strom über eine Wasserelektrolyse zu Brennstoffen zu nutzen. Eine Ausnahme hiervon bilden Strommangel-Situationen, in denen die direkte Verfeuerung des erzeugten Wasserstoffs (oder gegebenenfalls daraus synthetisch erzeugter Kohlenwasserstoffe) energetisch günstiger ist als eine Rückverstromung. Für diesen Fall wären allerdings bivalent beheizte Industrieöfen erforderlich, jedoch wurde dieser Wandlungspfad im vorliegenden Szenario nicht betrachtet. Die Prozesswärme wird hier zu 56 Prozent elektrisch erzeugt [S.4.118; S.4.113].

Die Annahme, dass der Brennstoffanteil von 44 Prozent für die auf Brennstoffe angewiesenen Industrieprozesse ausreicht, wäre in vertiefenden Untersuchungen zu verifizieren. Ob ein noch geringerer Brennstoffanteil, etwa 37 Prozent bei Entfall der energetischen Strohnutzung (siehe Kapitel 7.4.1), noch ausreichen würde, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Bei einem völligen Verzicht auf biogene Brennstoffe z.B. zugunsten der Verstromung wäre ein Ersatz notwendig (siehe Kapitel 7.4.2). Bei einer Bereitstellung von Wasserstoff aus Wind- und Solarstrom wären die entstehenden Wandlungsverluste durch eine weiter erhöhte Energieerzeugung auszugleichen.

5.4.4 Umstellung auf Elektrotraktion

Heute wird die Verkehrsleistung größtenteils durch mit Verbrennungsmotoren betriebene Fahrzeuge erbracht. Aufgrund der begrenzten Potenziale für den Anbau von biogenen Brennstoffen und der mit hohen Verlusten verbundenen Erzeugung synthetischer Kraftstoffe aus Strom wird der mobile Sektor in diesem Szenario zu 88 Prozent auf Elektrotraktion umgestellt [S.4.128, S.4.141]. Auf diese Weise werden sinnvolle Effizienzpotenziale erschlossen, denn bei der Elektrotraktion stehen etwa 70 Prozent (batteriebetriebene Fahrzeuge mit Ladung direkt aus dem Stromnetz oder über Induktionsschleifen) bis annähernd 90 Prozent (über Oberleitung versorgte Fahrzeuge) der eingesetzten Endenergie als Antriebsenergie zur Verfügung. Dagegen liegen die Wirkungsgrade von Verbrennungsmotoren in den genormten Verbrauchstests zwischen 21 und 30 Prozent (Eichseder 2012).

Der getroffene Ansatz erfolgte in Anlehnung an die in (IWES 2014) getroffenen Annahmen. Dieser weicht dagegen von der Vorgehensweise in (UBA 2014) ab, wonach bei einer weitgehenden Fortschreibung des kraftstoffbasierten Verkehrs in großem Umfang synthetisch erzeugter Flüssigbrennstoff aus dem Ausland importiert werden müsste.

Die Zielerreichung von 88 Prozent Elektrotraktionsanteil bis 2050 stellt hohe Anforderungen an die Transformation des Energiesystems dar. Untersucht wurde deshalb auch der Fall von lediglich 50 Prozent Elektrotraktionsanteil bis 2050. Der Elektrolyse-Strombedarf für die zusätzlich erforderliche Kraftstoffbereitstellung würde die Stromeinsparung bei der Elektrotraktion erheblich überwiegen. Der Ausgleich könnte zum Beispiel durch eine starke Ausweitung der Onshore-Windflächen von 2,1 auf 4,0 Prozent der Bodenfläche erfolgen (siehe Kapitel 7.1.1)

Wasserstoffgespeiste Elektrofahrzeuge sind gegenüber reinen Elektrofahrzeugen bezüglich längerer Reichweiten und kürzerer Tankzeiten im Vorteil. Allerdings müssten die zusätzlichen Verluste von Wasserelektrolyse und Brennstoffzelle ausgeglichen werden, beispielsweise durch eine Ausweitung der Onshore-Windflächen von 2,1 auf 3,5 Prozent der Bodenfläche (siehe Kapitel 7.1.2).

5.5 Wasserelektrolyse und Synthese von Treibstoffen

Die im Szenario angenommene Menge an biogenen Brennstoffen ist nicht ausreichend, um den Bedarf des Verkehrs, insbesondere des Flugverkehrs, zu decken. Die darüber hinaus erforderliche Brennstoffmenge muss deshalb synthetisch erzeugt werden. Über den Ersatz der fossilen Energieträger hinaus sind außerdem auch diejenigen Erdöl-, Erdgas- und Kohlemengen zu substituieren, die heute als Grundstoff in der Petrochemie zur Erzeugung von Kunststoffen verwendet werden. Schließlich ist die Langzeitspeicherung von Strom zum Ausgleich der Angebotsschwankungen durch Solar- und Windstrom nur stofflich in Form von Gasen möglich.

In allen drei Fällen ist vorgesehen, zunächst Wasserstoff aus der mit Strom betriebenen Wasserelektrolyse zu erzeugen. Dabei werden 55 TWh Strom jährlich zur Wasserstofferzeugung für Kraftstoffe und Grundstoffe vorgesehen [S.2.189] sowie 44 TWh jährlich zur Stromspeicherung eingesetzt [S.2.204]. Diese Energiewandlung ist allerdings mit erheblichen Verlusten verbunden: Es wird ein künftig erreichbarer Jahresnutzungsgrad von 65 Prozent angenommen (BMUB 2012).

5.5.1 Kraftstoffe

Es wird eine Wasserstoffmenge von 13,4 TWh jährlich (37,5 Prozent [S.2.195] der Wasserstofferzeugung von 35,8 TWh [S.2.191]) für die Erzeugung von Kerosin und Diesel (Nutzungsgrad von 63 Prozent (FVV 2013) [S.2.196]) vorgesehen, um hauptsächlich den Bedarf an Flüssigkraftstoffen im Flugverkehr zu decken [S.4.156].

5.5.2 Grundstoffe für stoffliche Verwendung

Eine Menge von 22,3 TWh Wasserstoff pro Jahr (62,5 Prozent [S.2.199] der Wasserstofferzeugung von 35,8 TWh [S.2.191]) ist für die Synthese von Methan für die stoffliche Verwendung [S.2.199 - S.2.201] vorgesehen, um einen auf etwa die Hälfte gegenüber heute gesenkten Bedarf an Grundstoffen [S.7.21] von 17,9 TWh [S.2.201] abdecken zu können. Synthetisch erzeugte Grundstoffe sollen im Zielszenario 2050 die heute verwendeten fossilen Kohlenwasserstoffe vollständig abgelöst haben. Diese Substitution setzt bei vielen Industrieprozessen eine grundlegende Änderung voraus, wie zum Beispiel die Direktreduktion durch Wasserstoff bei der Eisenerzeugung oder die Ammoniaksynthese mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff.

5.5.3 Stromspeicherung durch Wasserstoff

Mit steigenden Anteilen von Wind- und Solarstrom werden Stromspeicher erforderlich, die in Phasen mit Stromüberschuss entsprechende Energiemengen aufnehmen können, um sie in Phasen mit niedrigem Stromangebot wieder zur Verfügung zu stellen. Neben dem Ausgleich kurzzeitiger Schwankungen im Sekunden-, Minuten- und Stundenbereich wird eine Langzeitspeicherung über Tage, Wochen und Monate hinweg erforderlich.

Zur Bereitstellung der großen dafür erforderlichen Speicherkapazitäten kommt aus heutiger Sicht in Deutschland nur die stoffliche Speicherung in Form von Gas in Frage. Dazu wird überschüssiger Strom durch die Wasserelektrolyse in Wasserstoff gewandelt, unter Druck z.B. in unterirdischen Kavernen und möglicherweise auch in Porenspeichern gelagert (in gleicher Weise wie heute Erdgas und Erdöl) sowie abschließend in Mangelphasen in geeigneter Weise rückverstromt.

Diese stoffliche Speicherung von Strom ist vor allem durch die Elektrolyse von Wasser und die Rückverstromung mit hohen Wandlungsverlusten verbunden, welche durch eine entsprechend erhöhte Wind- und Solarstromerzeugung ausgeglichen werden müssen. Im Interesse einer Minimierung der Wandlungsverluste wird hier auf eine zusätzliche Methanisierung des Wasserstoffs verzichtet und dafür ein aufgrund der unterschiedlichen Energiedichten deutlich größeres Speichervolumen in Kauf genommen.

Zur Ermittlung des Speicherbedarfs und insbesondere der erforderlichen elektrischen Mehrproduktion zur Deckung der Speicherverluste wurden mit den auf Niedersachsen skalierten Jahreserzeugungsdaten aller Wind- und Solarkraftwerke Deutschlands aus dem Jahr 2012 sowie der Lastkurve Deutschlands aus demselben Jahr quasistationäre Simulationsrechnungen durchgeführt, bei denen Tagesscheiben betrachtet werden [WS.1; WS.2].

Der Überschuss oder Mangel innerhalb eines Tages wird im 100 Prozent-Erneuerbare-Energien-System durch Kurzzeitspeicher überbrückt, die einen besseren Wirkungsgrad aufweisen als die Langzeitspeicher (z.B. 78 Prozent bei Pumpspeicherkraftwerken (BEE 2013)). Die Energieverluste durch die Ein- und Ausspeichervorgänge an Kurzzeitspeichern wurden pauschal zu 10 Prozent der Bruttostromerzeugung abgeschätzt.

Aus den Phasen mit Stromüberschuss bzw. Unterdeckung ergibt sich die Entwicklung des Langzeitspeicherfüllstandes im Jahresverlauf und die mindestens notwendige Speichergröße (siehe Abbildung 19). Diese liegt im vorliegenden Szenario bei etwa 53 Tagesladungen. Das bedeutet, dass es theoretisch möglich wäre, das Energiesystem 53 Tage lang ausschließlich aus den Speichern zu versorgen. Der Absolutwert der mindestens notwendigen Wasserstoff-Speicherkapazität beträgt 18,8 TWh [S.2.211].

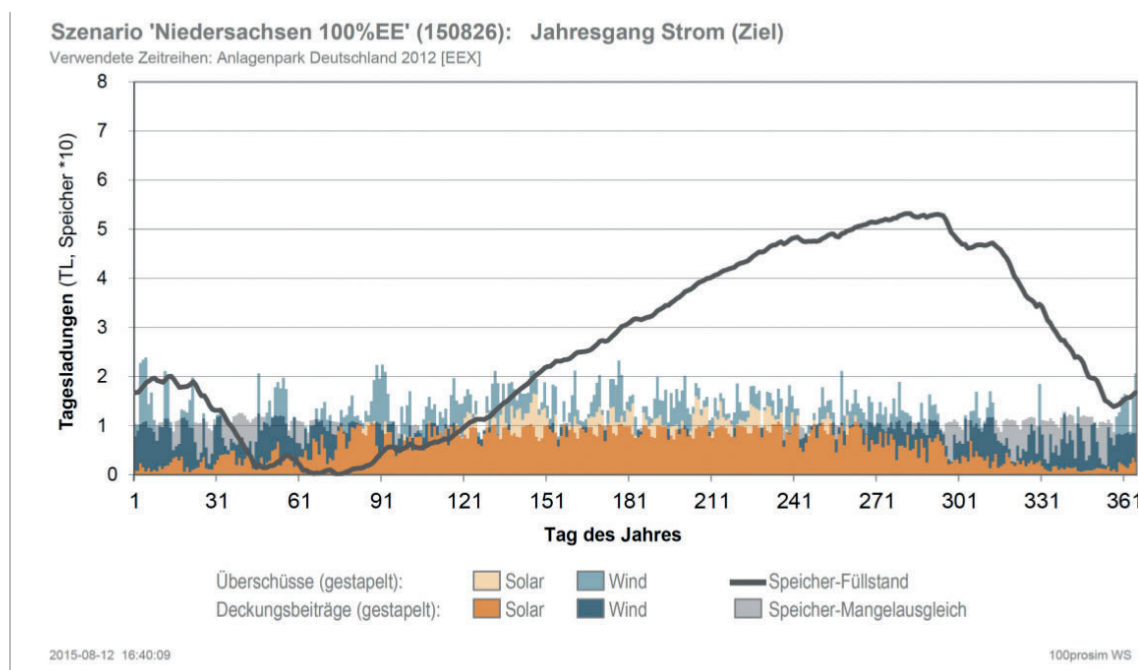


Abbildung 19: Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ - Jahresgang von Solar- und Windstromerzeugung, Stromverbrauch und Speicherfüllstand im Jahr 2050. TL: Tagesladung.

5.5.4 Deckung des Langzeit-Speicherbedarfs durch die Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen

Die im Jahr 2050 erforderliche Speicherkapazität von 18,8 TWh entspricht einer Menge an Wasserstoff von 6,267 Gm_n³ Wasserstoff⁴, der hauptsächlich in untertägigen Salzkavernen gelagert werden kann (Crotogino 2010).

In Anlehnung an (IZ 2014) wird eine Speicherkapazität der 72 vorhandenen niedersächsischen Kavernen (Stand 31.12.2012, (LBEG 2013)) mit einem geschätzten geometrischen Volumen von je 500.000 m³ (Crotogino 2010) von maximal 12 TWh ermittelt. Es ist dabei allerdings zu berücksichtigen, dass die bestehenden Kavernen eventuell kleiner oder nur teilweise für die Speicherung von Wasserstoff geeignet sein können (Donadei 2015). Somit kann die bestehende Speicherkapazität derzeit nur zu 4-12 TWh abgeschätzt werden. Für die im Szenario erforderliche Speicherkapazität von 18,8 TWh ist also eine Erhöhung des vorhandenen Speichervolumens erforderlich. Dies gilt insbesondere, falls weiterhin ein Großteil (derzeit 40 Prozent (LBEG 2013)) der deutschen Kavernen in Niedersachsen angesiedelt sein soll. Somit müssten insgesamt ca. 60 TWh Wasserstoff in Niedersachsen gespeichert werden. Dies ist angesichts eines Potenzials von über 350 TWh nicht technisch limitiert (IZ 2014; Donadei 2015).

5.6 Ergebnisübersicht

Die künftig sektorenübergreifende und vor allem strombasierte Energieversorgung durch erneuerbare Energien löst die bisherige Differenzierung nach Kraftstoff, Wärme und Elektrizität in den einzelnen Bereichen ab. Damit wird eine grundlegende Umstellung des Energiesystems erforderlich. Zur Unterstützung dieser Entwicklung sind technische, ökonomische und regulatorische Maßnahmen notwendig (SRU 2013). Im Fokus dieses neuen Energieversorgungssystems werden vor allem die Windenergie- und Photovoltaikanlagen stehen. Nach Abbildung 14 werden diese einen Anteil von 66 Prozent zur Deckung des Endenergieverbrauchs beitragen. Damit der beschriebene Wandel des Energiesystems stattfinden kann, sind Netzausbau und Schaffung von Speichermöglichkeiten unerlässlich.

Mit den erläuterten Ansätzen für dieses Szenario wird eine vollständige Ablösung der fossilen und nuklearen Brennstoffe im Endenergieverbrauch und damit eine Abdeckung zu 100 Prozent durch erneuerbare Energien erreicht. Dies ist durch eine Senkung des heutigen Endenergieverbrauchs um 47 Prozent und durch eine erhebliche Steigerung des Anteils der Erneuerbaren Energien möglich (siehe Abbildung 20).

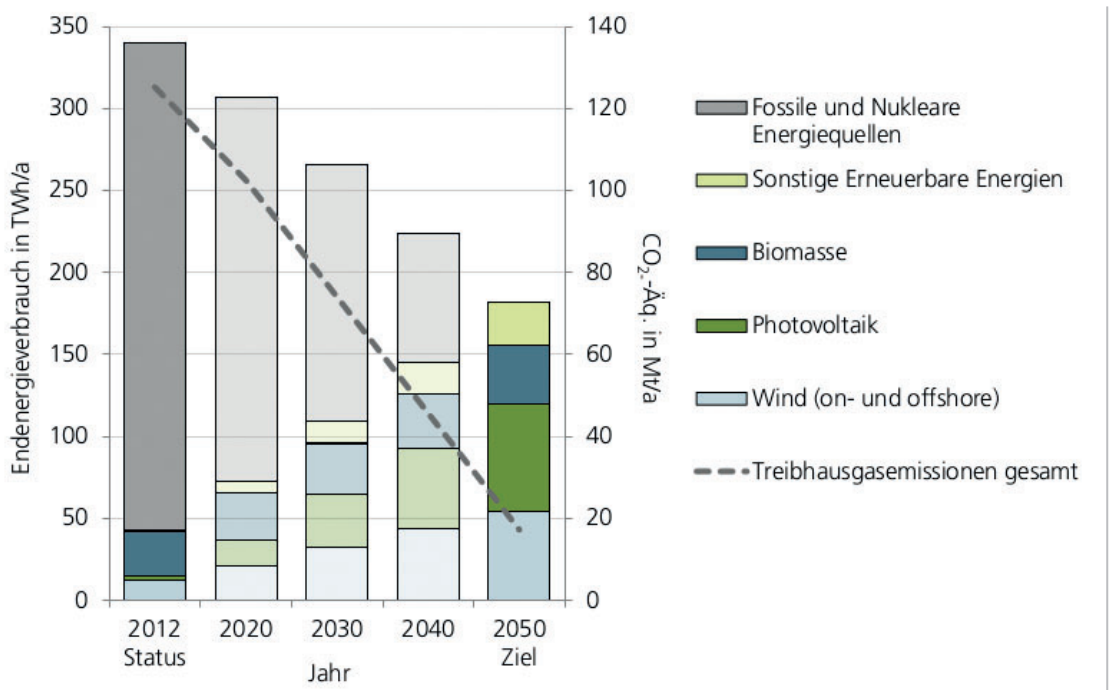


Abbildung 20: Zeitlicher Verlauf des Endenergieverbrauchs, aufgeteilt nach Energiequellen. Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.8]).

⁴ Der Index „n“ kennzeichnet Gasvolumina im Normzustand; Gm_n³ = Giganormkubikmeter

Deutlich wird der Übergang zu einer „Stromgesellschaft“ daran, dass der Stromanteil am Endenergieverbrauch von 20 auf 60 Prozent steigt. In Abbildung 21 zeigt sich dies im stark wachsenden Anteil von Wind- und Solarstrom am Primärenergieverbrauch.

Die energetisch bedingten Treibhausgasemissionen Niedersachsens von derzeit 105 Mio. t CO₂-Äq./a werden somit bis zum Jahr 2050 auf null gesenkt [S.6.93]. Einschließlich der nichtenergetischen Emissionen im Jahr 2012 (vgl. Anhang C, Tabelle 9) ergibt sich eine Reduktion von 125 auf 17 Mio. t CO₂-Äq./a (siehe Abbildung 20) ausschließlich nichtenergetischer Restemissionen in 2050 (siehe Anhang C, Abbildung 1).

Die Verbrennung von fossilen Primärenergieträgern und die Nutzung nuklearer Ressourcen, in 2012 sind es noch 417 TWh, werden im Jahr 2050 obsolet sein. Mit Ausnahme eines kleinen Anteils für Biobrennstoffe entfallen die laufenden Brennstoffkosten. In (IWES 2014) wird durch diesen Effekt für spätestens 2031 ein positiver Deckungsbeitrag errechnet.

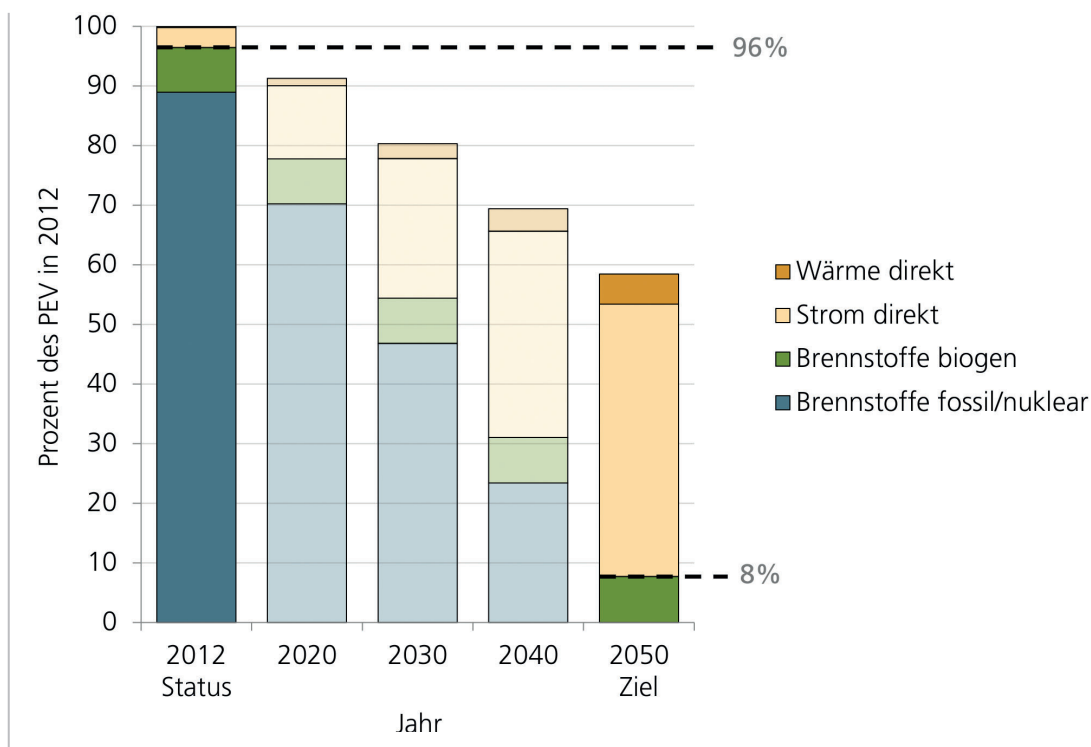


Abbildung 21: Änderungen des Anteils der Brennstoffe relativ zum Primärenergieverbrauch im Jahr 2012. Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.9]).

Mit den getroffenen Zielansätzen erfüllt das Szenario die Aufgabenstellung:

- Die Energieversorgung erfolgt zu 100 Prozent aus erneuerbaren und damit langfristig verfügbaren Energiequellen.
- Die Energieversorgung ist umweltverträglich und lässt sich damit über lange Zeit aufrechterhalten, da die Klimaschutzziele erfüllt werden und die Nutzung der natürlichen Energieströme im Rahmen der Belastbarkeit des niedersächsischen Naturhaushaltes erfolgt. Durch den Verzicht auf Energieimporte wird eine Verlagerung von Umweltbelastungen vermieden.
- Die Versorgungssicherheit ist auch im Zieljahr 2050 gewährleistet, wobei keine strategische regenerative Gasreserve (z.B. für extreme Witterungssituationen) eingerechnet wurde.

Der verminderte jährliche Energiebedarf wird vollständig durch erneuerbare Energien abgedeckt, für den Hauptenergieträger Strom ist auch der Schwankungsausgleich von Wind- und Solarstrom zu jedem Zeitpunkt des Jahres nachgewiesen. Durch die völlige Unabhängigkeit von Energieimporten werden die Risiken politisch bedingter Lieferengpässe überwunden.

Eine Versorgungssicherheit über das Zieljahr hinaus bei fortwährend steigendem Energiebedarf ist allerdings nicht mehr erreichbar, wenn die angenommene Belastungsgrenze für Bevölkerung und Umwelt nicht überschritten und nicht auf Importe zurückgegriffen werden soll. Angesichts der Tatsache, dass dies prinzipiell auch global gilt, wird die Ausrichtung des Energieverbrauchs an den begrenzten Möglichkeiten unvermeidlich sein.

6 Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“

Gemessen an einer vollständigen Dekarbonisierung der Energieversorgung stellt die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 Prozent gegenüber 1990 einen Zwischenschritt dar. In diesem Zwischenschritt sind energiebedingte Emissionen noch in begrenztem Umfang möglich, was eine beschränkte Nutzung fossiler Energieträger erlaubt.

Unter Berücksichtigung der wahrscheinlich nicht vermeidbaren nichtenergetischen Emissionen aus

- Industrieprozessen,
- Lösemitteln,
- Landwirtschaft sowie
- Abfall und Abwasser

von 17,2 Mio. t CO₂-Äq./a bei Anwendung des modifizierten Solidaransatzes, der die spezifischen niedersächsischen Bedingungen abbildet, verbleibt für das vorgegebene Zieljahr 2050 ein Kontingent an noch zulässigen energetischen Emissionen von 16,1 Mio. t CO₂-Äq./a (Anhang C, Seite 17f.).

Die Emissionen aus dem Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forst (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) werden hier nicht bilanziert. Es existieren derzeit im wissenschaftlichen Diskurs noch methodische Unsicherheiten bei der Zuordnung von Emissionsquellen und Emissionssinken. Daher wird in der internationalen Berichterstattung der CO₂-Anteil aus LULUCF bisher nicht berücksichtigt. Die ausführliche Herleitung der noch zulässigen energetischen Emissionen ist dem Anhang C zu entnehmen.

6.1 Übergeordnete Rahmenbedingungen

Die Annahmen aus dem 100 Prozent EE-Szenario gelten teilweise auch für das -80 Prozent THG-Szenario. So lassen sich die Annahmen und Schlussfolgerungen aus dem Kapitel 5.1 hinsichtlich des Solidarprinzips, Entwicklungen im Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Energiedienstleistungsbereich vollständig übertragen. Die folgenden Verweise auf [S.x.xxx] beziehen sich jeweils auf Anhang E, soweit nicht anders angegeben.

6.2 Erschließung von Optionen zur Effizienzsteigerung

Auch Optionen zur Steigerung der Nutzungseffizienz können im gleichen Maß wie im 100 Prozent EE-Szenario ausgeschöpft werden. Wie in Abbildung 22 dargestellt, sind im Gebäudewärme- und KLIK-Bereich gleiche Endenergieverbrauchsreduktionen möglich. Dagegen werden in den Anwendungsbereichen Prozesswärme und Mobile Anwendungen geringere Effizienzsteigerungen verzeichnet. Grund hierfür ist die Nutzung verbleibender fossiler Energieträger.

Aufbauend auf dem Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ wird das Kontingent der noch zulässigen fossilen Energieträger für die im Folgenden beschriebenen Anwendungsfälle eingesetzt.

Dabei werden in erster Priorität fossile Brennstoffe als Grundstoffe zur stofflichen Verwendung und als Kraftstoffe eingesetzt. In zweiter Priorität wird Prozesswärme aus fossilen Energieträgern bereitgestellt, um eine technisch anspruchsvolle Umstellung vorhandener Prozesse hinauszuzögern. Die verbleibenden Treibhausgasemissionen des zur Verfügung stehenden Kontingents werden zur Erzeugung von Strom durch Erdgaskraftwerke genutzt.

6.2.1 Grundstoffe für stoffliche Verwendung

Solange noch fossile Brennstoffe zum Einsatz kommen, wäre die unter 100 Prozent EE-Bedingungen erforderliche Synthese von Grundstoffen für die Petrochemie nicht sinnvoll. Folglich ist die Wasserstoffherzeugung aus Strom im -80 Prozent THG-Szenario hierfür auf null gesetzt [S.2.189]. Zur Vermeidung der Umwandlungsverluste bei der Herstellung von Grundstoffen über die Prozesskette Elektrolyse unter Einsatz von (regenerativer) elektrischer Energie und Synthese, beispielsweise von Methan, werden diese Grundstoffe im -80 Prozent THG-Szenario zunächst noch aus fossilen Energieträgern bereitgestellt. Die im -80 Prozent THG-Szenario einzusetzende Erdölmenge entspricht dem Energiegehalt des im 100 Prozent EE-Szenario für stoffliche Verwendung synthetisierten und damit klimaneutralen Methans von 17.875 GWh (vgl. Anhang D, [S.2.201]). Nach Ablauf der stofflichen Nutzungsdauer dieser Erdölmenge werden Treibhausgasemissionen in Höhe von 4,701 Mio. t CO₂-Äq./a verursacht. (Emissionsfaktor 263 t/GWh). Somit verbleiben vom Kontingent der 16,139 Mio. t CO₂-Äq./a energetisch noch zulässigen THG-Emissionen 11,438 Mio. t CO₂-Äq./a für andere Verwendungen.

6.2.2 Mobile Anwendungen

Auch die Synthetisierung von Kraftstoffen ist nicht sinnvoll, solange noch fossile Brennstoffe zum Einsatz kommen. Zur Vermeidung von Wandlungsverlusten bei der Herstellung von synthetischen Kraftstoffen werden Kraftstoffe vorerst noch aus fossilen Energieträgern erzeugt. Der im 100 Prozent EE-Szenario durch synthetische Kraftstoffe zu deckende Bedarf von 8.446 GWh/a (Anhang D, [S.2.197]) wird im „Niedersachsen -80 Prozent THG“ Szenario noch aus Erdöl bereitgestellt, die Wasserstoffherzeugung aus Strom ist auf null gesetzt [S.2.189]. Somit werden für den schwer zu elektrifizierenden Schiffs- und Flugverkehr zunächst keine synthetischen Kraftstoffe benötigt.

Darüber hinaus wird ein kleinerer Teil des noch zulässigen energetischen THG-Kontingents darauf verwendet, mit dem Anteil Elektrotraktion im Personen- [S.4.128] und im Güterverkehr [S.4.141] von 85 Prozent vorläufig noch nicht ganz den Endausbaustand von 88 Prozent im 100 Prozent EE-Szenario erreichen zu müssen.

Von dem noch zulässigen energetischen THG-Kontingent werden für Kraftstoffe auf diese Weise 3,039 Mio. t CO₂-Äq./a beansprucht (ermittelt aus [S.5.57 – 58; S.6.89 - 90]).

6.2.3 Prozesswärme

Mit 4,910 Mio. t CO₂-Äq./a wird der größte Teil des noch zulässigen energetischen THG-Kontingents (ermittelt aus [S.5.57; S.6.90]) genutzt, um die im 100 Prozent EE-Szenario erforderliche Umstellung eines Großteils der industriellen Prozesse auf elektrische Prozesswärme hinauszuzögern. Dem liegt die Einschätzung zugrunde, dass diese Umstellung im Vergleich zu denen in anderen Anwendungsbereichen, wie zum Beispiel der Gebäudewärme, technisch besonders anspruchsvoll sein wird. Der Anteil Brennstoffe wurde so angesetzt [S.4.108], dass der Stromanteil [S.4.117] unverändert bleiben kann. Damit wird im Zieljahr 2050 zunächst noch 41 Prozent der Prozesswärme [S.5.64] durch 23,3 TWh/a den Einsatz fossiler Brennstoffe gedeckt [S.5.56].

6.2.4 Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern

Der übrige Teil der noch zulässigen energetischen Treibhausgasemissionen von 3,482 Mio. t CO₂-Äq./a ist für den Betrieb von Erdgaskraftwerken vorgesehen (ermittelt aus [S.6.20; S.6.90]), wodurch gegenüber dem Endausbau (100 Prozent EE-Szenario) noch Elektrolyseverluste vermieden werden können und weniger Kapazitäten für Strom-Langzeitspeicherung [S.2.211] erforderlich sind. Dabei werden 6,4 TWh/a Erdgas eingesetzt [WS.1]. Bezogen auf eine Bruttostromerzeugung von 104,6 TWh/a [WS.1.G] stellen fossile Energien damit einen Anteil von noch rund 6 Prozent. Die teilweise mit großen Anstrengungen zu erreichenden letzten Prozentpunkte beim Übergang zu einer vollständig erneuerbaren Energieversorgung können damit vorerst noch zurückgestellt werden. Dabei wird die Fähigkeit der Gaskraftwerke zu schnellen Laständerungen für die Erbringung von Regelernergie genutzt.

6.3 Gegenüberstellung der Szenarienergebnisse

Die Unterschiede zwischen dem 100 Prozent EE-Szenario und diesem -80 Prozent THG-Szenario sind zusammengefasst den folgenden Abbildungen zu entnehmen.

Die größten Änderungen im Endenergieverbrauch des -80 Prozent THG-Szenarios ergeben sich im Bereich der Prozesswärmeanwendungen durch die geringere Nutzungseffizienz der aus Brennstoffen bereitgestellten im Vergleich zur strombasierten Prozesswärme. Durch diese geringere Nutzungseffizienz liegt der Endenergieverbrauch im -80 Prozent THG-Szenario im Jahr 2050 für diesen Anwendungsbereich noch um 6 Prozentpunkte höher gegenüber dem Ziel im 100 Prozent EE-Szenario. Entsprechend höher ist der gesamte Endenergieverbrauch (vgl. Abbildung 22).

Aus Abbildung 23 und Tabelle 5 wird weiterhin ersichtlich, dass die im -80 Prozent THG-Szenario noch eingesetzten fossilen Energieträger gegenüber dem Endausbau im 100 Prozent EE-Szenario größtenteils zu einem reduzierten Anteil von Photovoltaik (speziell Freiflächenphotovoltaik) und anschließend einem reduzierten Anteil der Windenergie herangezogen werden.

Die mit Strom aus Laufwasserkraft und Tiefengeothermie gedeckten Endverbräuche differieren, obwohl die Bruttostromerzeugung in beiden Szenarien gleich ist. Der Grund dafür liegt in unterschiedlich hohen Verlusten der Langzeitstromspeicherung.

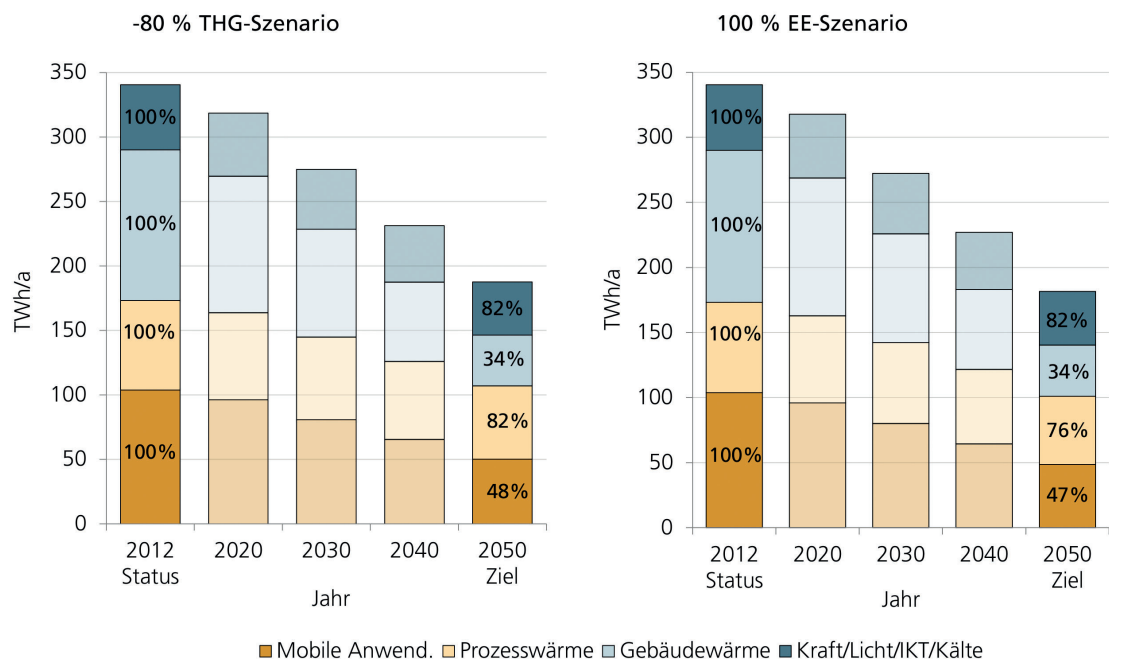


Abbildung 22: Gegenüberstellung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ und im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“, Stützjahre linear interpoliert.

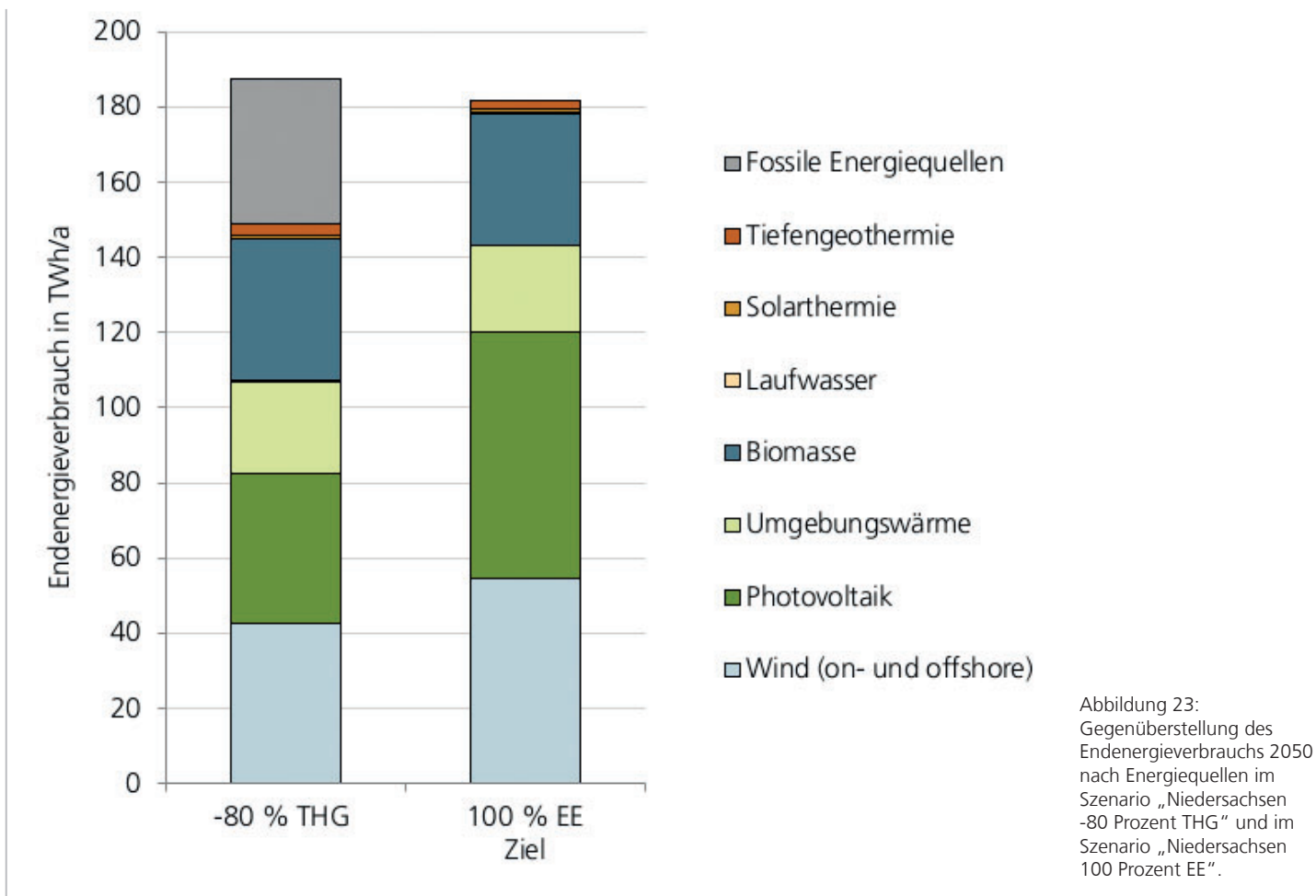


Abbildung 23: Gegenüberstellung des Endenergieverbrauchs 2050 nach Energiequellen im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ und im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“.

Tabelle 5: Energiemix der wesentlichen Energiequellen zur Deckung des Endenergieverbrauchs in TWh (Prozent) im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ und im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“.

	Wind on- und offshore (TWh (Prozent))	Photo-voltaik (TWh (Prozent))	Lauf-wasser (TWh (Prozent))	Um-gewungs-wärme (TWh (Prozent))	Solar-thermie (TWh (Prozent))	Tiefen-geo-thermie (TWh (Prozent))	Bio-masse (TWh (Prozent))	Fossile Energie-quellen (TWh (Prozent))
100 Prozent EE	54,5 (30,0)	65,7 (36,1)	0,1 (0,1)	23,0 (12,6)	0,8 (0,5)	2,4 (1,3)	35,3 (19,4)	0,0
-80 Prozent THG	42,9 (22,9)	39,5 (21,0)	0,2 (0,1)	24,8 (13,2)	0,8 (0,4)	3,2 (1,7)	37,8 (20,1)	38,5 (20,5)

Die wesentlichen resultierenden Einflüsse auf die Flächeninanspruchnahme zur Energieerzeugung, installierte Leistung und Kapazität zur Langzeitstromspeicherung werden in Tabelle 6 mit dem 100 Prozent EE-Szenario verglichen.

Für die Solarfreiflächen [S.1.13] ist demnach bis 2050 zunächst kein weiterer Ausbau vorgesehen, wodurch noch entsprechende Flächenanteile für Energiepflanzenanbau verfügbar bleiben. Die solaren Dachflächen werden jedoch nicht verändert [S.1.10], da in diesem Bereich Nutzungskonkurrenzen wenig ins Gewicht fallen.

Im Bereich der Windenergie werden die Onshore-Windparkflächen auf 1,4 Prozent [S.1.34] der Landesfläche (davon 1,0 Prozent für die Selbstversorgung Niedersachsens) festgelegt. Für Windenergieanlagen offshore wird im Vergleich zum Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ zunächst nur eine installierte Leistung von 25 GW statt 54 GW [S.2.35] für Deutschland insgesamt angesetzt. Davon werden 2,4 GW für die Selbstversorgung Niedersachsens sowie weitere 0,9 GW nach dem Solidarprinzip verwendet.

Tabelle 6: Flächenbeanspruchungen (Prozent), installierte Leistung (GW) und Langzeit-Stromspeicherkapazität (TWh) für das -80 Prozent THG-Szenario im Vergleich zum 100 Prozent EE-Szenario und dem Status in 2012.

		Status		-80 Prozent THG-Szenario			100 Prozent EE-Szenario	
		2012		Selbst- versorg.	Solidar		Selbst- versorg.	Solidar
Solardachflächen	Prozent von GF* GW	0,5 2,4	↗	5,1 41,2	1,9 15,7	→	5,1 41,2	1,9 15,7
Solarfreiflächen	Prozent von LF* GW	0,08 0,9	→	0,06 0,94	0,02 0,36	↗	3,3 51,2	1,2 19,5
Wind Onshore	Prozent von BF* GW	0,6 7,5	↗	1,0 13,0	0,4 5,0	↗	1,5 19,6	0,6 7,5
Wind Offshore**	Prozent von BF* GW	0,006 0,03	↗	0,4 2,4	0,1 0,9	↗	0,8 5,2	0,3 2,0
Stromspeicher- kapazität	TWh	0	↗	5,9	2,3	↗	13,6	5,2

*) GF: Gebäude- und Freifläche; LF: Landwirtschaftsfläche; BF: Bodenfläche Niedersachsen
 **) Onshore-Windparkflächen vermieden durch Offshore-Anteil der Solidargemeinschaft

Durch den Einsatz von Erdgaskraftwerken in Strommangelphasen ist der Bedarf an stofflicher Stromspeicherung in Form von Wasserstoff mit 8,2 TWh erheblich geringer als im 100 Prozent EE-Szenario (18,8 TWh). Grundsätzlich wäre es im -80 Prozent THG-Szenario zwar möglich, noch ganz ohne Langzeit-Stromspeicherung auszukommen. Allerdings könnte dann ein erheblicher Teil des Wind- und Solarstromangebots in Spitzenzeiten nicht genutzt werden und müsste abgeregelt werden. Daraus würde wiederum ein erheblicher Mehrbedarf an Windpark- und Solarflächen resultieren.

Die in Abbildung 24 dargestellte zeitliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs ist analog zum ursprünglichen Szenario linear über die Stützjahre interpoliert. Darüber hinaus sind die verbleibenden energetischen Treibhausgasemissionen im Szenario-Zieljahr 2050 mit ca. 16,1 Mio t CO₂-Äq./a zu entnehmen (Anhang C, Seite 13). Die rechts angefügte Säule stellt die Zielsituation einer späteren, vollständig dekarbonisierten Energieversorgung gemäß dem 100 Prozent EE-Szenario dar.

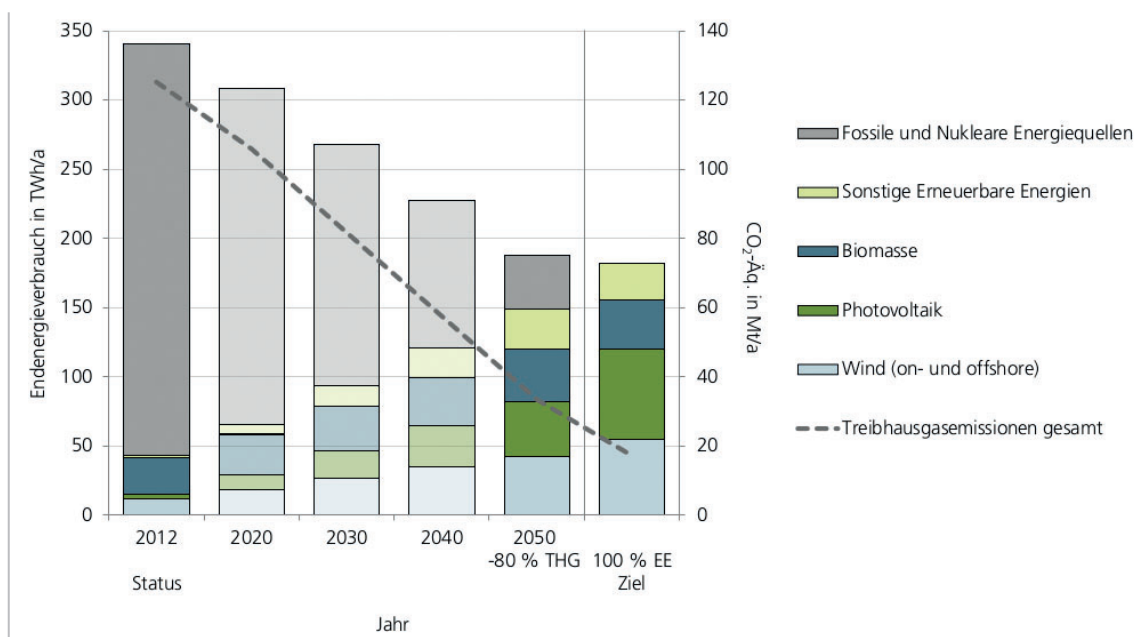


Abbildung 24: Zeitliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der gesamten Treibhausgasemissionen (energetisch und nichtenergetisch) im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ und Vergleich mit dem Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“, aufgeteilt nach Energiequellen, Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang E, [WT.10]).

7 Sensitivitätsanalysen auf Anregung des Runden Tisches

In den Grenzen der Potenziale und der künftigen technischen Möglichkeiten ist eine Vielzahl unterschiedlicher Lösungen für die Zielerreichung (zukunftsfähiges Energiesystem auf Basis von erneuerbaren Energien) vorstellbar. Die gesellschaftliche Gestaltungsaufgabe besteht darin, innerhalb dieses „Möglichkeitsraumes“ eine Lösung zu finden, mit der ein bestmöglicher Ausgleich der verschiedenen Interessen und Ansprüche (ökonomisch, sozial, ökologisch) zu erreichen ist.

Der „Runde Tisch Energiewende Niedersachsen“ dient dem Zweck, diesen Gestaltungsprozess voranzutreiben. Das vorliegende Gutachten greift den gegenwärtigen Erkenntnisstand auf und ist als Plattform für den weiteren Diskussionsprozess gedacht. Demzufolge kann während des laufenden Gestaltungsprozesses noch nicht „die bestmögliche Lösung“ präsentiert werden. Die beiden Szenarien basieren vielmehr auf einer Vielzahl von Ansätzen, die innerhalb des Gestaltungsspielraums nach Einschätzung der Gutachter zu treffen waren.

Die Stellungnahmen aus dem Teilnehmerkreis des Runden Tisches zu den ersten Szenarioentwürfen beinhalteten eine große Zahl von Hinweisen und Empfehlungen für die Veränderung bestimmter Parameter. Aufgrund dieser Anregungen wurde eine Reihe von Szenario-Varianten gerechnet. In den unkritisch erscheinenden Fällen wurden die geänderten Ansätze in das finale Szenario

übernommen. Immer dann aber, wenn aus der empfohlenen Änderung auch verschärfende oder fragliche Nebenwirkungen resultierten, werden die relevanten Parameter der Szenario-Varianten im Folgenden dem Basis-Szenario gegenübergestellt.

Zur Sensitivitätsanalyse werden Szenario-Varianten auf Grundlage der Basis-Szenarien 100 Prozent EE und -80 Prozent THG erstellt. Um den Einfluss der jeweiligen Parameteränderung mit den anderen Varianten vergleichen zu können, erfolgt der bilanzielle Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch in der Regel einheitlich über die Anpassung der Onshore-Windflächen. Gleichzeitig wird die erforderliche Wasserstoffspeicherkapazität für Langzeitstromspeicherung angegeben.

7.1 Elektrotraktion

7.1.1 Direkte Strombereitstellung

Die Umstellung des Verkehrs weitgehend auf Elektrotraktion mit Speisung aus dem Stromnetz über Akkumulatoren, Oberleitungen und Induktionsschleifen stellt eine hohe Herausforderung dar, die durch einen weniger ambitionierten Anteil reduziert werden könnte. Analysiert wurde der Fall, lediglich die Hälfte der Verkehrsleistung umzustellen (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Variation des Elektrotraktionsanteils im Straßen- und Schienenverkehr.

	-80 Prozent THG		100 Prozent EE	
	Basis	Variante	Basis	Variante
Anteil Elektrotraktion (Prozent Verkehrsleistung)	88	50	88	50
Windfläche onshore (Prozent von Bodenfläche)	1,4	↗ 2,8	2,1	↗ 4,0
H ₂ -Stromspeicherkapazität (TWh)	8,2	↘ 4,9	18,8	↘ 12,5

Im Fall des -80 Prozent THG-Szenarios würde der zusätzliche Kraftstoffbedarf zum Teil durch Umwidmung des Biomethan-Beitrages zur Prozesswärme gedeckt, der wiederum durch Strom zu substituieren wäre. Der übrige Anteil müsste durch synthetische Kraftstoffe auf Wasserstoffbasis gedeckt werden. Der zusätzliche Prozesswärme- und insbesondere der Elektrolyse-Strombedarf für die zusätzlich erforderliche Kraftstoffbereitstellung würde die Stromeinsparung durch die reduzierte Elektrotraktion bei weitem überwiegen.

Zum Ausgleich des Mehrverbrauchs müsste in diesem Beispiel die Onshore-Windfläche stark ausgeweitet werden. Damit erscheint die weitgehende Elektrifizierung des Verkehrsbereichs für die Zielerreichung in hohem Maße relevant.

Wegen des geringeren Stromverbrauchs für Elektrotraktion und des erhöhten Windstromanteils mit gleichmäßigerer jahreszeitlicher Verteilung läge die erforderliche Wasserstoff-Stromspeicherkapazität erheblich niedriger. Gleichzeitig wäre aber die hier nicht bewertete Speicherkapazität für Kraftstoffe auf Wasserstoffbasis höher und würde den Vorteil verringern.

7.1.2 Wasserstoffbasierte Strombereitstellung

Elektrofahrzeuge mit wasserstoffbasierter Strombereitstellung sind in den Basis-Szenarien nicht vorgesehen, obwohl sie gegenüber Elektrofahrzeugen mit direkter Strombereitstellung erhebliche Vorteile aufweisen, unter anderem höhere Reichweiten und kürzere Tankzeiten. Für diese Variante wurde der Elektrotraktionsanteil an der gesamten Verkehrsleistung Straße/Schiene von den Basis-Szenarien beibehalten, allerdings anstatt über das Stromnetz vollständig mit Wasserstoff versorgt.

Tabelle 8: Elektrotraktion im Straßen-/Schienenverkehr mit wasserstoffbasierter anstelle direkter Strombereitstellung.

	-80 Prozent THG		100 Prozent EE	
	Basis	Variante	Basis	Variante
H ₂ -Mobilität (Prozent Verkehrsleistung)	-	88	-	88
Windfläche onshore (Prozent von Bodenfläche)	1,4	↗	3,0	2,1 ↗
H ₂ -Stromspeicherkapazität (TWh)	8,2	↘	3,0	18,8 ↘

Gegenüber der Elektrotraktion mit direkter Strombereitstellung umfasst die Wandlungskette zwei zusätzliche verlustbehaftete Schritte: Die Wasserelektrolyse einschließlich Wasserstoff-Kompression bzw. -Verflüssigung und -Verteilung mit einem angenommenen Wirkungsgrad von 60 Prozent und die Brennstoffzelle mit einem angenommenen Wirkungsgrad von 48 Prozent. Diese Verluste müssten durch erhöhte Stromerzeugung ausgeglichen werden, hier durch eine Ausweitung der Onshore-Windflächen. Damit wird deutlich, dass eine weitgehend wasserstoffgespeiste Elektrotraktion die Zielerreichung erschweren oder in Frage stellen könnte.

Wegen des entfallenden Stromverbrauchs für Elektrotraktion und des erhöhten Windstromanteils mit gleichmäßigerer jahreszeitlicher Verteilung läge die erforderliche Wasserstoff-Stromspeicherkapazität erheblich niedriger. Gleichzeitig würde aber die hier nicht bewertete Speicherkapazität für den als Kraftstoff verwendeten Wasserstoff den Vorteil zumindest reduzieren.

7.2 Gebäudewärme

7.2.1 Energetische Sanierung

In den Basis-Szenarien wurde für die energetische Sanierung eine jährliche Rate von durchschnittlich 2,6 Prozent der beheizten Nutzfläche angenommen, um im Zieljahr 2050 einen komplett sanierten Gebäudebestand mit geringem Energieverbrauch zu erreichen. Angesichts der derzeitigen geringen Sanierungsrate von unter einem Prozent erscheint dies als ambitioniert. In dieser Variante wurde die Sanierungsrate daher auf 1 Prozent verringert.

Tabelle 9: Variation der energetischen Gebäudesanierungsrate.

	-80 Prozent THG		100 Prozent EE	
	Basis	Variante	Basis	Variante
Energetische Sanierungs-Rate (Prozent pro Jahr)	2,6	1,0	2,6	1,0
Gebäudewärmebedarf (Prozent Basis)	100	↗	179	↗
Windfläche onshore (Prozent von Bodenfläche)	1,4	↗	1,8	↗
H ₂ -Stromspeicherkapazität (TWh)	8,2	→	8,0	→

Der Gebäudewärmebedarf läge damit um nahezu 80 Prozent über dem des vollständig sanierten Gebäudebestandes in den Basis-Szenarien. Zur Deckung des Mehrbedarfs würden entsprechend leistungsfähigere Wärmepumpen mehr Antriebsstrom aufnehmen. In diesem Beispiel wäre dafür eine Ausweitung der Onshore-Windflächen erforderlich. Im Fall des -80 Prozent THG Szenario liegt die Fläche von 1,8 Prozent der Bodenfläche unterhalb des für den Endausbau im 100 Prozent EE-Szenario vorgesehenen Wertes von 2,1 Prozent und könnte daher noch akzeptabel erscheinen. Auf dem weiteren Weg zu 100 Prozent erneuerbaren Energien würde dieser Rahmen jedoch erheblich überschritten. Hier besteht ein Spielraum, der zur Ausgestaltung genutzt werden könnte.

Die erforderliche Stromspeicherkapazität bleibt jeweils nahezu unverändert gegenüber dem Basis-Szenario, da sich die Wirkungen des erhöhten Stromverbrauchs und des erhöhten Windstromanteils mit jahreszeitlich gleichmäßigerer Verteilung in etwa kompensieren.

7.2.2 Wärmepumpen kombiniert mit Solarthermie

Im Basis-Szenario sind überwiegend kostengünstige und von geologischen Gegebenheiten unabhängige luftgekoppelte Wärmepumpen vorgesehen, die 66 Prozent der Nutzwärme aller Wärmepumpen liefern [S.2.152; S.2.158]. Da die Wärmepumpen auf den Wärmebedarf in der kalten, sonnenarmen Jahreszeit ausgelegt sein müssen und somit auch für den geringeren Wärmebedarf im Sommerhalbjahr nutzbar sind, wurde auf die redundante Solarwärmegewinnung verzichtet.

Neben dem Vorteil relativ niedriger Anlagenkosten sind damit auch Nachteile verbunden: Aus der gegenüber erdgekoppelten Wärmepumpen niedrigen Jahresarbeitszahl resultiert eine höhere Stromaufnahme und damit höhere Betriebskosten. Das Stromnetz muss für die Spitzenlast bei niedrigen Außenlufttemperaturen ausgelegt werden. Dieser Effekt kann sich bei verdichtetem Einsatz von luftgekoppelten Wärmepumpen durch Bildung von „Kälteseen“ bei windstillen Kaltwetterslagen noch verstärken.

Daher wurde eine Variante mit hohem Anteil erdgekoppelter Wärmepumpen analysiert, in der nur ein Rest von 20 Prozent der Nutzwärme aus luftgekoppelter Wärmepumpe stammt. Um den bei derart verdichteter Anwendung erdgekoppelter Anlagen hohen Wärmeentzug aus dem Erdreich in der kalten Jahreszeit wieder auszugleichen, ist in der warmen Jahreszeit eine Regeneration durch Solarthermie vorgesehen (90 Prozent des Wärmeentzugs). Zusätzlich wird Solarthermie auch zur Entlastung und Unterstützung der Wärmepumpen in der warmen Jahreszeit eingesetzt und so noch einmal 27 Prozent der vom gekoppelten Wärmepumpen-/Solarthermiesystem jährlich insgesamt bereitgestellten Nutzwärme beigesteuert. Durch diese Maßnahmen wird eine Verbesserung der Jahresarbeitszahl von 4,4 auf 6,0 bei erdgekoppelten und von 3,3 auf 4,5 bei luftgekoppelten Wärmepumpen-/Solarthermiesystemen angenommen.

Aufgrund der begrenzten Solardachflächen geht die erforderliche Ausweitung der solarthermischen Flächen für Regeneration (jährlicher Energieertrag: 800 kWh/m²) und Wärmepumpen-Entlastung (jährlicher Energieertrag: 450 kWh/m²) zu Lasten der Photovoltaik.

Tabelle 10: Erhöhter Anteil erdgekoppelter Wärmepumpen (WP) mit solarthermischer Regeneration

	-80 Prozent THG		100 Prozent EE	
	Basis	Variante	Basis	Variante
Erdreichgekoppelte WP (Prozent Nutzwärme)	34	80	34	80
Solarthermieanteil (Prozent von Solardachfläche)	0,6	13,5	0,6	12,6
PV-Anteil (Prozent Solardachflächen)	99,4	↓ 86,5	99,4	↓ 87,4
Windfläche onshore (Prozent von Bodenfläche)	1,4	↑ 1,5	2,1	→ 2,1
H ₂ -Stromspeicherkapazität (TWh)	8,2	↓ 6,7	18,8	↓ 17,5

Die durch Reduktion der PV-Dachflächen geringere Stromerzeugung wird durch die niedrige Stromaufnahme der Wärmepumpen nicht ganz aufgewogen. Zum Ausgleich würde aber eine minimale Erhöhung der Onshore-Windfläche ausreichen.

Aus dem geringeren Stromverbrauch der Wärmepumpen resultiert auch eine deutlich geringere Stromspeicherkapazität.

Bei Praxisbewährung der angenommenen Modellparameter wäre zu überprüfen, inwieweit die verringerten Betriebskosten die erhöhten Investitionen aufwiegen.

Tabelle 11: Onshore-Windflächen bereits im Endausbau gemäß 100 Prozent EE-Szenario

	-80 Prozent THG		
	Basis		Variante
Endausbau Onshore Windflächen (Prozent von Bodenfläche)	1,4	↗	2,1
Solardachfläche (Prozent Siedlungsfläche)	7,0	↘	4,5
H ₂ -Stromspeicherkapazität (TWh)	8,2	↘	4,6

7.3 Windstrom

7.3.1 Onshore-Windflächen im Endausbau

In dieser Variante wird untersucht, wie sich im -80 Prozent THG-Szenario eine ausgeweitete Onshore-Windfläche auswirken würde, die bereits die für das 100 Prozent EE-Szenario vorgesehene Größe aufweist (vgl. Tabelle 11).

Zum Ausgleich für die höhere Windstromeinspeisung kann die genutzte Solardachfläche vorerst entsprechend niedriger ausfallen. Daraus resultiert wegen des stark erhöhten Windstromanteils mit gleichmäßigerer Verteilung über das Jahr auch eine wesentlich geringere Wasserstoffspeicherkapazität zur Langzeitstromspeicherung.

Bei dieser zunächst einseitigen Ausrichtung auf den Windenergieausbau wären allerdings auf dem weiteren Weg zu 100 Prozent EE der bis dahin vermiedene Zubau an Photovoltaik und Stromspeicherung mit Wasserstoff in kürzerer Frist nachzuholen. Offen ist, inwieweit ein derartiger sequenzieller Ausbau sinnvoll wäre, beispielsweise hinsichtlich Auslastung von Produktionskapazitäten oder kontinuierlichem Entwicklungsfortschritt.

7.3.2 Systemkostenoptimierter Windstromanteil

In den Basis-Szenarien wird der moderate Ansatz für die Onshore-Windflächen durch entsprechend ambitionierten Ausbau der Photovoltaik auf Dach- und Freiflächen ausgeglichen. Einem Hinweis des Runden Tisches zufolge sind minimale Systemkosten (Wind- und PV-Anlagen, Netze, Speicher) 2050 eher bei einem Verhältnis Windstrom- zu Solarstrom-Einspeisung von 2:1 zu erwarten. Dieser Ansatz liegt der Variante zugrunde (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Systemkostenoptimiertes Verhältnis von Windstrom zu Solarstrom

	-80 Prozent THG		100 Prozent EE			
	Basis	Variante	Basis	Variante		
Anteil Windstrom (Prozent von Wind+Solarstrom)	52	↗	67	45	↗	67
Windfläche onshore (Prozent von Bodenfläche)	1,4	↗	1,9	2,1	↗	3,5
Solardachfläche (Prozent von Siedlungsfläche)	7,0	↘	4,9	7,0	→	7,0
PV-Freiflächen (Prozent von Landwirtschaftsfläche)	0,1	→	0,1	4,5	↘	1,3
H ₂ -Stromspeicherkapazität (TWh)	8,2	↘	5,0	18,8	↘	10,3

Dies führt gegenüber der Basis jeweils zu einer größeren Onshore-Windfläche und einer kleineren PV-Fläche. Beim Szenario -80 Prozent THG betrifft das eine geringere Solardachfläche, die PV-Freiflächen behalten ihren marginalen Anteil. Beim Szenario 100 Prozent EE hingegen kommt die Veränderung den PV-Freiflächen zugute, die im Gegensatz zu Dachflächen dadurch anderweitig nutzbar sind. Unter der Annahme, dass die PV-Kosten im Rahmen der Lernkurve künftig stärker abnehmen, als die Windstromkosten, wird der Kostenvorteil hier geringer als unter heutigen Bedingungen ausfallen.

Im Gegensatz dazu wären wegen des stark erhöhten Windstromanteils mit gleichmäßigerer jahreszeitlicher Verteilung die erforderliche Wasserstoff-Speicherkapazität und damit die Kosten für die Langzeitspeicherung erheblich niedriger. Die Onshore-Windfläche läge trotz der Erhöhung gegenüber dem Basis-Szenario immer noch weit unterhalb der Potenzialgrenzen. Im Spannungsfeld von Onshore-Windflächen, PV-Flächen, Wasserstoff-Stromspeicherung und Stromkosten ist der anzustrebende Zielzustand im weiteren Gestaltungsprozess zu identifizieren.

7.4 Biomasse

7.4.1 Energetische Strohnutzung

In den Basis-Szenarien sind zur Substitution der fossilen Brennstoffe für Prozesswärmegewinnung unter anderem 20 Prozent des beim Getreideanbau anfallenden Stroh vorgesehene. Zwar liegt die Menge erheblich unterhalb dessen, was für den Humusgehalt der Ackerböden unentbehrlich ist und deshalb nicht zurückgeführt werden muss. Allerdings könnte sich beispielsweise die Nachfrage nach stofflicher Nutzung in der Industrie zur Ablösung fossiler Grundstoffe erhöhen.

In dieser Variante wurde daher auf eine energetische Strohnutzung völlig verzichtet (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Verzicht auf energetische Strohnutzung (PW: Prozesswärme)

	-80 Prozent THG		100 Prozent EE			
	Basis	Variante	Basis	Variante		
Energ. Strohnutzung (Prozent vom Strohanfall)	20	0	20	0		
Windfläche onshore (Prozent von Bodenfläche)	1,4	↗	1,6	2,1	↗	2,3
H ₂ -Stromspeicherkapazität (TWh)	8,2	→	8,1	18,8	→	18,8
Prozesswärme aus Brennstoffen (Prozent PW)	82	↘	76	44,1	↘	36,5

Dabei erscheint die Substitution der entfallenden Strohwärme durch Strom weniger kritisch, der Ausgleich wäre durch eine moderate Ausweitung der Onshore-Windfläche möglich. Die Auswirkung auf die Wasserstoff-Stromspeicherkapazität wäre marginal.

Im Fall von -80 Prozent THG wäre der über Brennstoffe bereitgestellte Prozesswärmeanteil nur geringfügig kleiner als im Basis-Szenario, die Substitution durch elektrische Prozesswärme sollte problemlos möglich sein. Im Fall von 100 Prozent EE würde dagegen der ohnehin schon niedrige Ausgangswert erheblich verringert. Es bliebe zu klären, ob die verbliebene Brennstoffmenge für schwer elektrifizierbare Hochtemperaturprozesse noch ausreichen würde.

Tabelle 14: Einsatz von Holz, Stroh und Biogas zur Verstromung mit Kraft-Wärme-Kopplung statt für Prozesswärme.

	-80 Prozent THG		100 Prozent EE			
	Basis	Variante	Basis	Variante		
Biomasse für KWK statt Prozesswärme						
Windfläche onshore (Prozent von Bodenfläche)	1,4	↗	1,7	2,1	↗	2,3
H ₂ -Stromspeicherkapazität (TWh)	8,2	↘	5,2	18,8	↘	14,7
Prozesswärme aus Brennstoffen (Prozent PW)	82	↘	42	44,1	↘	0

7.4.2 Verstromung von Biomasse

In den Basis-Szenarien werden zur Substitution fossiler Brennstoffe für Prozesswärme die energetisch genutzten Holz- und Stroh-Mengen vollständig und darüber hinaus noch ein Teil des Biogases eingesetzt.

Heute werden diese Biobrennstoffe üblicherweise verstromt (soweit sie nicht der Hausfeuerung dienen). In dieser Variante wird analysiert, wie sich eine vollständige Verstromung der Biomasse auswirken würde, die im Basis-Szenario für Prozesswärme vorgesehen ist. Dabei wurde die Entlastung der Wärmepumpen bei der Bereitstellung von Gebäudewärme durch die mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) genutzte Abwärme berücksichtigt (siehe Tabelle 14).

Wegen der Verluste bei der Biomasseverstromung reicht die Erzeugung nicht aus, um die Substitution der Biobrennstoffe durch Strom bei der Prozesswärme auszugleichen. Auch die Verdrängung von Gebäudewärme aus Wärmepumpen durch KWK-Abwärme ändert nichts an diesem Sachverhalt, da der Wärmepumpen-Antriebsstrom nur einen Bruchteil der Nutzwärme ausmacht und die Stromeinsparung somit marginal ist. Zum Ausgleich wäre die Onshore-Windfläche entsprechend zu erhöhen.

Unter der hier getroffenen Annahme, dass die Biomasse-Verstromung nicht im Grundlastbetrieb sondern in Phasen mit Unterdeckung an Wind- und Solarstrom (mit erhöhter Kraftwerksleistung) erfolgt, wäre eine erheblich geringere Wasserstoff-Stromspeicherkapazität erforderlich. Bereits im Fall von -80 Prozent THG wäre der über Brennstoffe bereitgestellte Prozesswärmeanteil erheblich kleiner als im Basis-Szenario, die Substitution müsste durch elektrische Prozesswärme erfolgen. Offen ist, ob die verbliebene Brennstoffmenge für Prozesse, die auf fossile Reduktionsmittel angewiesen sind, noch ausreichen würde. Im Fall von 100 Prozent EE ist eindeutig, dass für diese Zwecke keine Brennstoffe mehr verfügbar wären.

Die erforderlichen Mengen müssten über die verlustbehaftete Wandlungskette auf Wasserstoffbasis aus Wind- und Solarstrom bereitgestellt werden. Dies wurde in dieser Variante nicht bewertet, würde aber eine Ausweitung der Onshore-Windfläche erforderlich machen. Aus diesem Grund ist die Verstromung der Biomasse nicht zu empfehlen.

8 Kosten der Strombereitstellung

Dieses Gutachten ist primär auf die technische Möglichkeit eines vollständig nachhaltigen und erneuerbaren Energiesystems ausgerichtet. Zusätzlich werden im Folgenden die aus den Szenarien „Niedersachsen 100 Prozent EE“ und „Niedersachsen -80 Prozent THG“ resultierenden Kosten der Strombereitstellung berechnet.

Die Kosten der Strombereitstellung im Szenario 100 Prozent EE umfassen die Stromgestehungskosten zur Erzeugung von Strom aus Solarstrahlung und Wind sowie die Systemkosten (Kosten für den zusätzlichen Netzausbau und die Speicherkosten). Vergleichend wird die Strombereitstellung in einem Business as Usual (BaU)-Pfad betrachtet. Unter BaU wird ein Energiesystem mit bis zum Jahr 2050 gleichbleibendem Energiemix wie im Statusjahr 2012 verstanden.

Die Kernelemente zur Berechnung der Stromgestehungskosten sind die Investitionskosten, die fixen und die variablen Betriebskosten inklusive der Brennstoffkosten. Die Stromerzeugung erfolgt heute überwiegend aus fossilen Brennstoffen, die somit maßgeblich die Stromgestehungskosten bestimmen. Bei der im „Niedersachsen 100 Prozent EE“-Szenario modellierten Stromversorgung fallen dagegen keine klassischen Brennstoffkosten mehr an. Maßgeblich sind in diesem Szenario die Investitionskosten für die Erzeugungsanlagen. Die Betriebskosten sind dagegen klein.

Die Fokussierung auf die Strombereitstellungskosten ist durch die Stromdominanz der modellierten Zielenergiesysteme begründet. Im derzeitigen Energiesystem wird Strom im Wesentlichen für KLIK-Anwendungen (Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte) genutzt. In den Bereichen Wärme und Mobilität kommen heute überwiegend fossile Brennstoffe zum Einsatz. In den erstellten Szenarien (sowohl „Niedersachsen 100 Prozent EE“ als auch „Niedersachsen -80 Prozent THG“) ist dagegen Strom der maßgebliche „Primärenergieträger“. Elektrizität wird in diesen Szenarien auch zur Bereitstellung von Wärme, Mobilität und Grundstoffen eingesetzt. Mit den Stromgestehungs- sowie darüber hinaus den Systemkosten wurden somit Parameter gewählt, die die verschiedenen Szenarien vergleichbar machen.

8.1 Methode und Annahmen

Allen Berechnungen liegen zentrale Annahmen zu Grunde. Im vorliegenden Gutachten wurde die allgemeine Formel zur Berechnung der Stromgestehungskosten (Levelized Cost of Electricity, LCOE) in einer Modifikation nach (Agora 2013) genutzt:

$$LCOE = \frac{(I_A + A_{f,v})}{H}$$

I_A = Jährliche Annuität der Investition (€/kW/a)
 $A_{f,v}$ = Jährliche Gesamtkosten (fixe und variable Betriebskosten) (€/kW/a)
 H = Betriebsstunden pro Jahr (h/a)

Mit der Annuität werden die Kapitalkosten für eine einmalige Investition gleichmäßig über die Nutzungsdauer der Anlage verteilt. Die fixen und variablen Betriebskosten (inklusive Preissteigerungsrate) werden jahresscharf ermittelt. Die jährlichen Betriebsstunden sind vorgegeben, somit lässt sich auch die erzeugte Energie (kWh) errechnen. Es werden die Stromgestehungskosten für das jeweilige Betrachtungsjahr angegeben.

Investitionen

Bei einem regenerativen Energiesystem, das sich durch hohe Investitionskosten und geringe Betriebskosten auszeichnet, bilden die einmalig bei der Errichtung anfallenden Investitionskosten den größten Kostenbestandteil. Aus Tabelle 15 ergibt sich ein Überblick über die Status- und Zielwerte der spezifischen Investitionskosten für die drei zukünftigen Kerntechnologien (Photovoltaik, Wind on- und offshore). Es wird jeweils eine Anlagenlebensdauer von 20 Jahren unterstellt (orientiert am Vergütungszeitraum des EEG).

Die Kosten der Biomasse werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt, da diese in beiden Szenarien nicht zur Stromerzeugung eingesetzt wird (abgesehen von einem vernachlässigbar geringen Anteil der festen biogenen Anteile von Abfällen). Für die Berechnungen im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ und BaU-Pfad sind zusätzlich Annahmen zu den Investitionskosten fossiler Kraftwerke nötig. In Tabelle 16 sind die getroffenen Annahmen zusammengestellt.

Tabelle 15: Spezifische Investitionskosten für regenerative Erzeugung, eigene Berechnung nach (IWES 2014).

Technologie	Status (2012) (€/kW)	Ziel (2050) (€/kW)
Photovoltaik	1.232	555
Wind onshore	1.580	1.305
Wind offshore	4.240	2.500

Tabelle 16: Spezifische Investitionskosten für fossile Erzeugung, eigene Berechnung nach (ISE 2013; Prognos 2010).

Technologie	Status (2012) (€/kW)	Ziel (2050) (€/kW)
Braunkohle	1.525	1.850
Steinkohle	1.350	1.300
Kernenergie	2.666	-
Erdgas	825	950

Betriebskosten

Die jährlichen Betriebskosten setzen sich aus variablen (Brennstoffkosten) und fixen (z. B. Wartung) Anteilen zusammen. Die variablen Betriebskosten für die fossile Erzeugung liegen derzeit zwischen 0,5 und knapp 7 Cent/kWh. Es wird grundsätzlich eine jährliche Preissteigerung von einem Prozent unterstellt, sofern keine belastbaren Daten vorliegen.

Für die jährlichen Fixkosten (Wartung, Versicherung, Pacht etc.) wird für alle fossilen Technologien eine Zunahme von einem Prozent pro Jahr unterstellt (siehe Tabelle 17). Der Wirkungsgrad der Kraftwerke ist aus dem Szenario [S.8.12ff]

übernommen. Bei den Erneuerbaren wurden die Betriebskosten aus dem Statusjahr unverändert bis zum Ziel unterstellt. Aufgrund von Lernkurven wurde für die Photovoltaik ein Rückgang der Kosten um rund ein Drittel bis 2050 angenommen.

Die jährliche Preissteigerung für fossile Energieträger spiegelt konservative Annahmen wider. Während beispielsweise im dargestellten BaU-Pfad eine Preissteigerung für Erdgas von jährlich 1,31 Prozent angenommen wird (ISE 2013), legte der tatsächliche Preis im Zeitraum von 1991 bis 2014 im Schnitt jährlich um 6,63 Prozent zu. Auch bei der Preisentwicklung für Steinkohle (+1,49 Prozent pro Jahr nach (ISE 2013), im Szenario übernommen) weisen die historischen Daten im Schnitt eine Steigerung von 1,92 Prozent pro Jahr auf (BMWi 2015).

Tabelle 17: Annahmen zu den Betriebskosten, eigene Einschätzungen und nach (ISE 2013)

Technologie	Variable Betriebskosten (€/kWh)	Jährliche Steigerung (Prozent)	Fixe Betriebskosten (€/kW)	Jährliche Steigerung (Prozent)
Photovoltaik	0,00	-	35,00	-1
Wind onshore	0,025	0	0,00	-
Wind offshore	0,00	-	128,00	0
Braunkohle	0,0045	+1	36,00	+1
Steinkohle	0,0327	+1,49	32,00	+1
Kernenergie	0,009	+1	55,00	+1
Erdgas	0,0774	+1,31	22,00	+1

Betriebsdauer

Die jährlichen Volllaststunden für alle Technologien sind in Tabelle 18 dargestellt. Die Steigerungen bei den erneuerbaren Energien ergeben sich aus den Szenarioberechnungen [S.2.16ff]. Die

Werte für die konventionellen Erzeuger sind aus (ISE 2013) abgeleitet. Die Kernkraftwerke werden im Jahr 2022 abgeschaltet und sind somit im Jahr 2050 nicht mehr am Netz.

Tabelle 18: Annahmen für die Volllaststunden der Technologien, *eigene Berechnungen [S.2.16ff], **(ISE 2013), ***eigene Schätzung (Fortschreibung aus Status-Werten)

Technologie	Status (2012) (h)	Ziel (2050) (h)
Photovoltaik	899*	899*
Wind onshore	1.685*	2.316*
Wind offshore	4.255*	4.500*
Braunkohle	7.100**	7.100***
Steinkohle	6.000**	6.000***
Kernenergie	6.000**	0***
Erdgas	3.500**	3.500***

Emissionszertifikate

Die oben aufgeführten variablen Betriebskosten (siehe Tabelle 17) für fossile Kraftwerke beinhalten nicht die Kosten, die für den Kauf von Emissions-

zertifikaten (siehe Tabelle 19) anfallen. Für das Jahr 2050 wird ein Preis von 47,50 €/t CO₂-Äq. erwartet (ISE 2013). Die Emissionsfaktoren für die Technologien wurden aus dem Szenario [S.8.81ff] übernommen.

Tabelle 19: Annahmen für den Zertifikatspreis (ISE 2013)

Emissionen	Status (2012) (€/t CO ₂ -Äq.)	Ziel (2050) (€/t CO ₂ -Äq.)
Zertifikatspreis	6,00	47,50

Für die zukünftige CO₂-Preisentwicklung wurde hier eine konservative Annahme getroffen. Andere Studien gehen von deutlich höheren Schadenskosten pro emittierter Tonne Kohlenstoffdioxid aus, welche sich entsprechend in den Zertifikatspreisen widerspiegeln. In (UBA 2012) wird beispielsweise für das langfristige Szenario (2050) ein Betrag zwischen 130 und 390 €/t CO₂-Äq. angesetzt. Eine Alternativberechnung mit einem verdoppelten Zertifikatspreis (95 €/t CO₂-Äq.) erfolgt daher ebenfalls. Die entsprechenden Ergebnisse werden als Spannweite dargestellt.

Zinssatz

Der Zinssatz beträgt 2,50 Prozent. Dieser Wert orientiert sich an aktuellen Zinssätzen für Kredite mit über 30-jähriger Zinsfestschreibung (DAF 2015). Durch die Berücksichtigung dieses Wertes in den Berechnungen ist es möglich, zukünftige Zahlungen auf den heutigen Zeitpunkt zu beziehen (zu diskontieren). Somit können die Kosten unterschiedlicher Betrachtungsjahre direkt miteinander verglichen werden. Die Eigenkapitalrendite des Investors wird nicht berücksichtigt.

Systemkosten durch zusätzlichen Netzausbaubedarf

Auf Basis der neu installierten Anlagenleistung werden die für den zusätzlichen Netzausbau erforderlichen Kosten pro Jahr berechnet. Die dabei verwendete Methodik entspricht nicht der aktuellen Vergütungssystematik, wie sie zur Berechnung der Netznutzungsentgelte heute angewendet wird. Im vorliegenden Modell wird angenommen, dass für jede ans Netz angeschlossene Anlagenleistung (kW) ein einmaliger Betrag

von 413 €/kW gezahlt wird (eigene Berechnung nach (Herold 1997)). Der so ermittelte Betrag wird danach auf die insgesamt pro Jahr erzeugte elektrische Energie (kWh) umgelegt. Man erhält so die für den Netzausbau notwendigen spezifischen Kosten (Cent/kWh). Die erläuterte Methode zur Finanzierung der erforderlichen Netzinfrastruktur ist für ein maßgeblich auf Investitionskosten beruhendes Energiesystem sehr gut geeignet. Das bestehende Finanzierungsmodell für den Betrieb über die heute bekannten Netzentgelte bleibt zusätzlich bestehen.

Systemkosten durch Speicher

In einem auf erneuerbarer Erzeugung basierenden System spielen Speicher zur Verstärkung der fluktuierenden Leistung eine wichtige Rolle. Außerdem dienen Langzeitspeicher in längeren Mangelperioden zur Aufrechterhaltung der Energieversorgung. Aus diesem Grund sind zu den Stromgestehungskosten neben den Netzausbaukosten auch die Kosten für die Errichtung und den Betrieb der Speicher zu addieren. Im Folgenden wird dieser Betrag als Kosten der Strombereitstellung aufgefasst.

Stromgestehungskosten im Basisjahr

Wird der in diesem Kapitel beschriebene Ansatz auf die deutsche Stromversorgung angewendet, betragen die durchschnittlichen Stromgestehungskosten im Statusjahr 2012 etwa 5,42 Cent/kWh (eigene Berechnungen nach (AEE 2014)). Diese können als Bezugswert für die im Folgenden berechneten Stromgestehungskosten bzw. Strombereitstellungskosten dienen.

8.2 Kosten der Strombereitstellung im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“

Die Kostenbetrachtung gliedert sich in zwei Bereiche. Zusätzliche zu den Stromgestehungskosten des Energiemixes werden auch die nötigen Systemkosten, welche sich aus den Netz- und Speicherkosten zusammensetzen, angegeben. Aufaddiert ergeben sich so die Kosten der Strombereitstellung.

8.2.1 Stromgestehungskosten

Zur Erreichung der Ausbauziele im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ wird ein linearer Zubau unterstellt. Zudem wird der bisherige EE-Anlagenbestand anhand der EEG-Anlagenstammdaten der Übertragungsnetzbetreiber analysiert, um die jährliche Repoweringquote zu bestimmen (ÜNB 2014). Da im Zieljahr 2050 erneuerbare Energie-Anlagen aus dem Installationszeitraum 2030 bis 2050 den Strom liefern, werden für die Berechnung der Stromgestehungskosten nicht ausschließlich die Anlagen aus dem Jahr 2050 berücksichtigt. Auch zu früheren Zeitpunkten in Betrieb genommene Anlagen erzeugen dann noch Strom. Da sich durch den technischen Fortschritt bei den Erneuerbaren ein sinkender Preispfad bildet, haben Anlagen mit einem früheren Installationsjahr tendenziell höhere Kosten. Deshalb setzt sich die abschließende Kalkulation aus unterschiedlichen Stromgestehungskosten zusammen, die entsprechend ihres Anteils Einfluss auf den Endwert haben (siehe Tabelle 20). Die konventionelle Stromerzeugung wird hier nicht betrachtet, da diese Anlagen im Jahr 2050 nicht mehr in Betrieb sind.

Tabelle 20: Stromgestehungskosten (SGK) für das Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“

Technologie	Strommix in 2050 (Prozent)	SGK 2030 - 2050 (Cent/kWh)
Photovoltaik	54,66	9,04
Wind onshore	29,90	6,37
Wind offshore	15,44	7,11

Es ergeben sich als gewichtetes Mittel für das Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ im Jahr 2050 Stromgestehungskosten von 7,94 Cent/kWh (vgl. Tabelle 20).

Aufgrund des sektorenübergreifenden Ansatzes des Szenarios gelten diese Stromgestehungskosten ebenfalls für die Bereiche Wärme und Mobilität, denn auch hier erfolgt die Energiebereitstellung überwiegend durch elektrischen Strom.

8.2.2 Systemkosten

Weiterhin sind die Kosten für die erforderliche Stromspeicherung zu berücksichtigen. Diese werden auf die gesamte erzeugte Energie in Kilowattstunden umgelegt (Systemansatz), ähnlich wie dies bereits bei der EEG-Umlage passiert.

Der jährliche Bedarf an Rückspeisung aus dem Langzeitspeicher wurde zu 14.398 GWh [S.2.206] berechnet. Die Kosten für die Wasserstoffspeicherung liegen nach (IFEU 2009) langfristig bei etwa 10 Cent/kWh (aktuell 24 Cent/kWh). Den Kurzzeitspeichern wird im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ ein jährlicher Anteil an der Nettostromerzeugung von 30 Prozent unterstellt. Aus diesen Annahmen ergeben sich die in Tabelle 21 dargestellten Werte.

Gemäß der zuvor erläuterten Methodik werden spezifische Kosten für den zusätzlichen Netzausbau im Jahr 2050 von 1,33 Cent/kWh berechnet (vgl. Tabelle 22).

Tabelle 21: Berechnete Kosten für die Stromspeicherung im Jahr 2050 für das Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“.

Stromspeicherung	Kurzzeitspeicher (Cent/kWh)	Langzeitspeicher (Cent/kWh)
Kosten	1,20	1,10

Tabelle 22: Berechnete Kosten für den zusätzlichen Netzausbau im Jahr 2050 für das Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“.

Zusätzlicher Netzausbau	Durchschnittlich jährlich installierte Anlagenleistung (MW)	Kosten (Cent/kWh)
	6.674	1,31

8.3 Kosten der Strombereitstellung im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“

Zur Berechnung der Strombereitstellungskosten wird das identische Schema verwendet wie im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent THG“. Die Stromgestehungskosten für die fossilen Gaskraftwerke, die in diesem Szenario auch einen Beitrag zur Energieversorgung leisten, werden aus den Annahmen errechnet, die auch für den BaU-Pfad angenommen werden (siehe dazu Kap. 8.4).

8.3.1 Stromgestehungskosten

In diesem Szenario werden die energiebedingten Emissionen im Jahr 2050 nicht vollständig auf null reduziert, sondern es steht ein Restkontingent zur Verfügung. Ein Teil dafür wird durch die Gaskraftwerke gefüllt, die im Jahr 2050 zur Abdeckung der Spitzenlast eingesetzt werden. Hier handelt es sich um Stromkraftwerke, für die ein elektrischer Wirkungsgrad von 37,1 Prozent angenommen wird [S.8.15]. Insgesamt sind im Jahr 2050 Kraft-

werke mit einer installierten Leistung von 1.820 MW am Netz, die knapp 6.400 GWh erzeugen. Da im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ für bestimmte Anwendungsbereiche (z.B. Verkehr) die wirkungsgradbehaftete Umwandlung von elektrischer Energie in andere Energieträger entfällt, bedarf es insgesamt eines kleineren Anlagenparks. Dies wirkt sich nur auf die absoluten Gesamtkosten des Energiesystems aus: die Stromgestehungskosten sind identisch mit denen aus dem Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“. Der fossil erzeugte Anteil wirkt sich deshalb nur auf die Gewichtung der einzelnen Technologien untereinander aus. Die Verteilung ist der Tabelle 23 zu entnehmen. Die detaillierte Herleitung der SGK aus den Erdgaskraftwerken erfolgt im Kap. 8.4.1.

Entsprechend der Gewichtung ergeben sich für das Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ Stromgestehungskosten im Jahr 2050 von 8,27 Cent/kWh. Diese Kosten setzen sich hauptsächlich aus dem erneuerbaren Teil (7,33 Cent/kWh) zusammen. Der Anteil der fossilen Erzeugung beträgt 0,95 Cent/kWh.

Tabelle 23: Stromgestehungskosten (SGK) für das Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ *dieser Wert gilt für im Jahr 2042 installierten Gaskraftwerke.

Technologie	Strommix in 2050 (Prozent)	SGK 2030 - 2050 (Cent/kWh)
Photovoltaik	42,28	9,04
Wind onshore	36,18	6,37
Wind offshore	12,99	7,11
Erdgas	5,54	17,07*

8.3.2 Systemkosten

Die reduzierte Größe des Anlagenparks zur Energieerzeugung wirkt sich auf die Systemkosten aus. Bei den Speichern bleibt der Bedarf an Kurzzeitspeichern unverändert, was sich auch in den Kosten widerspiegelt. Durch den Rückgang der Nettostromerzeugung auf rund 105 TWh/a [WS.1.G] pro Jahr ergibt sich ein Bedarf an Rückspeisung aus dem Langzeitspeicher von 7,9 TWh. Legt man an dieser Stelle wieder den Systemgedanken zu Grunde und verteilt die zu speichernden Kilowattstunden auf alle verbrauchten Kilowattstunden, ergeben sich Kosten für die Langzeitspeicher von 0,75 Cent/kWh. Die Ergebnisse sind in Tabelle 24 dargestellt.

Bei den Kosten für den zusätzlichen Netzausbau wirken zwei Effekte parallel. Während sich gegenüber dem Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ die Größe des Anlagenparks deutlich reduziert, geht auch die erzeugte Leistung zurück. Durch den Systemansatz ergibt sich dadurch bei den Netzkosten kaum eine Änderung. Die genauen Ergebnisse sind in Tabelle 25 dargestellt.

Zusammengefasst ergeben sich Systemkosten von 3,14 Cent/kWh. Somit betragen die Kosten der Strombereitstellung in dem Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ insgesamt 11,41 Cent/kWh.

Die Annahmen für die Entwicklung der fossilen Erzeugung stellen ein sehr konservatives Szenario dar. Entsprechend der Variationen in Kap. 8.4.1 wird auch für die Stromgestehungskosten aus Erdgas in diesem Szenario eine mögliche Spannweite errechnet. Dafür werden eine Verdopplung der Zertifikatskosten sowie eine Verdopplung der jährlichen Preissteigerungsrate für den Brennstoff angenommen. Im Zielszenario liegt der Preis für ein Emissionszertifikat somit bei 95 € und der Gaspreis nimmt pro Jahr um 2,62 Prozent zu. Dadurch verändern sich ausschließlich die Stromgestehungskosten der Gaskraftwerke (von 0,95 auf 1,53 Cent/kWh); alle anderen Parameter (Stromgestehungskosten der EE und die Systemkosten) bleiben unverändert. Am oberen Ende der Spannweite liegen im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ die Kosten der Strombereitstellung somit bei 11,99 Cent/kWh.

Tabelle 24: Berechnete Kosten für die Stromspeicherung im Jahr 2050 für das Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“

Stromspeicherung	Kurzzeitspeicher (Cent/kWh)	Langzeitspeicher (Cent/kWh)
Kosten	1,20	0,75

Tabelle 25: Berechnete Kosten für den zusätzlichen Netzausbau im Jahr 2050 für das Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“

Zusätzlicher Netzausbau	Durchschnittlich jährlich installierte Anlagenleistung (MW)	Kosten (Cent/kWh)
	3.314	1,18

8.4 Kosten der Strombereitstellung im Business as Usual-Pfad

Der nachfolgend dargestellte BaU-Pfad dient zur Einordnung der Kosten für die Strombereitstellung in den beiden Szenarien. Mit dieser Berechnung wird eine Einordnung der in den vorherigen Kapiteln berechneten Strombereitstellungskosten ermöglicht.

8.4.1 Stromgestehungskosten

Für dieses Modell wird unterstellt, dass die Energieversorgungsstruktur aus dem Statusjahr 2012 bis zum Jahr 2050 beibehalten wird. Die spezifischen Investitionskosten werden als unverändert angenommen. Lernkurven (verbunden mit Kostensenkungen) werden hier nicht berücksichtigt. Es findet lediglich ein Austausch nach jeweils 20 Jahren bei gleichbleibender installierter Anlagenleistung statt. Der fossile Kraftwerksmix (errechnet aus dem Bundesmix) bleibt ebenfalls

unverändert bestehen. Der gesamte fossile Kraftwerkspark wird gemäß der jeweiligen Laufzeiten (z. B. 40 Jahre bei Braun- und Steinkohle, 30 Jahre bei Gaskraftwerken) ersetzt. Als Installationszeitpunkt wird für alle fossilen Erzeuger gemäß der konservativen Herangehensweise das Jahr 2012 unterstellt. Der geplante Atomausstieg im Jahr 2022 wird umgesetzt. Die Zusammensetzung des Strommixes im Zieljahr 2050 und die entsprechenden Stromgestehungskosten der Technologien können aus Tabelle 26 entnommen werden. Wird die jetzige Struktur der Energieversorgung beibehalten, belaufen sich die Stromgestehungskosten als gewichtetes Mittel im Jahr 2050 auf 10,84 Cent/kWh (fossiler Teil: 9,68 Cent/kWh, erneuerbarer Teil: 1,16 Cent/kWh).

8.4.2 Systemkosten

In diesem Szenario wird die aktuelle Stromversorgung fortgeführt. Aus diesem Grund werden hier keine Speichertechnologien benötigt. Die Netzkosten, die sich durch die turnusmäßige Erneuerung des Leitungsnetzes ergeben, werden nach der gleichen Methodik wie in den beiden Szenarien berechnet (siehe Tabelle 27). Für den BaU-Pfad ergeben sich damit Systemkosten von 0,45 Cent/kWh.

Tabelle 26: Stromgestehungskosten (SGK) für den BaU-Pfad

Technologie	Strommix in 2050 (Prozent)	SGK 2030 - 2050 (Cent/kWh)
Braunkohle	32,05	7,63
Steinkohle	32,04	11,80
Erdgas	20,21	17,06
Photovoltaik	5,37	11,42
Wind onshore	10,17	5,19
Wind offshore	0,15	9,40

Tabelle 27: Berechnete Kosten für den Netzausbau und -betrieb im Jahr 2050 für den BaU-Pfad.

Netzausbau und -betrieb	Durchschnittlich jährlich installierte Anlagenleistung (MW)	Netzausbaukosten (Cent/kWh)
	714	0,45

8.4.3 Variation der Annahmen

Alle zuvor getroffenen Annahmen sind sehr konservativ und die so ermittelten Strombereitstellungskosten spiegeln daher die Untergrenze wider. Aus diesem Grund wird im Folgenden eine Variation der Berechnung vorgestellt. Dabei werden zum einen die jährlichen Steigerungsraten für die variablen Betriebskosten (Brennstoffkosten) verdoppelt, zum anderen wird der Preis für die Emissionszertifikate verdoppelt (siehe Tabelle 28 und Tabelle 29). Der neue Zielwert für das Jahr 2050 ist trotzdem noch geringer als die langfristigen Schätzungen des Umweltbundesamts (vgl. (UBA 2012)). Dort wird für das Jahr 2050 ein Preis von 130 €/t CO₂-Äq. angenommen.

Beide Veränderungen führen gemeinsam bei diesem moderaten BaU-Pfad zu Stromgestehungskosten von 17,65 Cent/kWh (fossiler Teil: 16,49 Cent/kWh, erneuerbarer Teil: 1,16 Cent/kWh), die somit die obere Grenze der Spannweite darstellen. Zusammenfassend ist für das Jahr 2050 mit einer Spannweite bei den Kosten der Strombereitstellung im BaU-Pfad zwischen 11,29 und 18,10 Cent/kWh (inklusive Systemkosten) zu rechnen.

Tabelle 28: Annahmen für Betriebskosten (Verdopplung der Steigerungsraten) im moderaten BaU-Pfad

Technologie	Variable Betriebskosten (€/kWh)	Jährliche Steigerung (Prozent)	Fixe Betriebskosten (€/kW)	Jährliche Steigerung (Prozent)
Photovoltaik	0,00	-	35,00	-1
Wind onshore	0,025	0	0,00	-
Wind offshore	0,00	-	128,00	0
Braunkohle	0,0045	+2	36,00	+1
Steinkohle	0,0327	+2,98	32,00	+1
Kernenergie	0,009	+2	55,00	+1
Erdgas	0,0774	+2,62	22,00	+1

Tabelle 29: Annahmen für die Zertifikatspreisentwicklung im moderaten BaU-Pfad

Emissionen	Status (2012) (€/t CO ₂ -Äq.)	Ziel (2050) (€/t CO ₂ -Äq.)
Zertifikatspreis	6,00	95,00

8.5 Ergebnisse

Mit den Kosten zur Strombereitstellung wurde eine Größe gewählt, die das Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ und „Niedersachsen -80 Prozent THG“ mit dem heutigen Energiesystem vergleichbar macht. Durch Einbezug der Kosten für die Stromspeicherung sowie für den zusätzlichen Netzausbau wird hier ein systemischer Ansatz geschaffen. Die Kosten zur Strombereitstellung im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ betragen 11,55 Cent/kWh und im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ maximal 11,99 Cent/kWh. Demgegenüber ergibt sich im BaU-Pfad eine Spannweite von 11,29 bis 18,10 Cent/kWh. Es wird deutlich, dass die Kosten zur Strombereitstellung in beiden Szenarien innerhalb der Spannweite der ermittelten Kosten des BaU-Pfades liegen. In der folgenden Grafik werden die Ergebnisse gemeinsam dargestellt.

Dabei ist zu beachten, dass in beiden Szenarien die Versorgung sämtlicher Anwendungsbereiche (Wärme, Prozesswärme, Mobilität und KLIK) nahezu vollständig (zu etwa 94 Prozent) elektrisch erfolgt. Im BaU-Pfad hingegen wird nur ungefähr ein Fünftel der erforderlichen Endenergie durch Strom bereitgestellt (vgl. Abbildung 18).

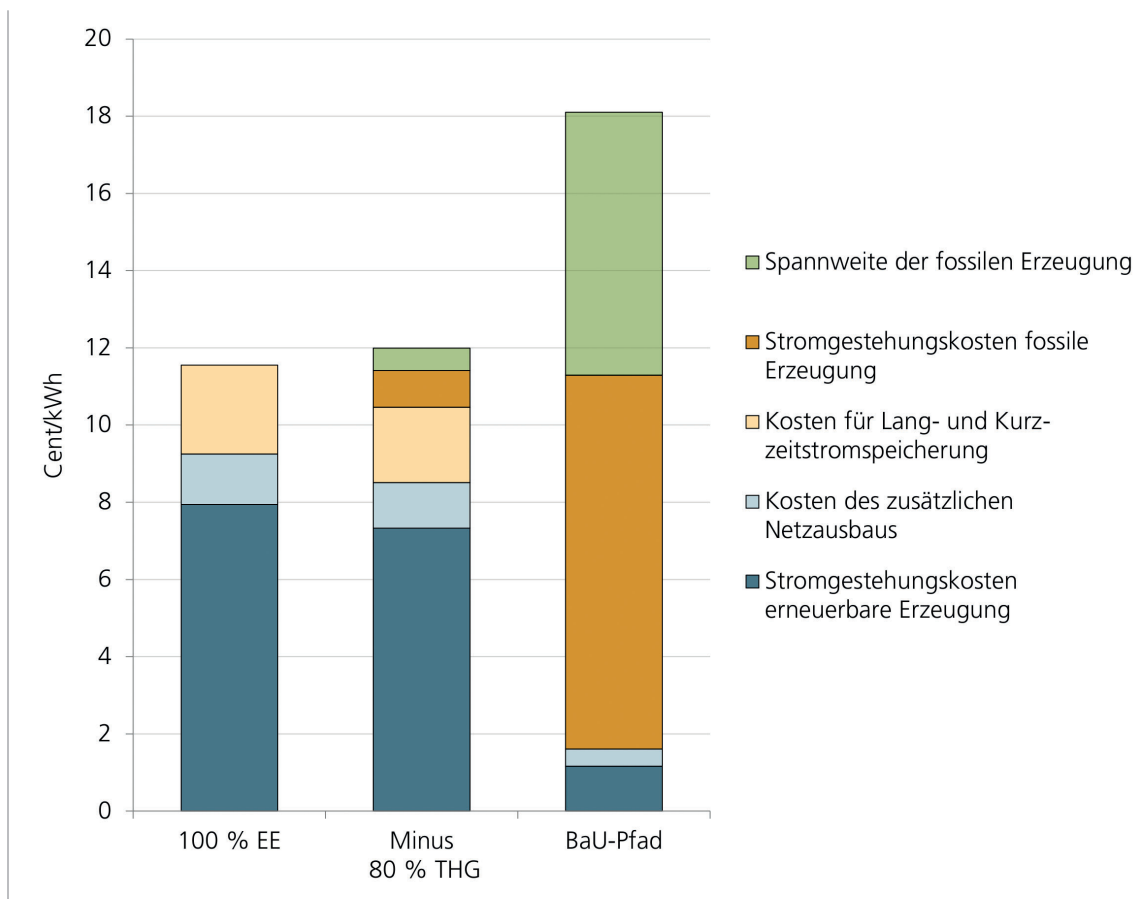


Abbildung 25: Kosten der Strombereitstellung in den Szenarien „Niedersachsen 100 Prozent EE“, „Niedersachsen -80 Prozent THG“ im Vergleich zum BaU-Pfad.

8.6 Gesamtwirtschaftlicher Kontext

Die bisherigen Analysen im Kapitel 8 umfassten nur den Strombereich, andere Energieträger wurden nicht beachtet. Zur heutigen Energieversorgung trägt Strom jedoch nur etwa ein Fünftel bei. Die Energieträger zur Bereitstellung von Wärme und Mobilität bleiben in der öffentlichen Diskussion oft unberücksichtigt. Zur Vergleichbarkeit mit einem Energiesystem, das nahezu zu 100 Prozent auf erneuerbaren Energien beruht, müssen diese Sektoren (und die entsprechenden Preissteigerungsraten) ebenfalls berücksichtigt werden. Eine Studie des Fraunhofer ISE Instituts betrachtet diese Fragestellung (ISE 2015). In dieser Analyse werden die kumulierten Kosten verschiedener Energiesysteme verglichen. Bezogen auf die Bundesrepublik ist dortiges Referenzszenario etwa 500 Mrd. Euro teurer als die in der Studie beschriebenen Klimaschutzszenarien. Diesem Referenzszenario liegen vergleichbare Annahmen wie dem in Kapitel 8.4 beschriebenen BaU-Pfad zu Grunde (+2 Prozent Preisanstieg bei den fossilen Energieträgern, Anstieg des Zertifikatspreises auf 100 € bis 2030, danach konstant). Die in (ISE 2015) berechneten Klimaschutzszenarien basieren auf vergleichbaren Annahmen wie die Energieszenarien des vorliegenden Gutachtens. Auf Niedersachsen bezogen entspricht die oben genannte Kostendifferenz einer Einsparung von rund 67 Mrd. Euro bei der Umstellung auf erneuerbare Energien. Eigene Berechnungen der Gutachter auf Basis der Niedersächsischen Energiebilanz (MU 2015), die abgeschätzt ein Einsparpotenzial von 61 Milliarden Euro ergeben, bestätigen dieses Potential für das Bundesland. Es zeigt sich, dass bei konservativen Annahmen und Berücksichtigung der einmalig erforderlichen Investitionskosten ein vollständig regeneratives Energiesystem bei kumulierter Betrachtungsweise günstiger ist als eine fossile Versorgung.

Jenseits der ökonomischen Faktoren sind weitere Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die sich vor allem auf volkswirtschaftlicher Ebene widerspiegeln. Im Folgenden wird auf ausgewählte Kosteneffekte genauer eingegangen.

Durch eine heimische Energieversorgung wird nicht nur die regionale Wertschöpfung erhöht, sondern auch die Außenhandelsbilanz verändert. Dies trifft besonders für Länder wie die Bundesrepublik zu, die nur im geringen Umfang über heimische Energieträger verfügen. Durch den Import (z.B. von Steinkohle oder Erdgas) fließen die Erlöse in die Herkunftsländer. Nach Berechnungen von (GWS 2015) können die vermiedenen Importe im Jahr 2050 über 60 Mrd. Euro/a betragen. Beim Einsatz heimischer Energieträger verbleibt diese Summe als Wertschöpfung in Deutschland und könnte investiert werden (IFEU 2012). Parallel zur Erhöhung der inländischen Wertschöpfung kann auf diese Weise auch die Energiesicherheit gestärkt werden, da die Abhängigkeit von zum Teil politisch instabilen Herkunftsländern verringert wird.

Positive Effekte sind auch für den Arbeitsmarkt zu erwarten. Neben den direkt in der Branche beschäftigten Arbeitnehmern wächst mit einem größeren Anlagenpark der Wartungs- und Instandhaltungsbedarf. Durch die dezentrale Struktur wird dieser Effekt weiter verstärkt. Schätzungen halten eine deutliche Zunahme der Bruttobeschäftigung auch in Zukunft in Deutschland für realistisch (IFEU 2012).

9 Ableitung möglicher Klimaschutzziele

Die Begrenzung der anthropogen verursachten Erderwärmung gilt als international akzeptiertes und verbindliches Ziel. Daraus ergibt sich eine korrespondierende Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre für Treibhausgase, insbesondere CO₂. Langfristig ist zum Erreichen des Ziels somit eine nachhaltige Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energieträger alternativlos.

Das Ziel der Niedersächsischen Landesregierung ist es, ein Leitbild einer nachhaltigen Energie- und Klimaschutzpolitik zu erstellen, das sich an den Beschlüssen der Weltgemeinschaft in Paris im Dezember 2015 orientiert. In diesem Zusammenhang sind im Folgenden auf Basis der erstellten Szenarien (100 Prozent EE und -80 Prozent THG) Zielempfehlungen für die Entwicklung der regionalen Treibhausgasemissionen Niedersachsens aufgeführt. Danach werden bestehende Maßnahmen

zur Treibhausgasminderung für den Bereich der Bundesrepublik und basierend auf dem Projektionsbericht 2015 (BMUB 2015) für Niedersachsen entsprechend anteilig quantifiziert. Weitere vorgeschlagene Maßnahmen des Bundes für eine Zielerreichung in den Jahren 2030 und 2050 werden angegeben und diskutiert. Abschließend sind Maßnahmen für verstärkte niedersächsische Anstrengungen zu entwickeln, da die bis hierhin aufgeführten Maßnahmen nicht zur erklärten Gesamtzielerreichung ausreichen werden. Für Niedersachsen sollen das mögliche Klimaschutzziel bis zum Jahr 2050 sowie ein Zwischenziel für das Jahr 2030 abgeleitet werden (vgl. Abbildung 26). Damit lassen sich die aufgezeigten Handlungsfelder des Bundes zum Erreichen der definierten Minderungsziele um niedersachsenspezifische Handlungsfelder ergänzen.

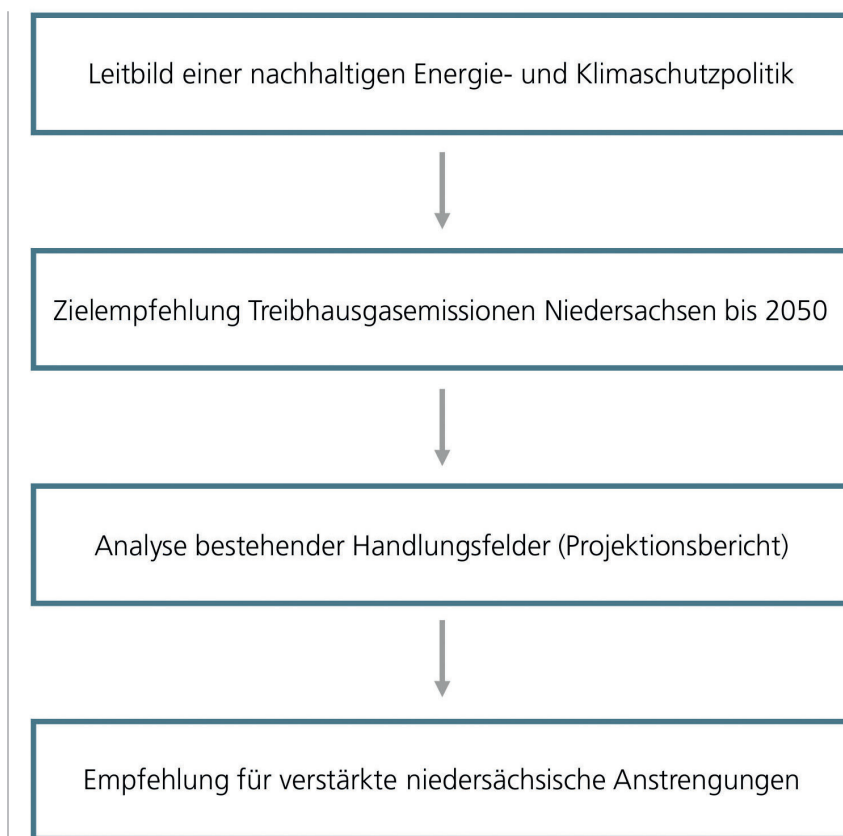


Abbildung 26:
Systematik zur Ableitung
möglicher Klimaschutzziele.

9.1 Zielempfehlung Treibhausgasemissionen Niedersachsen bis 2050

Im Gegensatz zu der Entwicklung der Szenarien erfolgt hier eine grundsätzlich andere Herangehensweise. Die Ableitung niedersächsischer Klimaschutzziele sollte mit der regionalen Bilanzierung konform gehen, auch um ein mögliches Monitoring zu ermöglichen. Daher wird in diesem Fall von der Quellenbilanz des Landes Niedersachsen ausgegangen. Für das Statusjahr 2012 und den Ausgangswert liegen die Zahlenangaben für den energetischen Bereich vor (MU 2015). Die nichtenergetischen Treibhausgasemissionen sind für die Jahre 2012 und 2050 im Anhang C für den regionalen Ansatz ermittelt worden. Wie sich im -80 Prozent THG-Szenario zeigt, stehen dort nur noch relativ geringe Emissionsanteile für die energetische Nutzung zur Verfügung, da unvermeidliche nichtenergetische THG-Emissionen zu bilanzieren sind. Daher soll für den energetischen

Bereich das Ziel des 100 Prozent EE-Szenario gelten und Restemissionen nur noch im nicht-energetischen Bereich zugelassen werden. Dieses Ziel erweist sich insgesamt als anspruchsvoller. In Tabelle 30 sind die sich ergebenden territorial emittierten Treibhausgasemissionen, unterteilt in energetische und nichtenergetische Emissionen, für die Jahre 2012 und 2050 in Mio. t CO₂-Äq. pro Jahr dargestellt. Für den energetischen Bereich erfolgt eine Unterteilung nach Sektoren. Für das Jahr 2050 sind vereinbarungsgemäß die Restemissionen in allen Sektoren auf null zu setzen. Im nichtenergetischen Bereich verbleiben 13,62 Mio. t CO₂-Äq./a im Jahr 2050. Damit ermittelt sich die gesamte Treibhausgasminderung zum Bezugsjahr 1990 auf eine Reduzierung um 87,5 Prozent. Dieser Wert liegt innerhalb der Spannweite der von der Bundesregierung vorgegebenen Treibhausgasminderung von 80 bis 95 Prozent.

Tabelle 30: Treibhausgasemissionen in Niedersachsen in 2012 und 2050

	2012 (Mt CO ₂ -Äq./a)	2012 (Prozent von 1990)	2050 (Mt CO ₂ -Äq./a)	2050 (Prozent von 1990)
Energetische Emissionen	64,45	-16,4	0	-100,0
davon im Sektor Energiewirtschaft	21,9		0	
davon in den Sektoren Haushalte und GHD	14,4		0	
davon im Sektor Industrie	12,0		0	
davon im Sektor Verkehr	16,1		0	
Nichtenergetische Emissionen	24,34	-23,9	13,62	- 57,4
Gesamt	88,89	-18,6	13,62	- 87,5

Für die Ableitung von Reduktionszielen für das Jahr 2030 erfolgt die Annahme einer linearen Entwicklungslinie. Üblicherweise, z.B. bei den Vorgaben der Bundesregierung, werden bei der Formulierung von Zielen und der Aufteilung auf Abschnitte lineare Verhältnisse angenommen. Diese spiegeln nicht unbedingt die technische und wirtschaftliche Entwicklung wieder, erlauben es aber bei festgestellten Abweichungen durch Monitoring und ex-post-Analysen steuernd und korrigierend einzugreifen.

Das Ziel von minus 87,5 Prozent sowie die tatsächliche Reduktion im Jahr 2012 von minus 18,6 Prozent bilden die Stützpunkte für den hier empfohlenen Verlauf der Reduktionsziele für das Land Niedersachsen (vgl. Abbildung 27). Sowohl der Verlauf der energetischen als auch der nicht-energetischen Emissionen wird mit dieser linearen Interpolation angenähert. Das Reduktionsziel für das Jahr 2030, bezogen auf 1990, beträgt damit minus 51,2 Prozent (vgl. Tabelle 31). In der Tabelle sind ebenso die Absolut- und Relativwerte der einzelnen Emissionsanteile zu finden. Zusätzlich sind Zahlenangaben für das Jahr 2040 verfügbar.

Zum Vergleich sind in der Abbildung 27 die Ziele zur Minderung der Treibhausgasemissionen für Deutschland dargestellt. Bedingt durch unterschiedliche Ausgangszustände erreicht Niedersachsen erst nach 2040 die bundesdeutschen Minderungsziele und liegt schließlich im Zielkorridor der BRD für 2050.

Ein Grund liegt in den Minderungserfolgen der ersten Jahre nach 1990 durch den Beitritt der neuen Bundesländer, der nicht auf Niedersachsen übertragbar ist. Eingerechnet werden muss auch der Atomausstieg mit den real vorhandenen Anlagen in Niedersachsen, für die im Übergang fossil befeuerte Kraftwerke eingerechnet werden müssen, die zwischenzeitlich zu einer leichten Erhöhung der gesamten THG-Emissionen führen.

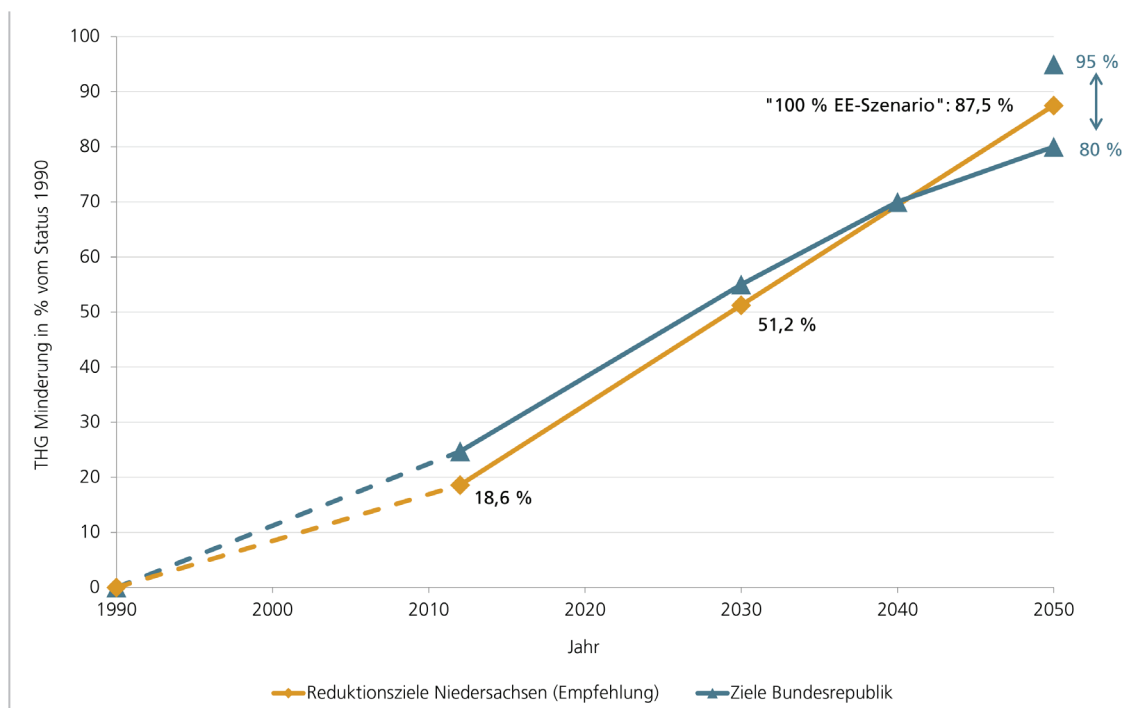


Abbildung 27: Empfohlene Reduktionsziele für Niedersachsen im Vergleich zu beschlossenen Reduktionszielen der Bundesrepublik.

Tabelle 31: Treibhausgasemissionen in Niedersachsen in 2030 und 2040 mit Daten aus (MU 2015)

	2030 (Mt CO ₂ -Äq./a)	2030 (Prozent von 1990)	2040 (Mt CO ₂ -Äq./a)	2040 (Prozent von 1990)
Energetische Emissionen	33,97	-55,9	16,94	-78,0
Nichtenergetische Emissionen	19,26	-39,8	16,44	-48,6
Gesamt	53,23	-51,2	33,38	-69,4

9.2 Analyse bestehender Handlungsfelder

Auf Basis des Projektionsberichts 2015 der Bundesregierung (BMUB 2015) werden existierende Handlungsfelder zur Minderung von energetischen und nichtenergetischen Treibhausgasen analysiert und quantifiziert. Der Bereich der energetischen Emissionen wird dabei in den Umwandlungsbereich, Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), sowie Industrie und Verkehr eingeteilt. Diese sind wie folgt definiert:

- Umwandlung: Öffentliche Strom- und Wärmeversorgung (Energiewirtschaft),
- Haushalte und GHD: Verbrennungsprozesse in privaten Haushalten und in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (im Wesentlichen Brennstoffe für Raumwärme, Kochen und Warmwasser),
- Industrie: Verbrennungsprozesse und Eigenstromversorgung des Industriesektors ohne prozessbedingte Emissionen,
- Verkehr: Kraftstoffverbrennung im Verkehr.

Die nichtenergetischen Emissionen stammen aus Industrieprozessen, Abfall und Abwasser, Landwirtschaft oder Lösemitteln.

In (BMUB 2015) wird die Abnahme der Treibhausgasemissionen innerhalb der BRD für die Jahre bis 2030 differenziert nach Quellbereichen angegeben.

9.2.1 Energiewirtschaft

Die Einsparung von THG-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft basiert auf der Substitution von thermischen Kraftwerken als derzeitigen mengenmäßig größten Emittent durch erneuerbare Energieanlagen (EEA). Somit sind alle Maßnahmen, die den Betrieb von EEA begünstigen oder den Betrieb von fossil befeuerten thermischen Kraftwerken verteuern, im Sinne des angestrebten Ziels. Die Instrumente können erzeugungsbasiert (z. B. Einspeisevergütung, Emissionszertifikate) oder investitionsbasiert (z. B. Investitionszuschuss, -darlehen und Steuervergünstigungen) sein, siehe dazu auch Empfehlungen aus anderen Bundesländern (UM BW 2014; NRW 2015). Die Reduktion der THG-Emissionen resultiert im Wesentlichen aus der Wirkung der Einspeisung von erneuerbaren Energien nach dem EEG (etwa 74 Prozent) sowie kleineren Beiträgen über den Emissionshandel (3 Prozent), Kraft-Wärme-Kopplung (<1 Prozent) und weiteren Maßnahmen.

Einspeisung von erneuerbaren Energien nach dem EEG

Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz wird die Substitution von Strom aus fossiler Erzeugung durch regenerativ erzeugten Strom (also erzeugungsbasiert) forciert, wodurch der THG-Ausstoß der Energiewirtschaft insgesamt sinkt.

Emissionshandel

Das EU-Emissionshandelssystem deckt etwa 45 Prozent der Treibhausgasemissionen der EU ab (EUK 2015). Betroffen sind dabei im Wesentlichen die Stromerzeugung, aber auch energieintensive Branchen wie die Metallerzeugung und -verarbeitung, die Zement- und Kalkproduktion, die Glas- und Papierherstellung sowie Raffinerien. Die Wirkung kann durch die Einführung eines Klimabeitrags verstärkt werden (Oei 2015).

Kraft-Wärme-Kopplung

Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) 2012 gibt für das Jahr 2020 einen KWK-Anteil an der Nettostromerzeugung von 25 Prozent als Ziel vor. Durch die Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie und die Evaluation des KWKG 2012 soll im Jahr 2015 eine Novellierung des KWKG erfolgen. So sieht der Entwurf vom Oktober 2015 für das KWK-Nettostromerzeugungs-Ziel im Jahr 2020 die thermischen Kraftwerke als Bezugsgröße vor. Zudem sind KWK-Anlagen im Rahmen des EEG förderfähig, wenn sie mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden.

Die im Projektionsbericht ermittelten Minderungsbeiträge reichen nicht aus, um die Selbstverpflichtung der BRD zu erfüllen. Es wird von einer Lücke von 5 bis 8 Prozent für die Zielerreichung für das Jahr 2020 ausgegangen (BMUB 2014c). Daher sind in verschiedenen Untersuchungen zusätzlich Maßnahmen vorgesehen (Öko 2014; BMUB 2014b), um die Geschwindigkeit der THG-Reduzierung zu erhöhen. Die Maßnahmen werden in Teilbereichen auch noch bis in das Jahr 2030 hinein wirken und finden somit hier Berücksichtigung. Die wirksamsten Maßnahmen sind eine Reform des Emissionshandels auf europäischer Ebene und die Dekarbonisierung der Energiewirtschaft durch Umsteuern fossiler Kraftwerke und Ausbau erneuerbarer Energien (BMUB 2014c). Die Zielvorgabe ist mit zusätzlichen 22 Mio. t CO₂-Äq./a Einsparung definiert (BMUB 2014b).

Die auf Niedersachsen entfallenen Einsparungen gemäß Projektionsbericht ergeben in etwa 7 Mio. t CO₂-Äq./a, dazu kämen etwa anteilig 1 bis 2 Mio. t CO₂-Äq./a durch zusätzliche Maßnahmen.

9.2.2 Haushalte und GHD

Die Bereiche Haushalt und GHD sind eher heterogene Bereiche, die sich in verschiedene Handlungsbereiche untergliedern lassen, wie elektrische Anwendungen, Gebäude, Konsum und Ernährung, Energetische Stadt- und Dorfentwicklung sowie Systemintegration (angepasst nach (NRW 2015)). Wesentliche Maßnahmen, die zur Reduktion in diesem Sektor beitragen, sind erhöhte Sanierungsanforderungen (25 Prozent), Wirkung der KfW-Programme (16 Prozent), die Öko-Design Richtlinie (15 Prozent) sowie weitere Maßnahmen.

Sanierungsanforderungen für Bestandsgebäude und Neubauten

Die energetischen Mindestanforderungen an Neubauten sowie für Bestandsgebäude mit größerer Sanierung werden durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt. Zudem gibt das Energieeinspargesetz (EnEG), auf dem die EnEV fußt, weitere Gebäude-Gesamteffizienzmaßgaben vor.

KfW-Programme für energieeffiziente Gebäude

Programminhalt ist eine vergünstigte Kreditvergabe für Sanierungs- und bauliche Maßnahmen, die insgesamt zu einem „Effizienzhaus“ führen.

Öko-Design Richtlinie

Die Richtlinie enthält eine Verordnung zu Effizienzanforderungen für Heizgeräte, Warmwasserbereiter und Wärmepumpen.

Zusätzliche Maßnahmen

Die zusätzlichen Maßnahmen bestehen aus dem Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz, dem Marktanreizprogramm (MAP) des BMWi, der steuerlichen Förderung von energetischen Sanierungen, der Weiterentwicklung des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms, der Weiterentwicklung der KfW-Energieeffizienzprogramme und dem Nationalen Effizienzlabel für Heizungsanlagen. Weitere Maßnahmen zur Umsetzung auf Landesebene sind in (UM BW 2014, S.161f) genannt (dort ohne Quantifizierung).

Die Verstärkung der Anstrengungen in diesem Sektor wird durch zwei Sondermaßnahmen verdeutlicht, den „Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz“ (NAPE) und einer Strategie „Klimafreundliches Bauen und Wohnen“, deren Effekte in etwa bundesweit auf 25 bis 35 Mio. t CO₂-Äq./a geschätzt werden. Hauptsächlich geht es dabei um die Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebereich und weitere Anreize für Energieverbrauchsreduktionen.

Die auf Niedersachsen entfallenen Einsparungen gemäß Projektionsbericht ergeben in etwa 4,8 Mio. t CO₂-Äq./a, dazu kämen etwa anteilig 2,5 bis 3,5 Mio. t durch zusätzliche Maßnahmen.

9.2.3 Industrie

Zu der Reduktion der Treibhausgasemissionen im Sektor Industrie als derzeit zweitgrößter THG-Emittent tragen hauptsächlich der Emissionshandel (33 Prozent), die Energieberatung Mittelstand (33 Prozent) und Effizienznetzwerke (21 Prozent) bei.

Emissionshandel

Vgl. Kapitel 9.2.1.

Energieberatung Mittelstand

Das Programm „Energieberatung Mittelstand“ des BMWi umfasst eine Förderung von unabhängigen Energieberatungen, bei der Experten Potenziale zur Energieeinsparung identifizieren und konkrete Einsparvorschläge entwickeln.

Effizienznetzwerke

In Energieeffizienznetzwerken können sich Unternehmen zusammenschließen, um sich gemeinsam Energieeffizienz- und CO₂-Minderungsziele zu setzen und voneinander zu lernen. Es handelt sich dabei in der Regel um Energieeffizienznetzwerke nach dem LEEN-Standard (Lernende Energie-Effizienz-Netzwerke).

Weitere Maßnahmen

Die weiteren Maßnahmen bestehen aus ökologischer Steuerreform, Spitzenausgleich, EEG-Umlage, besonderer Ausgleichsregelung, Mindeststandards, Förderung Querschnittstechniken, Förderung Produktionsprozesse, Förderung von Kälte- und Klimaanlageanlagen im Gewerbe. Weitere 23 beispielhafte Maßnahmen, die insbesondere auf Landesebene ergriffen werden können, jedoch nicht weiter quantifiziert sind, sind in (UM BW 2014, S. 162) zu finden.

Die auf Niedersachsen entfallenen Einsparungen gemäß Projektionsbericht ergeben in etwa 1 Mio. t CO₂-Äq./a. Zusätzliche Maßnahmen über den Projektionsbericht hinaus werden derzeit nicht quantifiziert. Es verbleibt die mögliche Einflussnahme über den Emissionshandel.

9.2.4 Verkehr

Die größten Verursacher von THG-Emissionen im Sektor Verkehr sind der Straßenpersonenverkehr gefolgt von Straßengüterverkehr und anderen (NRW 2015). Die wesentlichen Maßnahmen, auf denen die Minderung der Treibhausgasemissionen im Sektor Verkehr beruht, zielen daher auf diese beiden Bereiche ab und dabei in erster Linie auf die Biokraftstoffbeimischung (74 Prozent), aber auch auf Emissionsstandards für Pkw (18 Prozent) und die Lkw-Maut (9 Prozent).

Biokraftstoffbeimischung

Die EU-Richtlinie 2009/28/EG sieht durch den steigenden Anteil an eingesetzten Biokraftstoffen eine Treibhausgasminderungsquote vor. Mittlerweile wurde aufgrund der kontroversen Diskussion um die Biotreibstoffe die Quote deutlich gesenkt. Damit lassen sich die vorgegebenen Ziele der THG-Vermeidung über Biotreibstoffe nicht erreichen.

CO₂-Emissionsstandard Pkw und Änderungen der Kfz-Steuer

In der EU neu zugelassene Pkw haben einen durchschnittlichen CO₂-Emissionszielwert zu erfüllen. So liegt dieser für das Jahr 2015 bei 130 g/km und in dem Jahr 2020 bei 95 g CO₂/km. Zudem sind ab 2020 „Supercredits“ für besonders emissionsarme Pkw (< 50 g CO₂/km) geplant.

Mit der Kfz-Steuer werden außer Schadstoffklassen und Hubraum auch spezifische Kohlenstoffdioxidemissionen und Hubraum berücksichtigt. Damit fallen nach einer steuerfreien Grenze Gebühren für CO₂-Emissionen in Gramm pro Kilometer für die Pkw an. Für rein bzw. überwiegend elektrisch betriebene Fahrzeuge ist eine begrenzte Steuerbefreiung vorgesehen.

Lkw-Maut

Die Richtlinien 1999/62/EU und 2013/22/EU ermöglichen in den Mitgliedsstaaten eine Gebührenerhebung für die Straßennutzung durch Nutzfahrzeuge. Novellierungen dieser Richtlinien sehen eine künftige Ausweitung der Lkw-Maut vor, um eine Verkehrsverlagerung zu erreichen.

CO₂-Emissionsstandard für leichte Nutzfahrzeuge

Die Verordnung EU Nr. 510/2011 gibt für die in der EU neu zugelassenen leichten Nutzfahrzeuge einen CO₂-Emissionszielwert vor. Diese Zielwerte sollen schrittweise erreicht werden.

Weitere Maßnahmen

Die weiteren Maßnahmen im gesamten Verkehrsbereich umfassen Luftverkehrssteuer und Emissionshandel im Luftverkehr, Förderprogramm für hybridisierte Lkw, Engpassbeseitigung im Schienennetz nach dem Bundesverkehrswegeplan (BVWP), Stärkung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), weitere Förderung alternativer Antriebe im ÖPNV. Weitere beispielhafte Maßnahmen, die insbesondere auf Landesebene ergriffen werden können, jedoch nicht weiter quantifiziert sind, sind in (UM BW 2014, S. 163f) zu finden.

Zur Zielerreichung sind weitere Anstrengungen im Bereich Endenergieeinsparung notwendig. Hinzu kommen deutlich erhöhte Marktanteile für Elektrofahrzeuge, etwa 6 Mio. Fahrzeuge in 2030 (BMUB 2014c). Verbesserungen sind über die Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsmittel vorgesehen. Die auf Niedersachsen entfallenen Einsparungen gemäß Projektionsbericht ergeben in etwa 2,4 Mio. t CO₂-Äq./a an Einsparung, dazu kämen etwa anteilig maximal 1 Mio. t CO₂-Äq./a durch die zusätzlichen Maßnahmen außerhalb des Projektionsberichtes.

9.2.5 Nichtenergetische Emissionen

Die nichtenergetischen Treibhausgasemissionen sind für die Jahre 1990, 2012 und 2050 im Anhang C für den regionalen Ansatz ermittelt worden. Dabei beziehen sich die Annahmen für die sektorale Aufteilung der Emissionen im Jahr 2050 auf einen realistisch abgeschätzten Ansatz, der im Prinzip auf Untersuchungen und Vorschläge des Umweltbundesamtes beruht (UBA 2014). Die Sektoren sind Industrieprozesse, Lösemittel, Abfall und Abwasser sowie Landwirtschaft, dagegen wird vereinbarungsgemäß der Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft nicht eingerechnet. Für die Ermittlung der im Jahr 2030 zu erreichenden Zwischenwerte wird ein linearer Verlauf zwischen dem Basisjahr 2012 und 2050 angenommen. Das erfolgt analog zu dem Vorgehen bei der Verminderung der energetisch bedingten Emissionen. Damit ergeben sich die Zwischenwerte und Endwerte gemäß Tabelle 32. Für die einzelnen Sektoren resultieren sich demnach unterschiedliche prozentuale Minderungsansätze. Die Werte in der Tabelle 32 sind vom Gutachter vorgeschlagene Reduktionsziele, die sich auf den Status 2012 und ein Ziel in 2050 beziehen, welches die Restemissionen aus den einzelnen Sektoren aufgrund einer eigenen Abschätzung wiedergibt.

Die in der Tabelle 32 insgesamt vorgegebenen Reduktionsziele werden nun – analog dem Vorgehen oben – mit den Zahlen aus dem Projektionsbericht der Bundesrepublik verglichen und etwaige Differenzen festgestellt.

Tabelle 32: Entwicklung der nichtenergetischen Treibhausgasemissionen in Niedersachsen von 2012 bis 2050, eigene Berechnungen mit prozentualer Reduktion für 2030

	2012 (Mt CO ₂ -Äq./a)	2030 (Mt CO ₂ -Äq./a)	2050 (Mt CO ₂ -Äq./a)
Nichtenergetische THG-Emissionen	24,34	19,26	13,62
davon im Sektor Industrieprozesse	7,45	5,53 (25,8 Prozent)	3,40
davon im Sektor Lösemittel	0,19	0,15 (22,8 Prozent)	0,10
davon im Sektor Abfall und Abwasser	1,56	0,97 (37,6 Prozent)	0,32
davon im Sektor Landwirtschaft	15,13	12,60 (16,7 Prozent)	9,80

Industrieprozesse

Im Projektionsbericht (BMUB 2015) wird für diesen Sektor weitgehend eine Fortschreibung auf dem Niveau von 2012 angenommen. Lediglich die Einbeziehung der Adipin- und Salpetersäureproduktion in den Emissionshandel ab 2013 erwirkt eine deutliche Reduzierung. Durch Produktionsverschiebungen (z.B. Elektrostahl) sind weitere Einsparungen denkbar. Die F-Gase in Summe werden nach einer zwischenzeitlichen Steigerung ab etwa 2020 mit einer deutlichen Verminderung bis 2030 prognostiziert. Insgesamt soll die bundesweite Reduzierung demnach im Bereich Industrieprozesse für diesen Zeitraum etwa 25,0 Prozent betragen.

Die in der Studie (UBA 2014) zugrunde gelegten Emissionsminderungen für 2050 verursachen einen Rückgang der gesamten THG-Emissionen aus Industrieprozessen auf 19,3 Prozent im Vergleich zu 2012. Dazu werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Herstellung zementähnlicher Baustoffe mittels regenerativen Methan und Strom, Substitution von 50 Prozent derzeitiger Produktionsweise, Produktionsrückgang in der Kalkherstellung.
- Fast vollständige Verminderung der Lachgasemissionen bei der Adipin- und Salpetersäureherstellung und Umstellung der Ammoniaksynthese auf regenerativ erzeugten Wasserstoff in der Chemischen Industrie.
- Umstellung auf Elektrostahlerzeugung und Direktreduktion über regeneratives Methan oder Wasserstoff, Direktreduktion über regeneratives Methan oder Wasserstoff und Einsatz inerter Anoden in der Primäraluminiumherstellung.
- Nahezu volle Substitution des Einsatzes von F-Gasen.

Es bestehen berechtigte Zweifel, ob die vorgeschlagenen Maßnahmen vollumfänglich umsetzbar sind. Äußerungen aus dem industriellen Umfeld lassen darauf schließen, dass derart massive Produktionseinschränkungen nicht durchsetzbar wären. Im realistischen Ansatz werden deshalb abweichend davon geringere Reduktionen bei der Zementherstellung (nur 25 Prozent Substitution statt 50 Prozent) gesehen. Auch die Chemische Industrie kann ihre Emissionen wahrscheinlich nicht auf nahezu Null reduzieren, es verbleibt ein geschätzter Beitrag von etwa 33 Prozent. Gleiches gilt für die Metallproduktion, bei der die angedachten Umstellungen nicht vollumfänglich greifen werden. Es könnte auf etwa 50 Prozent statt auf nahezu Null reduziert werden. In der Summe ergibt sich daher eine realistisch eingeschätzte Reduktion von 45,6 Prozent von dem Ausgangsjahr 2012 bis zum Jahr 2050.

Dies bedeutet bei linearer Betrachtung und in Analogie zu der Entwicklung für Deutschland einen Rückgang von 25,8 Prozent bis zum Jahr 2030 für Niedersachsen.

Damit ergibt sich zu obigen Angaben aus dem Projektionsbericht eine Lücke von 0,8 Prozent, die durch zusätzliche Maßnahmen in der F-Gas-Vermeidung und etwas ambitioniertere Verfahrens-umstellungen bei mineralischen Produkten, in der Chemischen Industrie und bei der Eisen- und Stahlproduktion erreicht werden kann.

Lösemittel

Im Projektionsbericht sind die Veränderungen im Bereich Lösemittel im Sektor Industrieprozesse enthalten.

Die Annahmen der Gutachter gehen davon aus, dass der relativ unbedeutende Bereich der Lösemittel um 22,8 Prozent von 2012 bis 2030 gesenkt werden soll. Dies gelingt durch produkt- und prozessbezogene Maßnahmen, durch Einsatz von Lösemitteln aus nachwachsenden Rohstoffen und durch eine Erhöhung der Anwendungseffizienz.

Abfall und Abwasser

Der Rückgang der Emissionen aus Abfall und Abwasser ist hauptsächlich auf eine Änderung der Abfallgesetzgebung zurückzuführen. Das Verbot der Ablagerung organischer Stoffe auf Deponien vermeidet nahezu sämtliche Methanemissionen aus dem Deponiekörper. Abwasserbehandlungsverfahren werden ebenso effizienter gestaltet und die unkontrollierte Freisetzung von Treibhausgasen unterbunden. Ein Anstieg von Emissionen ist allerdings über die Zunahme der Mechanisch-Biologischen Vorbehandlung des Hausmülls zu verzeichnen. Durch Veränderung der Konsummuster wird sich andererseits der Wiederverwertungsanteil erhöhen und die Restabfallmenge vermindern. Im Projektionsbericht (BMUB 2015) ergeben sich nach dortigen Berechnungen und Annahmen Reduktionen von 51,95 Prozent bis zum Jahr 2030 gegenüber 2012.

Der Gutachternvorschlag einer linearen Reduktion über den Gesamtzeitraum ergibt eine Reduktion der THG-Emissionen um gut 37,6 Prozent für den angedachten Zeitraum bis 2030. Dieser Wert ist niedriger als oben angenommen. Der Grund liegt in dem tatsächlich erfolgten überproportionalen Rückgang der Emissionen aus Deponien. In absoluten Zahlen ist die Differenz zwischen Projektionsbericht und Gutachternvorschlag mit 0,2 Mio. t aber vergleichsweise gering und mit wenig Einfluss auf das Gesamtergebnis. Daher soll nicht vom linearen Verlauf abgewichen werden. Bei der Betrachtung des Gesamtergebnisses könnte bilanziell die geringe Lücke im Bereich Industrieprozesse durch den leichten Überschuss im Sektor Abfall und Abwasser geschlossen werden.

Landwirtschaft

Die THG-Emissionen aus der Landwirtschaft sind hauptsächlich drei Quellgruppen zuzuschreiben: Methan aus der Verdauung der Wiederkäuer, Methan und Lachgas über Wirtschaftsdünger sowie Lachgas aus der Bodennutzung.

Der Projektionsbericht (BMUB 2015) ergibt für die gesamtdeutschen Zahlen einen leichten Anstieg der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft (Anstieg um 3,9 Prozent) für 2030. Auf Niedersachsen umgesetzt würde das absolut etwa 0,6 Mio. t CO₂-Äq./a zusätzlich bedeuten. Die Aussage des Projektionsberichtes auf Niedersachsen umgesetzt würde das angestrebte Ziel der THG-Vermeidung in der Gesamtheit der nichtenergetischen Emissionen nicht erreichen. Es sollte eine weitere Maßnahmendiskussion erfolgen, ansonsten wird das notwendige Umsteuern in der Landwirtschaft auf spätere Zeitpunkte verschoben.

In der UBA-Studie (UBA 2014) wird ein Rückgang der Emissionen in der Landwirtschaft bis 2050 auf 65 Prozent des Wertes im Vergleich zu 2012 als durchführbar und realistisch konstatiert. Das ergibt bei linearer Betrachtung für die Periode bis 2030 eine Reduktion von 16,7 Prozent. Höhere wünschenswerte Reduktionen sind nur mit weitreichenderen Maßnahmen umzusetzen. Die Komplexität des Eingriffes in die Landwirtschaft mit den vor- und nachgelagerten Bereichen und Auswirkungen sowie Querverbindungen kann hier nicht umfassend abgebildet werden.

Für die Reduzierung auf 65 Prozent in 2050 werden folgende Maßnahmen angenommen bzw. vorgeschlagen (siehe (UBA 2014)):

- Steigerung der Stickstoffausnutzung.
- Verwendung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen mit gasdichter Lagerung.
- Absenkung der Umtriebsrate im Milchviehbestand.
- Verringerung der Tierbestände (Abbau Rindermast, Reduzierung Anzahl Schafe und Milchvieh) bis auf Selbstversorgungsgrad.
- Ausweitung ökologischer Landbau bis auf 20 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche in 2050 gegenüber 2012.

Um die angestrebte Reduzierung um 16,7 Prozent für das Jahr 2030 zu erreichen, wären die oben aufgeführten Maßnahmen zu beginnen und anteilig umzusetzen.

Die Bundesregierung hat neben den Daten und Vorausberechnungen des Projektionsberichtes bereits aktuell weitere Maßnahmen beschlossen (BMUB 2014b). Für den Bereich der nichtenergetischen Emissionen sind dies unter anderem eine Verringerung der F-Gas-Emissionen, die Ausweitung des Ökolandbaus und eine Erhöhung der Effizienz beim Stickstoffeinsatz. Hinzu kommt eine mögliche Effizienzsteigerung in der Abwasserwirtschaft. Im Detail werden einzelne Maßnahmen quantifiziert (BMUB 2014b) und vorgeschlagen:

- Stärkung von Abfallvermeidung, des Recyclings sowie der Wiederverwendung.
- Reduktion von F-Gas-Emissionen.
- Stärkung der Ressourceneffizienz.
- Minderung der Methanemissionen aus Deponien durch Belüftung.
- Novelle der Düngeverordnung.
- Erhöhung des Flächenanteils des ökologischen Landbaus.

Die letzte Zusammenstellung ergibt einige neue Aspekte, beruft sich aber im Wesentlichen auf schon bekannte und diskutierte Handlungsfelder.

Um das angestrebte Ziel von 87,5 Prozent THG-Reduzierung für das Jahr 2050 in Niedersachsen zu erreichen, sind Reduzierungen im Bereich der nichtenergetischen Treibhausgasemissionen notwendig. Bei Annahme eines linearen Verlaufs von 2012 bis 2050 ergibt sich für das Zwischenziel 2030 eine notwendige Reduzierung der THG-Emissionen um etwa 5 Mio. t CO₂-Äq./a insgesamt. Davon werden über die Berechnungen aus dem Projektionsbericht bereits 2,1 Mio. t CO₂-Äq./a über die dort angeführten Maßnahmen reduziert. Es entsteht daher eine Lücke in Höhe von 2,9 Mio. t CO₂-Äq./a für Zusatzmaßnahmen in Niedersachsen.

Die bestehende Lücke für die Bundesrepublik zwischen Projektionsbericht und Klimaziel beträgt 5 bis 8 Prozent (BMUB 2014c). Demnach soll die zusätzliche Minderung von nicht energiebedingten Emissionen in Industrie, GHD und Abfallwirtschaft 3 bis 7,7 Mio. t CO₂-Äq./a betragen, für Landwirtschaft liegt dieser Wert bei etwa 3,6 Mio. t CO₂-Äq./a. Auf Niedersachsen hochgerechnet wäre das in etwa eine Größenordnung von 0,7 bis 1,1 Mio. t CO₂-Äq./a. Diese Menge würde die oben errechnete Lücke von 2,9 Mio. t nicht schließen können. Der hauptsächliche Grund ist die überproportionale Wirkung der Landwirtschaft in Niedersachsen. Daher sind vermehrte Anstrengungen in diesem Sektor anzuraten.

Bis 2030 ergäben sich anteilmäßig umzusetzende Maßnahmen aus dem oben vorgeschlagenen Paket. Eine Steigerung der Stickstoffausnutzung wird durch angepasste Ausbringung, bessere Pflanzenzüchtung und optimierte Verfahrenswesen erreicht. Produktionsmittel können so optimaler eingesetzt werden. Bei fortschreitender Biogasnutzung wird vermehrt Wirtschaftsdünger anstatt nachwachsender Rohstoffe eingesetzt.

Die Tendenz im Biogassektor ist zurzeit allerdings gegenläufig, Neuanlagen werden kaum noch errichtet. Die mögliche Verringerung der Tierbestände wird durch die Entwicklungen der Agrarmärkte mitbestimmt. Aktuell gibt es eine Überproduktion an Milch, welche theoretisch eine Verringerung der Milchviehbestände auslösen könnte. Die Ausweitung des ökologischen Landbaus ist unter Beibehaltung der derzeitigen Umstellungsrate möglich. Höhere Umstellungsrate wären laut Aussage in relevanten Studien (siehe vTI 2013) allerdings eventuell kontraproduktiv.

9.3 Zusammenführung der Zielableitung 2030

Im vorhergehenden Kapitel wurden zu den Teilbereichen die zu Grunde gelegten Zahlen und Maßnahmen erläutert und angegeben. Durch die im Projektionsbericht berücksichtigten Maßnahmen kann der jährliche Ausstoß von Treibhausgasen in Niedersachsen bis zum Jahr 2030 um insgesamt 17,6 Mio. t CO₂-Äq./a gemindert werden (vgl. Tabelle 33). Bei der Betrachtung der Zusammensetzung der absoluten Minderungszahlen werden Unterschiede in der anteiligen und absoluten Wirkung in einzelnen Sektoren deutlich. Überproportional sinkt der Umwandlungsbereich, während im Verkehr und bei der Industrie größere Lücken entstehen. Es ergeben sich erforderliche Zusatzmaßnahmen in Höhe von 18 Mio. t CO₂-Äq./a, um das Ziel in 2030 erreichen zu können.

Die nach dem Projektionsbericht erfolgten Nachbesserungen können in Summe etwa 3 bis 7 Mio. t CO₂-Äq./a ausmachen, also knapp die Hälfte des erforderlichen Einsparungsvolumens an Treibhausgasen. Für Niedersachsen sind demnach weitere Anstrengungen für die Erreichung des Klimaschutzziels zu fordern.

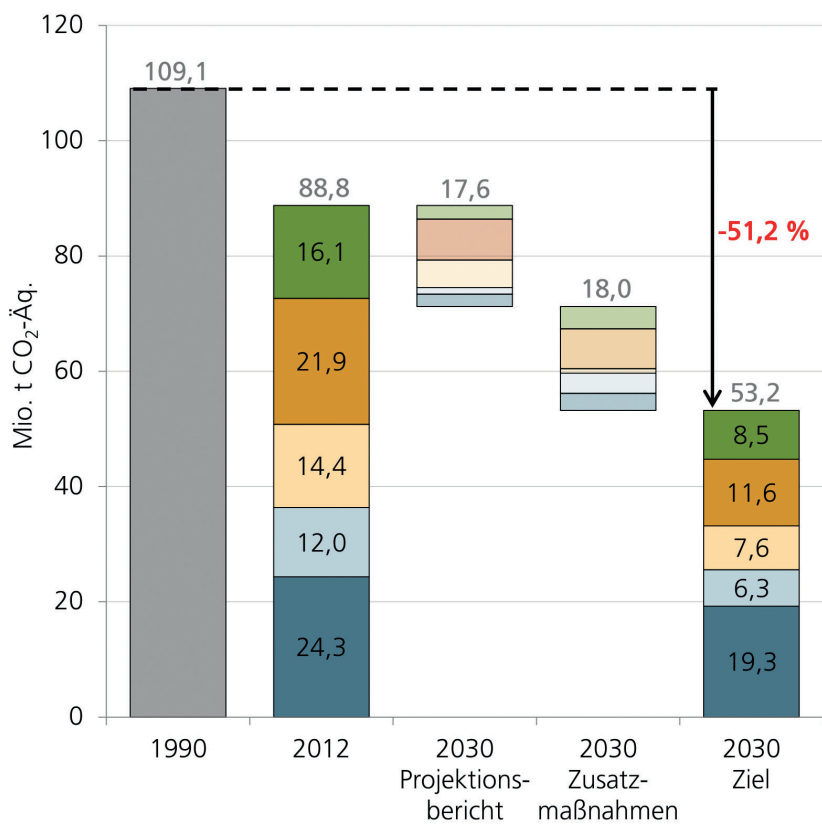
Tabelle 33: Treibhausgasemissionen in Niedersachsen in 2012 und 2030 in Mio. t CO₂-Äq./a

	2012	Abnahme bis 2030 nach (BMUB 2015)	Erforderliche Zusatzmaßnahmen	2030
Energetische Emissionen	64,45	15,41	15,08	33,96
davon im Bereich Verkehr	16,12	2,36	5,27	8,49
davon im Bereich Umwandlung	21,89	7,11	3,21	11,57
davon im Bereich Haushalte, GHD	14,41	4,79	2,04	7,58
davon im Bereich Industrie	12,03	1,15	4,55	6,33
Nichtenergetische Emissionen	24,34	2,13	2,95	19,26
Gesamt	88,79	17,55	18,02	53,22

Der gleiche Zusammenhang ist in Abbildung 28 für die THG-Emissionen Niedersachsens in 1990, 2012 und 2030 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind, um das zuvor festgelegte Reduktionsziel von -51,2 Prozent einzuhalten und die angestrebten Treibhausgasemissionen von 53,2 Mio. t CO₂-Äq./a im Jahr 2030 zu erreichen.

Bei der Formulierung von spezifischen niedersächsischen Vorgaben ist zu beachten, dass eine Größenordnung von etwa 10 Mio. t CO₂-Äq./a für die zusätzlichen Maßnahmen im energetischen Bereich anzustreben ist. Der endgültige Zahlenwert ist von vielen Faktoren abhängig und wird

durch Entscheidungen der EU und der Bundesregierung beeinflusst. Hinzu kommen internationale Beeinträchtigungen über die Klimaabkommen und die Entwicklung der Zertifikatspreise. Eine Besonderheit ergibt sich über die im Vergleich zu anderen Bundesländern stärkere Wirkung der Emissionen aus der Landwirtschaft. Hier sind die erforderlichen Zusatzeinsparungen mit etwa 3 Mio. t CO₂-Äq./a relativ hoch anzusetzen. Die Aufteilung zwischen den einzelnen Sektoren kann sich allerdings noch verschieben. Politische Rahmenbedingungen können zu Über- oder Untererfüllung der Ziele führen. Daher sollte in der Gesamtheit ein Ausgleich zwischen den Sektoren stattfinden können.



- Energet. Emissionen im Verkehr
- Energet. Emissionen im Umwandlungsbereich
- Energet. Emissionen in Haushalten, GHD
- Energet. Emissionen in der Industrie
- Nichtenergetische Emissionen
- Emissionen gesamt

Abbildung 28: Entwicklung der Treibhausgasemissionen Niedersachsens bis 2030

9.4 Empfehlung für mögliche Klimaschutzziele

Es ergibt sich eine erforderliche Minderung der jährlichen Treibhausgasemissionen von 18,0 Mio. t CO₂-Äq./a (vgl. Abbildung 28) gegenüber dem Projektionsbericht. Bereits angestoßene Zusatzmaßnahmen können in Größenordnung für Niedersachsen auf im Mittel 5 Mio. t CO₂-Äq./a abgeschätzt werden, so dass etwa 13 Mio. t CO₂-Äq./a übrig bleiben, die in Niedersachsen spezifisch zu erbringen wären (10 Mio. t CO₂-Äq./a im energetischen und 3 Mio. t CO₂-Äq./a im nichtenergetischen Bereich). Um dies zu erreichen, werden im Folgenden Empfehlungen für die niedersächsischen Klimaschutzziele gegeben.

Umwandlungsbereich

Wirksamster Treiber im Umwandlungsbereich ist die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien. Instrument bis dato ist das EEG. Die Bundesregierung setzt die Rahmenbedingungen für das EEG. Die Bundesländer haben einen (begrenzten) Einfluss darauf, der aber genutzt werden sollte. Dabei kann eventuell entschieden werden, auf Landesebene Maßnahmen zu ergreifen, die zusätzlich oder neben dem EEG ebenso erneuerbare Energien einsetzen (z.B. ein Programm für PV auf öffentlichen Gebäuden ohne Einspeisevergütung). Die zwei bestehenden Kernkraftwerke in Niedersachsen gehen geplant vom Netz. Dabei ist darauf einzuwirken, dass mögliche erforderliche Zusatzkapazität durch emissionsarme Gaskraftwerke bereitgestellt wird. Ebenso ist zu prüfen, inwieweit der Kohlausstieg in Niedersachsen forciert werden kann. Für die in ferner Zukunft einzusetzenden Speicher sind bereits jetzt die Voraussetzungen für Planung, Bau und Inbetriebnahme zu schaffen. Die Vorschläge im Einzelnen sind:

- Überarbeitung des EEG auf Bundesebene
- Ausbau erneuerbarer Energien in Niedersachsen über EEG-Ziele hinaus.
- Vorbereitung zum Speicherausbau.
- Ersatz der Kernkraftwerke durch emissionsarme Gaskraftwerke.
- Forcierung Kohleausstieg (z.B. Kraftwerke Buschhaus, Mehrum).

Haushalte, GHD

Es zeigt sich, dass weitere Anstrengungen im Bereich Haushalt und GHD notwendig werden. Die meisten Maßnahmen fallen unter die Stichpunkte Energieeinsparung und Effizienzsteigerung. Für die Gebäudesanierung fehlen wirksame Anreize auf den verschiedenen Handlungsfeldern. Niedersachsenspezifisch könnte ein Sonderprogramm der landeseigenen Liegenschaften aufgelegt werden. Hinderlich ist aktuell die Preissituation der fossilen Energieträger. Bei niedrigen Preisen sinken die Einsparaktivität sowie die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen. Zusätzlich werden die Umstiegskosten auf erneuerbare Energien allein über den Strompreis (EEG) umgelegt. Fossile Heizenergieträger tragen nicht zur Finanzierung des Umstiegs bei. Da wäre langfristig eine Steuerungsfunktion zu diskutieren, die über Zertifikatekosten hinausgeht. Die Vorschläge im Einzelnen sind:

- Weitere Anreize zur Gebäudesanierung.
- Steuererhöhung für fossile Wärmeenergieträger zur Finanzierung des Umstiegs.
- Verstärkte energetische Sanierung landeseigener Gebäude.

Industrie

Der Industriebereich reagiert sensibel auf regulatorische Veränderungen und Erschwernisse. Dennoch sind auch hier Einspareffekte zu fordern. Vorgeschlagene Maßnahmen setzen dabei auf Freiwilligkeit und die Umsetzung nach Beratung und eventueller Anschubförderung. Preissignale wie oben können auch im Industriebereich wirksam sein. Die Vorschläge im Einzelnen sind:

- Förderung der elektrischen Prozesswärmeerzeugung.
- Steuererhöhung für fossile Wärmeenergieträger zur Finanzierung des Umstiegs.
- Verstärkung der Ressourcen- und Effizienzberatung.

Verkehr

Für den Verkehr gilt es, die angestrebte Umstellung auf Elektromobilität voranzutreiben. Die bisher erzielten Umstellungsraten sind marginal und abnehmend. Es müssen deutliche Signale für ein Umsteuern gesetzt werden. Neben den Bundesmaßnahmen ist zu prüfen, inwieweit Niedersachsen eigene Programme zum Ausbau der Elektromobilität auflegen kann. Die Vorschläge im Einzelnen sind:

- Anreize zum Ausbau der Elektromobilität.
- Förderung der Elektrifizierung des Schwerkraftverkehrs.

Nichtenergetischer Bereich

Die notwendigen Zusatzmaßnahmen betreffen in erster Linie die Landwirtschaft. Der Bereich Abfall und Abwasser erreicht die Ziele, für Industrieprozesse erscheint nur eine leichte Unterdeckung. In der Konsequenz bedeutet das für Niedersachsen eine Fokussierung auf Treibhausgasminderung in der Landwirtschaft in den durch verschiedene Studien vorgeschlagenen Richtungen. Damit wären für die Formulierung der Klimaschutzziele die folgenden Handlungsoptionen gegeben:

- Verbesserte Beratungsangebote zur Verfahrensumstellung in der Industrie.
- Verbesserung der Düngerausnutzung in der Landwirtschaft.
- Ausweitung des ökologischen Landbaus mit der derzeitigen oder einer leicht ansteigenden Umstellungsrate.
- Verringerung der Tierbestände auf Selbstversorgungsniveau.

10 Ausblick

Die vorgestellten Energieszenarien definieren aufgrund des gewählten Backcasting-Ansatzes einen technisch machbaren Zustand der Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energieträger im Zieljahr 2050. Wie bereits aus den Sensitivitätsanalysen deutlich wird, ist dies nur ein möglicher Zustand innerhalb eines „Möglichkeitsraums“. Die konkrete Umstellung des Energiesystems auf regenerative Energien wird sich, neben den dargestellten technischen Anforderungen, sehr stark an wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen der folgenden Jahre orientieren.

Auf Basis der Ergebnisse dieses Gutachtens ergeben sich zusätzliche Fragestellungen, die in darauf aufbauenden Betrachtungen zu untersuchen sind. Diese sind im Einzelnen:

Analysen mit höherer zeitlicher Auflösung

Ausgehend von den tagesscharfen Betrachtungen des Gutachtens sind zeitlich höher aufgelöste Berechnungen der definierten Energiesysteme möglich. Solche Analysen würden eine detaillierte Modellierung von Lang- und Kurzzeitspeichern erlauben. So könnten ggf. auch Maßnahmen aufgezeigt werden, die zu einer Reduktion des hier konservativ abgeschätzten Langzeitspeicherbedarfs führen würden.

Weiterentwicklung der Umsetzungspfade

Ausgehend von der im Gutachten durchgeführten linearen Rückrechnung des Zielzustands auf die Stützjahre zur Definition eines Umsetzungspfades sind die Maßnahmen zur Erreichung der Zwischenziele zu konkretisieren. Unter Berücksichtigung der spezifischen Situation Niedersachsens sind hierbei insbesondere die nächsten Schritte zur Umstellung des Energiesystems zu definieren.

Aufbau eines Monitoringsystems

Für die fortlaufende Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien, zur erforderlichen Effizienzsteigerung oder zur Umstellung der verschiedenen Sektoren auf den Energieträger Strom ist ein geeignetes Monitoringsystem zu entwickeln und fortzuführen. Als Benchmark zur Überprüfung der Zielerreichung in den Folgejahren stellt der im Gutachten dargelegte lineare Verlauf aus der Rückrechnung des Zielzustands auf den Zustand im Statusjahr eine geeignete Datenbasis dar.

Regelmäßige Anpassung der Szenarien

Ausgehend von den in den Folgejahren zu erreichenden Entwicklungen des Energiesystems sollten die erstellten Szenarien regelmäßig, möglicherweise in Verbindung mit einem Monitoringsystem, angepasst werden. Auf Basis einer so ermittelten neuen Datengrundlage für zukünftige Statusjahre können wiederum Backcasting-Szenarien unter den Vorgaben dieses Gutachtens erstellt werden.

Literaturverzeichnis

- (AEE 2014) Agentur für Erneuerbare Energien (AEE): Studienvergleich: Stromgestehungskosten verschiedener Erzeugungstechnologien.
www.forschungsradar.de/metaanalysen/einzelansicht/news/stromgestehungskosten-und-die-kosten-der-energiewende.html, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2014.
- (Agora 2013) Agora Energiewende, Entwicklung der Windenergie in Deutschland, 2013.
- (Acatech 2014) acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (Federführender Hrsg.), Zur Interpretation von Energieszenarien, Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft, 2014.
- (Airbus 2014) Airbus operations (Hrsg.), 3N-Kompetenzzentrum, Kralemann, M., Nachhaltige Biokerosin-Produktion auf Basis von Biogas aus unterschiedlichen Quellen in der südlichen Metropolregion Hamburg/ Niedersachsen (Biogas-to-Kerosene), 2014.
- (BAST 2015) Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (bast), Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen, 2015.
- (Beck 2013) Beck, H.-P., Engel, B., Hofmann, L., Menges, R., Turek, T., Weyer, H.: Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit. Abschlussbericht FA 43/12, Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen, Band 13, Goslar, März 2013.
- (BEE 2013) Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE) (Hrsg.), Möglichkeiten zum Ausgleich fluktuierender Einspeisungen aus Erneuerbaren Energien, 2013.
- (BDEW 2014) Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) (Hrsg.), Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2014),
[https://www.bdew.de/internet.nsf/id/83C963F43062D3B9C1257C89003153BF/\\$file/Energie-Info_Erneuerbare%20Energien%20und%20das%20EEG%20%282014%29_24.02.2014_final_Journalisten.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/83C963F43062D3B9C1257C89003153BF/$file/Energie-Info_Erneuerbare%20Energien%20und%20das%20EEG%20%282014%29_24.02.2014_final_Journalisten.pdf), zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2014
- (BMUB 2007) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit und Bau (BMUB), Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, http://www.biologischesvielfalt.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2007
- (BMUB 2008) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit und Bau (BMUB) (Hrsg.), Zusammenfassende Darstellung der Effizienzpotenziale bei Flugzeugen unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen Triebwerkstechnik sowie der absehbaren mittelfristigen Entwicklungen, 2008.
- (BMUB 2012) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit und Bau (BMUB) (Hrsg.), Langfrist-szenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global (Leitstudie 2011 - Schlussbericht an das BMU), 2012.
- (BMUB 2014a) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.), Die deutsche Klimapolitik, <http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/-nationale-klimapolitik/klimapolitik-der-bundesregierung/>, zuletzt geprüft am 09.04.2015.
- (BMUB 2014b) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Aktionsprogramm Klimaschutz 2020, 2014.
- (BMUB 2014c) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Informationspapier: Aktionsprogramm Klimaschutz 2020, 2014.
- (BMUB 2015) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Projektionsbericht 2015, 2015.
- (BMWi 2014) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.), Eine Zielarchitektur für die Energiewende: Von politischen Zielen bis zu Einzelmaßnahmen, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende/zielarchitektur.htm> zuletzt abgerufen am 05.04.2016.
- (BMWi 2014b) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.), Abschlussbericht Metastudie »Energiespeicher«, 2014.
- (BMWi 2015) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hrsg.), Energiedaten: Gesamtausgabe, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/gesamtausgabe,-did=476134.html>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015
- (BRG 2010) Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), Energiekonzept, http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.html, zuletzt abgerufen am 05.04.2016.
- (BWE 2011) Bundesverband Windenergie e. V. (Hrsg.), Potenzial der Windenergienutzung an Land, Langfassung, 2011.
- (Crotogino 2010) Crotogino, F., Donadei, S., Bünger, U., Landler H., Large-Scale Hydrogen Underground Storage for Securing Future Energy Supplies, Proceedings of the WHEC, May 16.-21., Essen, ISBN: 978-3-89336-654-5, 2010.
- (Bundesbank 2015) Umlaufende Anleihen der Bundesrepublik Deutschland, https://www.bundesbank.de/Redaktion/DE/Downloads/Service/Bundeswertpapiere/einmalemissionen_umlauf_anleihen_bundes.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015.

- (DENA 2010) Deutsche Energie-Agentur (dena), Netzstudie II. <http://www.dena.de/publikationen/energiesysteme/fachbroschuere-zielsetzung-der-dena-netzstudie-ii.html>, zuletzt geprüft am 05.04.2016, 2010
- (Destatis 2015) Statistisches Bundesamt (Destatis) (Hrsg.), Energieerzeugung, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Erzeugung/Tabellen/Bruttostromerzeugung.htm>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015
- (Destatis 2015b) Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen, 2015.
- (Donadei 2015) Donadei, S., Zander-Schiebenhöfer, D., Bestimmung des Speicherpotenzials Erneuerbarer Energien in den Salzstrukturen Norddeutschlands: Vorstellung des Projektes InSpEE, Vortrag anlässlich der DGMK/ÖGEW-Frühjahrstagung, Fachbereich Aufsuchung und Gewinnung, Celle, 22./23. April 2015.
- (EA RG 2015) Energieagentur Region Göttingen (EA RG), Solardachkataster Südniedersachsen, www.solardachkataster-lkos.de/#!menubar/stats.html, zuletzt abgerufen am 05.04.2016.
- (EEX 2015) European Energy Exchange (EEX) (Hrsg.), European Emission Allowances vom 17.04.2015, <https://www.eex.com/de/marktdaten/umweltprodukte/spotmarkt/european-emission-allowances#!/2015/04/17>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016.
- (EFZN 2011) Beck, H.-P., Schmidt, M., Windenergiespeicherung durch Nachnutzung stillgelegter Bergwerke – Kurzbericht. Schriftenreihe des Energieforschungszentrums Niedersachsen, 7, Cuvillier Verlag, ISBN: 978-3-9540409-5-7, 2012.
- (Eichseder 2012) Eichseder, H., Klell, M., Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik, Vieweg und Teubner Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2012.
- (EUK 2015) Europäische Kommission (EUK), The EU Emissions Trading System (EU ETS), http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015
- (FAZ 2015) Frankfurter Allgemeine Zeitung, <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/klimagipfel/weltklimavertrag-angenommen-wir-haben-heute-alle-zusammen-geschichte-geschrieben-13963330.html>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015
- (FGW 2015) FGW e. V. – Fördergesellschaft Windenergie und andere erneuerbare Energien, Veröffentlichung der EEG-Referenzerträge, exemplarisch wurde die Tabelle der ENERCON-Anlagen genutzt, http://www.wind-fgw.de/eeg_referenzertrag.htm, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015.
- (FNR 2009) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Biokraftstoffe – Eine vergleichende Analyse, 2009.
- (FVV 2013) Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. (FVV) (Hrsg.), Kraftstoffstudie - Zukünftige Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren und Gasturbinen, 2013.
- (GN 2014) The Guardian, world's first solar cycle lane opening in the Netherlands 05.11.2014, <http://www.theguardian.com/environment/2014/nov/05/worlds-first-solar-cycle-lane-opening-in-the-netherlands>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2014.
- (GWS 2015) Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Prognos, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg (ZSW), Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen, <http://www.bmw.de/DE/Mediathek/publikationen,did=707646.html>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015.
- (Herold 1197) Herold, G., Grundlagen der elektrischen Energieversorgung, Teubner Verlag, Stuttgart, 1997.
- (IFEU 2008) IFEU – Institut für Energie und Umweltforschung, Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland, 2008.
- (IFEU 2009) Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU), Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (gws), Prognos AG (prognos), Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland, 2009.
- (IFEU 2011) Institut für Entsorgung und Umweltechnik GmbH (IFEU), Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative – Endbericht des Projektes. Zusammenfassung, 2011.
- (IFEU 2012) Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS), Volkswirtschaftliche Effekte der Energiewende: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz, https://www.ifeu.de/energie/pdf/volkswirtschaftl_%20effekte_%20energiewende_broschuere_pehnt_RZ.pdf, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015.
- (ISE 2013) Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Energiesystem Deutschland 2050, 2013.
- (ISE 2015) Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Was kostet die Energiewende?, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/presseinformationen-2015/was-kostet-die-energiewende-2013-wege-zur-transformation-des-deutschen-energiesystems-bis-2050>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015.

- (IWES 2013) Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Energiewirtschaftliche Bedeutung der Offshore-Windenergie für die Energiewende, 2013.
- (IWES 2014) Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) (Hrsg.), Geschäftsmodell Energiewende – Eine Antwort auf das „Die-Kosten-der-Energiewende“-Argument, 2014.
- (IWES 2015) Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) (Hrsg.), Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr – Endbericht, September 2015.
- (IZ 2014) Innovationszentrum Niedersachsen (IZ) (Hrsg.), Erstellung eines Entwicklungskonzeptes Energiespeicher in Niedersachsen, 2014.
- (Jochems 2013) Jochems, P., The potential of PV panels near road infrastructure in the Netherlands, 2013, http://alexandria.tue.nl/extra2/afstvers/bwk/Jochems_2013.pdf, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2013
- (Kaiser 2015a) Kaiser, F., Busch, W., Der beste Stromspeicher? – Pumpspeicher und die Alternativen, Beitrag in Tagungsband der 3. Pumpspeicher-Tagung des EFZN erschienen in der Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen, Cuvillier-Verlag, Göttingen, 2015.
- (Kaiser 2015b) Kaiser, F., Weber, R., Thermodynamic Steady State Analysis and Comparison of Compressed Air Energy Storage (CAES) Concepts, In Vorbereitung, Goslar, 2015.
- (Kaltschmitt 2006) Kaltschmitt M., Streicher W., Wiese A., Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 2006.
- (KTBL 2012) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Wirtschaftlichkeit von kleinen Windenergieanlagen, Fachartikel 2012.
- (LBEG 2013) Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (Hrsg.), Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland 2012, 2013.
- (LK OS 2012) Landkreis Osnabrück, Solardachkataster, www.solardachkataster-lkos.de/#!menubar/stats.html, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2012.
- (ML 2013) Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (ML), Forstminister Meyer: Niedersachsen schafft mehr Naturwaldflächen, http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=1810&article_id=118824&psmand=7, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2013
- (ML 2014) Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (ML), Der Wald in Niedersachsen – Ergebnisse der Bundeswaldinventur 3, 2014.
- (MU 2012) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (MU) (Hrsg.), Das Energiekonzept des Landes Niedersachsen, 2012.
- (MU 2015) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU), Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2012, 2015.
- (MU 2016) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen an Land in Niedersachsen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergieerlass, WEA), 2016.
- (NRW 2015) Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen. Entwurf vom 12. Juni 2015, Düsseldorf, 2015.
- (NW FVA 2007) Nordwestdeutsche forstliche Versuchsanstalt, Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen, 2007.
- (Oei 2015) Oei, P.-Y., Gerbaulet, C., Kemfert, C., Kunz, F., Reitz, F., von Hirschhause, C., Effektive CO₂-Minderung im Stromsektor: Klima-, Preis- und Beschäftigungseffekte des Klimabeitrags und alternativer Instrumente. Politikberatung kompakt 98, DIW Berlin (Hrsg.), 2015.
- (Öko 2014) Öko-Institut e.V., Wissenschaftliche Analysen zu klimapolitischen Fragestellungen, Berlin, 2014.
- (SRU 2011) Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Wege zur 100 Prozent erneuerbaren Stromversorgung, Sondergutachten, 2011.
- (SRU 2013) Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Den Strommarkt der Zukunft gestalten, Sondergutachten, 2013.
- (Statista 2015) Statista (Hrsg.), Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung von 2010 bis 2100, <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015.
- (Statistik 2015) Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.), Regionaldatenbank Deutschland, <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/data.jsessionid=1F7A9B78E3C2295F11C42A15AAAD5A4E?operation=statistikenVerzeichnis>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015.
- (Statkraft 2010) Statkraft Markets GmbH (Hrsg.), Herzlich Willkommen in Erzhausen. Broschüre zum Pumpspeicherkraftwerk Erzhausen, 2010.
- (Stenzel 2013) Stenzel, P., Bongartz, R., Kossi, E., Potenzialanalyse für Pumpspeicher an Bundeswasserstraßen in Deutschland, Energiewirtschaftliche Tagesfragen (ET), 63. Jg., 3, S. 54-56, 2013.
- (Thünen 2012) Johann Heinrich von Thünen Institut, Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2011, 2014.

- (Quist 2013) Quist, J., Wittmayer, J. M., Steenbergen, F. v., Loorbach, D., Combining backcasting and transition management in the community area, Proceedings of SCORAI Europe & In Context Workshop, Rotterdam, The Netherlands, 7.-8. October 2013, Sustainable Consumption Transitions Series, Issue 3, 2013.
- (UBA 2012) Umweltbundesamt (UBA), Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hgp_umweltkosten.pdf, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2012.
- (UBA 2014) Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.), Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050, 2014.
- (UM BW 2014) Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM BW), Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg (IEKK). Beschlussfassung, 15.07.2014, 2014.
- (ÜNB 2014) Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), EEG-Anlagenstammdaten, <http://www.netztransparenz.de/de/Anlagenstammdaten.htm>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2014.
- (ÜNB 2015) ÜNB Transmission, Amprion, TenneT TSO, TransnetBW, Netzentwicklungsplan Strom 2025, Version 2015, <http://www.netzentwicklungsplan.de/netzentwicklungsplan-2025-version-2015-erster-entwurf>, zuletzt abgerufen am 05.04.2016, 2015
- (VDE 2008) Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) (Hrsg.), Effizienz- und Einsparpotentiale elektrischer Energie, 2008.
- (vTI 2013) Osterburg B, Kätsch S, Wolff A, Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Thünen Report 13, 2013.
- (WBGU 2009) Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltfragen (WBGU) (Hrsg.), Kassensturz für den Klimawandel - Eine Budgetbilanz, 2009.
- (WBGU 2014) Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltfragen (WBGU), Klimaschutz als Weltbürgerbewegung, Sondergutachten, 2014.
- (WWF 2009) World Wide Fund For Nature (WWF) (Hrsg.), Modell Deutschland, Klimaschutz bis 2050, 2009.
- (ZGB 2013) Zweckverband Großraum Braunschweig (ZGB), Regionales Energie- und Klimaschutzkonzept für den Großraum Braunschweig RE_nCO₂, Band 2 - Abschlussbericht, Braunschweig, April 2013.

Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abbildung 1:	Flächenbezogene Energieerträge der erneuerbaren Energiequellen (Solarstromdachfläche auf Modulfläche, übrige auf Bodenfläche bezogen).	8
Abbildung 2:	Wesentliche Elemente der System- und Dokumentenstruktur des verwendeten Simulationssystems 100prosim.	10
Abbildung 3:	Endenergieverbrauch in Niedersachsen nach den unterschiedlichen Anwendungsgebieten im Jahr 2012.	12
Abbildung 4:	Energiekonzept der Bundesregierung (BMWi 2014).	13
Abbildung 5:	Energiepolitisches Zieldreieck.	14
Abbildung 6:	Deutscher Strommix im Jahr 2014. Eigene Darstellung nach (Destatis 2015).	16
Abbildung 7:	Energiespeicher systematisiert nach der Energieform im Speicherzustand	21
Abbildung 8	Entwicklung von Primärenergieverbrauch (PEV) und Bruttoinlandsprodukt (BIP) einschließlich Zielwerte PEV 2020 und 2050 (Destatis 2015b); ergänzt um Zielwerte aus Niedersachsen 100 Prozent EE-Szenario.	25
Abbildung 9:	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen. Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.6]).	26
Abbildung 10:	Endenergieverbrauch im Kraft/Licht/IKT/Kälte – Status 2012 und Einflüsse auf den Zielzustand 2050 (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.1]).	27
Abbildung 11:	Endenergieverbrauch im Gebäudewärmebereich – Status 2012 und Einflüsse auf den Zielzustand 2050. (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.2]).	27
Abbildung 12:	Endenergieverbrauch bei Prozesswärme – Status 2012 und Einflüsse auf den Zielzustand 2050 (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.3]).	28
Abbildung 13:	Endenergieverbrauch bei mobilen Anwendungen – Status 2012 und Einflüsse auf den Zielzustand 2050 (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.4]).	29
Abbildung 14:	Endenergieverbrauch in 2050 nach Energiequellen (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.5]).	30
Abbildung 15:	Nutzung der niedersächsischen Landesfläche in 2012. Eigene Darstellung. Bild: MU. BF: Bodenfläche (Projektion der Grundfläche), GF: Gebäude- und Freiflächen, WF: Waldfläche, LF: Landwirtschaftsfläche.	31
Abbildung 16:	Nutzung der niedersächsischen Landesfläche in 2012 und 2050. BF: Bodenfläche, GF: Gebäude- und Freiflächen, WF: Waldfläche, LF: Landwirtschaftsfläche, * Windparkfläche vermieden durch offshore-Anteil.	32
Abbildung 17:	Bioenergieerzeugung auf der Landesfläche im Status- und Zieljahr	35
Abbildung 18:	Änderungen des Brennstoffanteils am Primärenergieverbrauch. Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.7]).	
Abbildung 19:	Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“ - Jahresgang von Solar- und Windstromerzeugung, Stromverbrauch und Speicherfüllstand im Jahr 2050. TL: Tagesladung.	41
Abbildung 20:	Zeitlicher Verlauf des Endenergieverbrauchs, aufgeteilt nach Energiequellen. Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.8]).	42
Abbildung 21:	Änderungen des Anteils der Brennstoffe relativ zum Primärenergieverbrauch im Jahr 2012. Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.9]).	43

	Seite	
Abbildung 22:	Gegenüberstellung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ und im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“, Stützjahre linear interpoliert.	46
Abbildung 23:	Gegenüberstellung des Endenergieverbrauchs 2050 nach Energiequellen im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ und im Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“.	47
Abbildung 24:	Zeitliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der gesamten Treibhausgasemissionen (energetisch und nichtenergetisch) im Szenario „Niedersachsen -80 Prozent THG“ und Vergleich mit dem Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“, aufgeteilt nach Energiequellen, Stützjahre linear interpoliert (Wertetabelle siehe Anhang D, [WT.10]).	49
Abbildung 25:	Kosten der Strombereitstellung in den Szenarien „Niedersachsen 100 Prozent EE“, „Niedersachsen -80 Prozent THG“ im Vergleich zum BaU-Pfad.	67
Abbildung 26:	Systematik zur Ableitung möglicher Klimaschutzziele.	69
Abbildung 27:	Empfohlene Reduktionsziele für Niedersachsen im Vergleich zu beschlossenen Reduktionszielen der Bundesrepublik.	71
Abbildung 28:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen Niedersachsens bis 2030.	79

Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050

Anhang A

Potenziale

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einführung	3
1.1	Erläuternde Einleitung	
1.2	Vorgehensweise und Ergebnisse der Flächenermittlung und räumlichen Potenzialbestimmung des Onshore-Windpotenzials in Niedersachsen	
2	Methodik	5
2.1	Methodik der Definition von Ausschlussflächen	
2.2	Methodik der Ertragsberechnung	
2.3	Datengrundlage	
3	Ergebnisse: Flächenpotenzial, installierbare Leistung und Erträge	8
4	Zusammenfassung zur Windenergienutzung	10
5	Vorgehensweise und Ergebnisse der Flächenermittlung und räumlichen Potenzialbestimmung des Solarpotenzials in Niedersachsen	11
5.1	Vorgehen	
5.2	Photovoltaik-Freiflächenanlagen	
5.3	Photovoltaik-Dachflächenanlagen	
6	Zusammenfassung zu PV-Freiflächen und Solarenergienutzung von Dachflächen	17
	Literaturverzeichnis	18

1 Einführung

1.1 Erläuternde Einleitung

Die in den in Kapitel 5.3 dargestellten Energieszenarien verwendeten Werte für das Energiepotenzial wurden unter konservativen Annahmen berechnet. Damit wird sichergestellt, dass auch unter ungünstigen Umsetzungsbedingungen eine Implementation der Energiewende realistisch bleibt. Demgegenüber wird im Folgenden eine Alternative dargestellt, die aufzeigt, dass bezüglich der Energiepotenziale zum Teil erhebliche Planungs- und Handlungsspielräume in der Umsetzung vorhanden sind. Die folgenden Berechnungen des technischen Solar- und Windenergiepotenzials sind für günstige Umsetzungsbedingungen gerechnet worden, die eine möglichst effiziente Ausnutzung der vorhandenen Energiepotenziale ermöglichen. Dabei wurde ein flächenspezifischer Ansatz gewählt, der als Basis für die regionalen Planungen der zukünftigen Energieerzeugung geeignet ist. Durch die flächenspezifische Herangehensweise und die Berücksichtigung nur aktuell bestehender gesetzlich gefasster räumlicher Einschränkungen ergibt sich insbesondere für die Nutzung der Windenergie ein geringerer Flächenbedarf für die gleichen Energieerträge wie im in der Studie verwendeten Szenario (Kapitel 5.3) und gleichzeitig voraussichtlich geringere Kosten. Dies gilt allerdings unter der Voraussetzung, dass insbesondere die Windenergieanlagen (WEA) nicht gleichmäßig über Niedersachsen bzw. innerhalb der Regionen verteilt, sondern dort installiert werden, wo die höchsten Energieerträge zu erwarten sind. Insgesamt wird durch die Alternativbetrachtung deutlich, dass auch innerhalb der landesweiten Szenarien noch ein erheblicher Entscheidungsspielraum dazu besteht, wieviel Fläche, wo und durch welche Anlagen der EE-Erzeugung in Anspruch genommen werden soll. Dieser Spielraum kann u.a. dazu genutzt werden, Natur- und Umweltbeeinträchtigungen zu vermeiden, die nicht durch die rechtlichen Restriktionen abgedeckt sind. Ferner wird deutlich, dass finanzielle sowie räumliche Möglichkeiten z.B. für neue Modelle der Beteiligung von Anwohnern bestehen.

Im Einzelnen unterscheidet sich die hier dargestellte Alternative in folgenden Punkten von den Annahmen im in Kapitel 5.3 dargestellten landesweiten Szenario:

- Es wurden lediglich die gesetzlich vorgegebenen Abstände zu Siedlungen, Verkehrswegen und Freileitungen berücksichtigt. Damit sind die Abstände deutlich geringer als in der BWE-Studie (BWE 2011) angenommen. Die naturschutzrechtlich geschützten Flächen wurden jedoch vollständig als harte Tabu-Gebiete aus der Flächenkulisse der Energiepotenziale herausgenommen. Auch wurde im Gegensatz zur in Kapitel 5.3.2 dargestellten Studie kein pauschaler Abschlag von 20 Prozent für bis

2050 möglicherweise neu hinzukommende Restriktionen für das Szenario einkalkuliert.

- Es wurden nur die Flächen außerhalb der harten Tabugebiete für die Berechnung des Flächenbedarfs bzw. für die Berechnung des Energieertrages im „2,1 Prozent Szenario“ herangezogen, die die höchsten Energieerträge haben. Im offiziellen Szenario wurde demgegenüber mit Mittelwerten für die Energieerträge gerechnet.
- Da nur die windstarken Standorte verwendet und die windschwachen (die auch nicht mehr gefördert werden) ausgeschlossen wurden, konnte mit nur einem Anlagentyp (3 MW, Rotordurchmesser 101 m, Flächenbedarf 16 ha) gerechnet werden, da kein weiterer Anlagentyp für die windschwachen Standorte benötigt wird. Letzterer hat einen höheren Flächenbedarf (Annahmen dafür im offiziellen Szenario: Rotordurchmesser 115 m, Flächenbedarf 21 ha).
- Es wurden die Windgeschwindigkeiten in 100 m Höhe auf Grundlage von DWD Daten verwendet. Daraus ergibt sich ebenfalls ein erheblich höherer Ertrag gegenüber den Zahlen aus der BWE-Studie (80m).

Im Ergebnis übersteigen die im Folgenden für Wind dargestellten Energieerträge im 2,1 Prozent Szenario von 100 TWh/a auf den 98.521 ha (das entspricht 1.015 MWh/ha pro Jahr) der windhöufigsten und optimierten Standorte, die nicht in durch harte gesetzliche Vorgaben ausgeschlossen. Gebieten liegen und die Energieerträge auf allen 904.894 ha restriktionsfreier Flächen in Niedersachsen in Höhe von 692 TWh/a (765 MWh/ha*a) die im für die Studie verwendeten Szenario (Kapitel 5.3.2) eingesetzten Erträge erheblich. Durch die Nutzung ausschließlich der windstärksten und windsichersten Standorte im 2,1 Prozent Szenario ergibt sich eine ebenfalls höhere Vollaststundenzahl.

1.2 Vorgehensweise und Ergebnisse der Flächenermittlung und räumlichen Potenzialbestimmung des Onshore-Windpotenzials in Niedersachsen

Ziel der in diesem Kapitel dargestellten Arbeiten ist die Ermittlung der räumlichen Verteilung von Ertragspotenzialen und von geeigneten Standorten für die Windenergienutzung in Niedersachsen (onshore). Hierzu wird eine GIS (Geoinformationssystem)-basierte Analyse unter folgenden Prämissen durchgeführt:

- Es werden nur Flächen als Standorte für Windkraftanlagen ermittelt, wo aus rechtlichen oder technischen Gründen die Windenergienutzung möglich ist.
- Es werden nur Flächen als Standorte für Windkraftanlagen ermittelt, wo eine ertragsreiche und wirtschaftliche Nutzung möglich ist.

2 Methodik

Die Vorgehensweise bei der Flächenermittlung und Potenzialbestimmung für die Windenergienutzung lässt sich in fünf grundlegende, aufeinander folgende Schritte gliedern (vgl. Abbildung 1, verändert nach (BWE 2011; IWES 2011)).

Schritt 1: Identifizierung von Ausschlussflächen

Zur Ausschlussflächenanalyse werden basierend auf der derzeitigen Rechtslage zunächst flächendeckend anzuwendende Kriterien für die Identifikation von harten Tabugebieten definiert. Anhand dieser Kriterien werden in einer GIS-basierten Analyse die harten Tabugebiete in der Fläche identifiziert und für die Windenergienutzung ausgeschlossen.

Schritt 2: Bestimmung der für die Windenergie nutzbaren Flächen

Die ertragreichen Standorte zur Windenergienutzung werden durch die Karte zur Windkraftnutzungseignung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) identifiziert. Die aus dem Schritt 1 verbleibenden Flächen werden mit dieser Karte überlagert und die windschwachen Standorte ausgeschlossen.

Schritt 3: Zusammenführung von nutzbaren Flächen mit Winddaten

Die aus den Schritten 1 und 2 verbleibenden Flächen werden als potenziell geeignete Flächen identifiziert und mit der GIS-basierten Verteilung der Winddaten für die Nabenhöhen (80m, 100m) überlagert.

Schritt 4: Verortung von Windenergieanlagen

Die Verortung von Windenergieanlagen (WEA) ergibt sich auf den aus den Schritten 1 und 2 verbleibenden Flächen unter Berücksichtigung der Abstände zwischen den Windturbinen, die hier als das 4-fache der Rotordurchmesser in allen Richtungen gleich groß angenommen werden.

Schritt 5: Berechnung von Windenergieerträgen

Zur Ertragsberechnung wird an jedem WEA-Standort die zugehörige Windhäufigkeitsverteilung ermittelt. Hierfür werden die Weibullparameter, die zur Beschreibung der Windhäufigkeitsverteilung mit einer Weibullfunktion notwendig sind, sowie die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten für jeden Standort und die beiden Nabenhöhen (80m, 100m) verwendet.

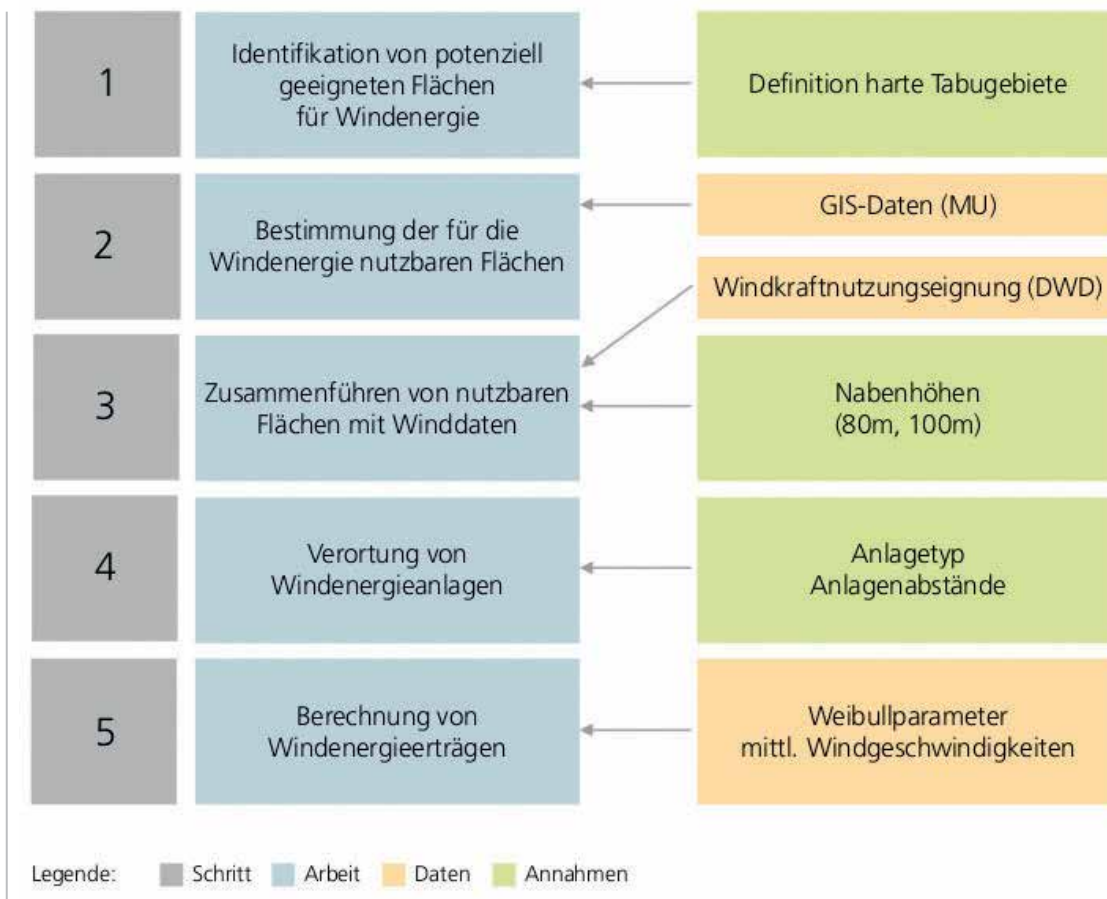


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Vorgehensweise zur Potenzialbestimmung der Windenergie (verändert nach (BWE 2011)).

2.1 Methodik der Definition von Ausschlussflächen

Die Ausschlussflächen (harte Tabugebiete) für WEA werden nach den in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien identifiziert. Zu diesen Gebieten gehören u.a. bebaute Flächen, Gewässer und Straßen. Zusätzlich werden um bestimmte Gebietstypen Abstandsflächen ausgenommen. Einzuhaltende Abstände zu Straßen werden zur Vermeidung von Eisabwurfgefahr festgesetzt. Für Gewässer werden 50 m Abstand festgesetzt, um auch die Uferzonen gemäß BNatSchG frei zu halten. Verbindliche Abstandsregelungen zu Anlagen des Schienenverkehrs sind im Bahnrecht nicht vorgesehen. Die Abstände um Siedlungen wurden im Wesentlichen zur Vermeidung von Lärmbelastung und optisch bedrängender Wirkungen festgelegt. Auch sind Industrie- und Gewerbegebietsflächen ebenfalls nicht in der ermittelten Potenzialfläche enthalten, da eine Errichtung von WEA zwar prinzipiell möglich, in umfänglicher Form aber nicht realistisch ist.

Zu den harten Tabugebieten zählen darüber hinaus die naturschutzrechtlichen Schutzgebiete. Diese Schutzgebiete stellen zwar insofern keine harten Kriterien dar, als ihre Schutzziele sich nicht zwangsläufig in einem Widerspruch zur Windenergienutzung befinden. Dennoch ist die Wahrscheinlichkeit der Errichtung von WEA in diesen Gebieten gering. In jedem Einzelfall ist hier eine detaillierte Analyse unter Abwägung der Belange des Naturschutzes bei der Umsetzung von Windparkprojekten erforderlich.

Tabelle 1: Auflistung der Tabugebiete in Niedersachsen

	Gebiete	Pufferbreite [m]	Rechtliche Grundlagen
Natur und Landschaft, Umwelt	Nationalpark		§ 24 BNatSchG
	Naturschutzgebiet		
	Biosphärenreservate		§ 23 BNatSchG
	Natura 2000 Gebiete		§ 25 BNatSchG
	Vogelschutzgebiete		§ 31 ff BNatSchG
	FFH –Gebiete		§ 31 ff BNatSchG
	Wald		§ 31 ff BNatSchG
	stehende Gewässer > 1 ha	50	§ 34 NWaldLG
	Gewässer 1. Ordnung	50	§ 61 BNatSchG Freihaltung von Gewässern und Uferzonen
	Heilquellenschutzgebiete, Trinkwasserschutzgebiete (Zone 1)		§ 53 WHG
Infrastruktur	BAB (fiktive Breite inkl. Puffer 120 m)	40	§ 9 FStrG
	Bundesstraßen, Landes-Kreisstraßen	20	§ 9 FStrG bzw. § 24 NStrG
	Freileitungen /Flugplätze		§ 21a Abs. 2 Satz 1 LuftVO und gem. Grundsätze des Bundes und der Länder für die Anlage und den Betrieb von Flugplätzen für Flugzeuge im Sichtflugbetrieb (NfL I 92/13)
	Bundeswasserstraßen	50	§ 61 BNatSchG Freihaltung von Gewässern und Uferzonen
	Schienenverkehr (fiktive Breite 10 m)	-	-
	Rohstoffsicherungsgebiete ohne Torf		LROP 2008/2012 sowie § 4, 5 und 8 Absatz 7 ROG
Siedlung	Allgemeine und reine Wohngebiete		§ 5 BImSchG i.V.m. TA Lärm und nachbarliches Rücksichtnahmegebot nach § 35 Abs. 3 Satz 1 BauGB, „optisch bedrängende Wirkung“ (OVG NRW, 8 A 2764/09)
	Einzelwohngebäude und Splittersiedlungen	400	
	Campingplätze		

2.2 Methodik der Ertragsberechnung

Im Rahmen der Ertragssimulation werden WEA der 3 MW-Klasse mit einer Nabenhöhe von 80 und 100 m und einem Verhältnis der Rotorfläche zur Generatorleistung von $2,6 \text{ m}^2/\text{kW}$ (101 m Rotordurchmesser) angesetzt. Der Abstand zwischen den Windturbinen wird mit dem 4-fachen Rotordurchmesser, also 400 m, angesetzt. Die Erträge werden für jeden Rasterpunkt anhand der Weibullverteilung auf 80 m Nabenhöhe und mit der mittleren Windgeschwindigkeit auf 100 m Höhe durch den online Ertragsrechner der Windenergiedaten der Schweiz ermittelt (WD 2015). Dieser Ertragsrechner kann für jeden Standort und für die gewünschte Anlage die Weibullverteilung mit der Eingabe der Weibullparameter oder der mittleren Windgeschwindigkeiten einschätzen (ebd.).

2.3 Datengrundlage

Zur Identifizierung und Festlegung des Flächen- und Windenergieertragspotenzials werden mehrere Datensätze herangezogen (siehe Tabelle 2). Als Grundlage der Berechnung der möglichen Winderträge werden die Winddaten des DWD verwendet, welche auf eine Nabenhöhe von 80 m und 100 m bezogen sind. Der DWD errechnet mit Hilfe des Statistischen Windfeldmodells (SWM) die Grundlage für die Windkarten und -daten in Deutschland. Zur Ermittlung der räumlichen Verteilung der Windgeschwindigkeiten (in 100 m Nabenhöhe) werden Daten von 218 Windstationen des Deutschen Wetterdienstes herangezogen. Dabei werden viele verschiedene Faktoren, z.B. die Höhe über Normal-Null, der geographische Standort, das Relief und die Flächennutzung in einer nichtlinearen Regression berücksichtigt. Die Daten beinhalten für eine Höhe von 80 m auch einen Skalierungsfaktor (Weibullparameter A mit der Einheit m/s) und einen Formparameter (Weibullparameter k). Diese Parameter sowie die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in 80 und 100 m Höhe wurden vom DWD für die Bundesländer in der Auflösung von 200 m x 200 m und verallgemeinert für ganz Deutschland in der Auflösung 1 km x 1 km berechnet. In dieser Studie werden die 1-km-Raster flächendeckend für Niedersachsen verwendet.

Tabelle 2: Auflistung der verwendeten GIS-Daten

Inputdaten	Maßstab/Einheit Datenformat	Quelle
Mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten (Nabenhöhe: 80 m, 100 m)	[dm/s]	Deutscher Wetterdienst, DWD, 1981-2000
Skalierungsfaktor – Weibullparameter A (80 m)	[m/s]	
Formparameter – Weibullparameter k (80 m)	1,1-2,0	
Windkraftnutzungseignungskarte für Niedersachsen, 80 m über Grund (2013)	1000m x 1000m	

3 Ergebnisse: Flächenpotenzial, installierbare Leistung und Erträge

Die Fläche Niedersachsens wird in vier Kategorien aufgeteilt: Harte Tabugebiete, Flächen <1 ha, da diese für die Aufstellung von WEA nach (BWE 2011) zu klein sind, windschwache Standorte und Flächen ohne Restriktionen (vgl. Tabelle 3).

Im Ergebnis sind entsprechend der Annahmen der Szenarien 19 Prozent der Gebietskulisse Niedersachsens potenziell geeignet zur Windenergienutzung. Auf diesen Flächen ohne Restriktionen können mit den getroffenen Annahmen 100.169 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 306 GW installiert werden. Der Ertrag beträgt 633 TWh/a bei 80 m Nabenhöhe (Weibullverteilung) und 692 TWh/a bei einer Nabenhöhe von 100 m (mittl. Windgeschwindigkeiten).

Im Mittel werden Volllaststunden von 2.061 h/a (80 m) bzw. 2.262 h/a (100 m) erreicht.

Es ist davon auszugehen, dass aufgrund anderer Aspekte (z.B. Eigentumsfragen oder Radarbereiche der Bundeswehr) nicht alle potenziell nutzbaren Flächen zur Windenergiegewinnung genutzt werden können. Jedoch reicht ein relativ geringer Anteil der potenziell nutzbaren Flächen, um große Mengen an Strom zu erzeugen. So können z. B. auf nur 2,1 Prozent der niedersächsischen Landfläche (onshore) innerhalb der Potenzialkulisse 10.879 Anlagen mit einer Leistung von 33 GW installiert werden. Werden dabei die ertragreichsten Standorte genutzt kann der Ertrag mit ca. 100 TWh/a abgeschätzt werden.

Die Tabelle 2, Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen für die Nabenhöhen 80 und 100 m die Verteilung der mittleren Flächenerträge in Niedersachsen. Von Südost nach Nordwest steigen die Erträge je Fläche deutlich an. Die über alle Flächen gemittelten mittleren Erträge betragen 393 MWh/ha*a (80m) bzw. 432 MWh/ha*a (100m).

Tabelle 3: Anteil der nutzbaren und nicht nutzbaren Flächen zur Windenergienutzung

	Flächen [ha]	Anteil der Landfläche (Prozent)
Harte Tabugebiete	3.821.413	80
Flächen < 1ha (Mindestfläche)	8.137	1
Windschwache Standorte	47.185	
Flächen ohne Restriktionen	904.894	19

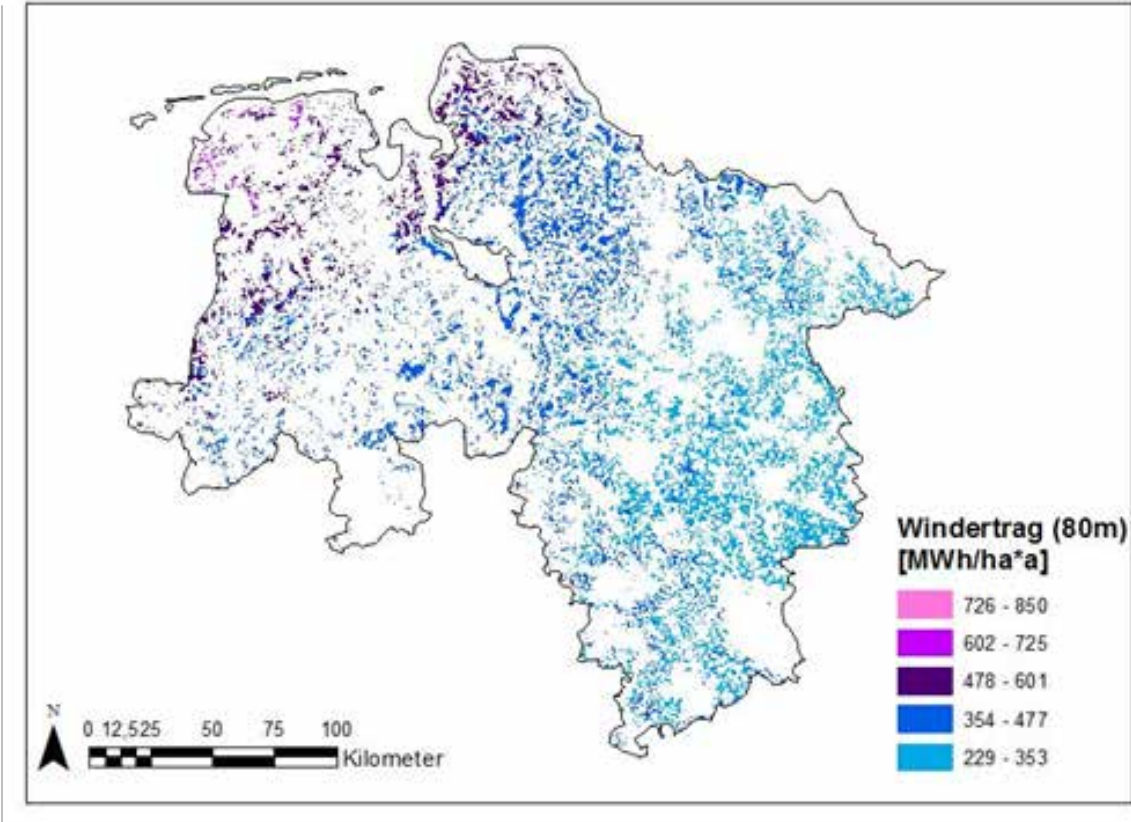


Abbildung 2:
Verteilung des
Onshore-Windpotenzials
in Niedersachsen bei einer
Nabenhöhe von 80m.

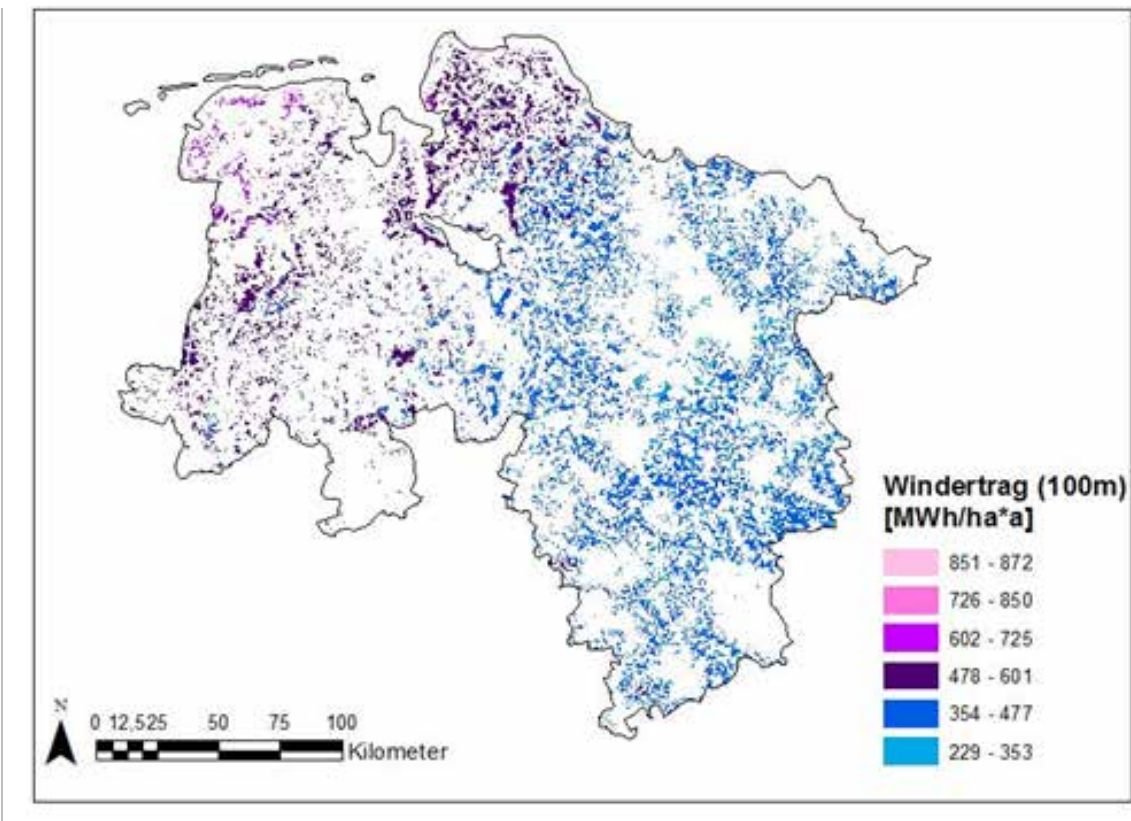


Abbildung 3:
Verteilung des
Onshore-Windpotenzials
in Niedersachsen bei einer
Nabenhöhe von 100m.

4 Zusammenfassung zur Windenergienutzung

Das Institut für Umweltplanung hat anhand der zur Verfügung stehenden GIS-Daten die technischen Potenziale für die Onshore-Windenergienutzung und ihre räumliche Verteilung innerhalb Niedersachsens ermittelt.

Die wesentlichen Ergebnisse der Studie sind:

- Insgesamt können 19 Prozent der Landfläche potenziell genutzt werden. In einem Ziel-Szenario von 2,1 Prozent der Landfläche können innerhalb der 19 Prozent Flächenkulisse die ertragreichsten und unempfindlichsten Flächen für die Windenergienutzung ausgewählt werden.
- Auf den potenziell nutzbaren 19 Prozent der Landfläche können 306 GW Leistung installiert werden, auf den ertragreichsten 2,1 Prozent der Landfläche innerhalb dieser Kulisse 33 GW.
- Die Energieerträge für die 19 Prozent Variante liegen zwischen 633 TWh/a bei 80 m Nabenhöhe und 692 TWh/a bei 100 m Nabenhöhe. Werden nur die ertragreichsten 2,1 Prozent dieser Flächen genutzt ergibt, sich ein Stromertrag von 100 TWh/a.
- Die Volllaststunden liegen im Mittel bei 2.061 h/a (80 m) und bei 2.262 h/a (100 m).

5 Vorgehensweise und Ergebnisse der Flächenermittlung und räumlichen Potenzialbestimmung des Solarpotenzials in Niedersachsen

Ziel der in diesem Kapitel dargestellten Arbeiten ist die Ermittlung der räumlichen Verteilung von Ertragspotenzialen und von geeigneten Standorten für die Solarenergienutzung (Freiflächen und Dachflächen) in Niedersachsen. Hierzu wird eine GIS-basierte Analyse unter folgenden Prämissen durchgeführt:

- Es werden nur Flächen als Standorte für Photovoltaikanlagen ermittelt, wo aus rechtlichen oder technischen Gründen die Solarenergienutzung möglich ist.
- Es werden nur Flächen als Standorte für Photovoltaikanlagen ermittelt, wo eine ertragsreiche und wirtschaftliche Nutzung möglich ist.
- Als „Freiflächen“ werden nur landwirtschaftliche Flächen ohne Restriktionen für Freiflächen betrachtet. Als „Dachflächen“ werden alle Dachflächen in Siedlungsgebieten (Wohngebiete, Industrie-/Gewerbegebiete und gemischte Gebiete) in die Untersuchungen einbezogen.

5.1 Vorgehen

Die Vorgehensweise bei der Flächenermittlung und Potenzialbestimmung für die Solarenergienutzung (Freiflächen und Dachflächen) lässt sich in fünf grundlegende, aufeinander folgende Schritte gliedern (vgl. Abbildung 4).

Schritt 1: Identifizierung von Ausschlussflächen

Zur Ausschlussflächenanalyse werden basierend auf der derzeitigen Rechtslage zunächst flächendeckend anzuwendende Kriterien für die Identifikation von harten Tabugebieten definiert. Harte Tabugebiete werden für die Nutzung durch Freiflächen-Solaranlagen ausgeschlossen. Dieser Schritt entfällt bei Dachflächen-Solaranlagen.

Schritt 2: Bestimmung der für die Solarenergie nutzbaren Flächen

Als Standorte für Freiflächen-Solaranlagen werden ausschließlich landwirtschaftliche Flächen angenommen. Die aus Schritt 1 für eine solarenergetische Nutzung verbleibenden Flächen werden mit der Karte der landwirtschaftlichen Flächen überlagert. Alle Siedlungsflächen werden als geeignet für die Dachflächen-Solaranlagen angenommen.

Schritt 3: Zusammenführung von nutzbaren Flächen mit Solardaten

Die aus den Schritten 1 und 2 verbleibenden Flächen werden als potenziell geeignete Flächen identifiziert und mit den aus dem Digitalen Gelände Modell (DGM) des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung (LGLN 2014) hergeleiteten Karten der Inklination und Exposition der Photovoltaikanlagen (PVs) überlagert und die Solareinstrahlung ermittelt.

Schritt 4: Verortung von Photovoltaikanlagen

Die Verortung von PV-Flächen ergibt sich auf den aus den Schritten 1 und 2 verbleibenden Flächen unter Berücksichtigung der Abstände zwischen den Solarmodulen (0,76 – 0,78 m).

Schritt 5: Berechnung von Solarenergieerträgen

Die Ertragsberechnung erfolgt an den jeweiligen nutzbaren Standorten von PV-Freiflächen und Dachflächen. Hierfür werden die Inklination, die Exposition und die validierte Solareinstrahlung an jedem Rasterpunkt zusammengeführt. Der Einfluss der Gebietsverschattung wurde über das Solarstrahlungsmodell r.sun (Hofierka 2004) mitberücksichtigt.

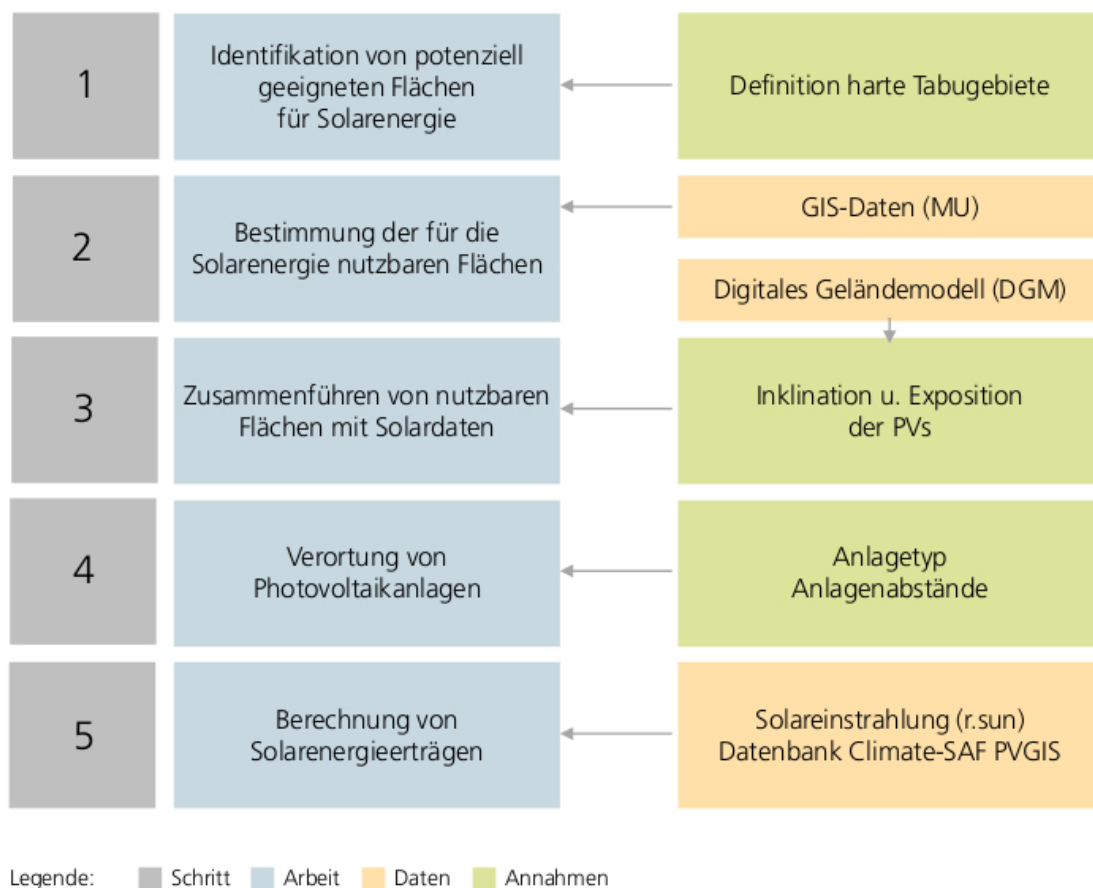


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Vorgehensweise zur Potenzialbestimmung der Solarenergie

5.2 Photovoltaik-Freiflächenanlagen

5.2.1 Methodik der Definition von Ausschlussflächen

Die Ausschlussflächen für PV-Freiflächenanlagen (harte Tabugebiete) wurden nach den in Tabelle 4 aufgeführten Kriterien identifiziert. Zu diesen Gebieten gehören u.a. bebaute Flächen, Gewässer und Straßen. Zusätzlich werden um Siedlungen, Straßen oder Schienenverkehrsstrecken Abstandsflächen festgelegt, die von einer Nutzung durch PV-Freiflächenanlagen ausgenommen werden. Zu den Tabugebieten zählen darüber hinaus die naturschutzrechtlichen Schutzgebiete, wie FFH-Gebiete, Vogelschutzgebiete und Naturschutzgebiete, Waldflächen und nach dem Wasserhaushaltsgesetz festgesetzte Gebiete.

5.2.2 Methodik der Ertragsberechnung

Im Rahmen der Ertragssimulation werden Solarmodule in Anbetracht der technischen Entwicklung bis 2050 von 5 m² für 1 kWp installierbare Leistung angesetzt. Da der Neigungswinkel auf den nutzbaren landwirtschaftlichen Flächen zwischen 0° und 23° variiert, wird eine optimierte Neigung von 37° für die Solarmodule angenommen. Der Abstand zwischen den PVs wird mit einem Abstandsfaktor zwischen 3,0 bis 3,5 (mittl. Abstand 3,3) je nach Breitengrad der Gemeinde in Niedersachsen angesetzt. In Abbildung 5 ist die Berechnung des Abstandsfaktors dargestellt. Dabei ergibt sich dieser aus dem Verhältnis d/l (JRC 2015).

Tabelle 4: Auflistung der Tabugebiete für die PV-Freiflächen-Solarenergienutzung in Niedersachsen.

	Gebiete	Pufferbreite [m]	Rechliche Grundlagen
Natur und Landschaft, Umwelt	Naturschutzgebiete		§ 23 BNatSchG
	FFH-Gebiete		§ 33 BNatSchG
	flächenhafte Naturdenkmale		§ 28BNatSchG
	Geschützte Landschaftsbestandteile		§ 29 BNatSchG
	Geschützte Biotop		§ 30 BNatSchG
	Vogelschutzgebiete		§ 32 / 33 BNatSchG
	Landschaftsschutzgebiete		§ 26 BNatSchG
	Wald		§ 34 NWaldLG
	Überschwemmungsgebiete		§ 78 WHG
	vorbeugender Hochwasserschutz		§ 72-74 WHG
	Wasserschutzgebiet Zone I und II		§ 52 / 51 WHG
Infrastruktur	BAB (fiktive Breite inkl. Puffer 120 m)	40 (beidseitig)	§ 9 FStrG
	Bundesstraßen, Landes- und Kreisstraßen	20 (beidseitig)	§ 9 FStrG
	Schienenverkehrsstrecke	10 (beidseitig)	-
Siedlung	Siedlung	100	§ 35 BauGB
	Wohnbebauung im Außenbereich		§ 35 BauGB
	Gewerbe- und Industriegebiete		§ 35 BauGB

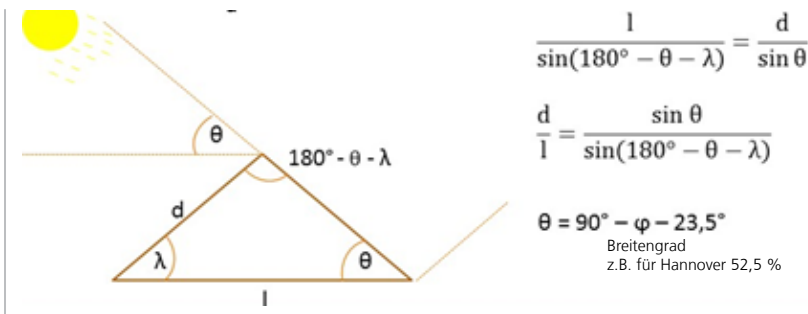


Abbildung 5: Beispiel für die Berechnung des Abstandsfaktors

5.2.3 Datengrundlage

Für die Berechnung der möglichen Solarerträge werden die geografische Verteilung der aus dem Solarstrahlungsmodell r.sun eingeschätzten Solarstrahlung verwendet. Das Solarstrahlungsmodell r.sun wurde als Zusatzmodul für GRASS GIS entwickelt (Hofierka 2004) und basiert auf Vorgaben, die im Europäischen Solarstrahlungsatlas (ESRA) veröffentlicht wurden (Rigollier 2000). Die Erträge werden für jeden Rasterpunkt für Solarmodule mit optimierter Neigung berechnet. Die Validierung der Ergebnisse erfolgt nach dem Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) Climate-SAF Datenbank (JRC, 2010). Die Erträge werden für jeden Standort und für die oben angegebenen Solarmodule eingeschätzt (ebd.).

Zur Identifizierung und Festlegung des Flächen- und Solarenergiepotenzials werden mehrere Datenbanken eingesetzt (vgl. Tabelle 5).

Die wesentlichen Daten zur Einschätzung der Solareinstrahlung sind die Neigung (slope) und die Exposition (aspect) der PVs, die aus dem Digitalen Gelände Modell in r.sun entnommen wurden. Andere verwendete Daten sind der Linkesche Trübungs faktor sowie die Indices der Direkt- und Diffusstrahlung, die von dem (JRC 2015) ermittelt wurden. Die PVGIS Climate-SAF Datenbank basiert auf Satelliten-Messungen aus den Jahren 1998-2010 und hat eine Auflösung von 1 km x 1 km (JRC 2010).

Tabelle 5: Auflistung der verwendeten GIS-Daten

	Inputdaten	Maßstab/Einheit Datenformat	Quelle
Solar	Digitales Gelände Model (DGM)	50mx50m 25mx25m	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, (LGLN 2014)
	Aspect (Azimut-Winkel)	0°-360°	r.sun, (GRASS 2015)
	Slope (Neigung)	0°-54°	r.sun, (GRASS 2015)
	Linkescher Trübungsfaktor	3,0 - 4,2 (monatsabhängig)	Joint Research Center of the European Commission, (JRC 2015)
	Albedo-Koeffizient (Rückstrahlungsvermögen der Erdoberfläche)	0,2	Joint Research Center of the European Commission, (JRC 2015)
	Klarer Himmel-Index der Direktstrahlung	0,118 - 0,62 (monatsabhängig)	Joint Research Center of the European Commission, (JRC 2015)
	Klarer Himmel-Index der Diffusstrahlung	0,86 - 5,49 (monatsabhängig)	Joint Research Center of the European Commission, (JRC 2015)
	Lokale Strahlungsdauer	1 – 365 [d]	Joint Research Center of the European Commission, (JRC 2015)
Datenbank Climate-SAF PVGIS	[kWh/m²] 1km x 1km	Photovoltaic Geographical Information System Interactive Maps (JRC 2010)	

5.2.4 Ergebnisse: Flächenpotenzial, installierbare Leistung und Erträge

Die berechneten Flächen werden in zwei Kategorien aufgeteilt: Harte Tabugebiete und landwirtschaftliche Flächen außerhalb von Tabugebieten (vgl. Tabelle 6).

Nach den Berechnungen sind insgesamt 38 Prozent der Landesfläche Niedersachsens potenziell geeignet zur PV-Freiflächen-Solarenergienutzung. Auf diesen Flächen können PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1.114 GW bei einem Ertrag von 1.038 TWh/a installiert werden mit. Dabei ergeben sich im Mittel 932 Volllaststunden.

Es ist davon auszugehen, dass nicht alle potenziell nutzbaren Flächen aufgrund anderer Aspekte (insbesondere der Vorrang der Produktion von Nahrungsmitteln auf den landwirtschaftlichen Flächen, aber auch Eigentumsfragen etc.) genutzt werden können. Wird angenommen, dass innerhalb der 38 Prozent der potenziell nutzbaren Flächen lediglich die ertragreichsten 2,3 Prozent der Landfläche genutzt werden, können dort 66 GW Leistung installiert werden. Als Ertrag auf diesen Flächen kann mit ca. 65 TWh/a gerechnet werden.

Die flächenbezogenen Erträge auf den ertragreichsten 2,3 Prozent der Landfläche betragen 602 MWh/ha*a, während die mittleren Erträge aller potenziell nutzbaren Flächen in Niedersachsen mit 571 MWh/ha*a berechnet wurden. Die geografische Verteilung der mittleren Erträge in Niedersachsen wird in Abbildung 6 dargestellt.

Tabelle 6: Anteil der nutzbaren und nicht nutzbaren Freiflächen zur Solarenergienutzung

	Flächen [ha]	Anteil der Landesfläche [Prozent]
Harte Tabugebiete	1.132.151	24
Landwirtschaftliche Flächen außerhalb von Tabugebieten	1.817.818	38

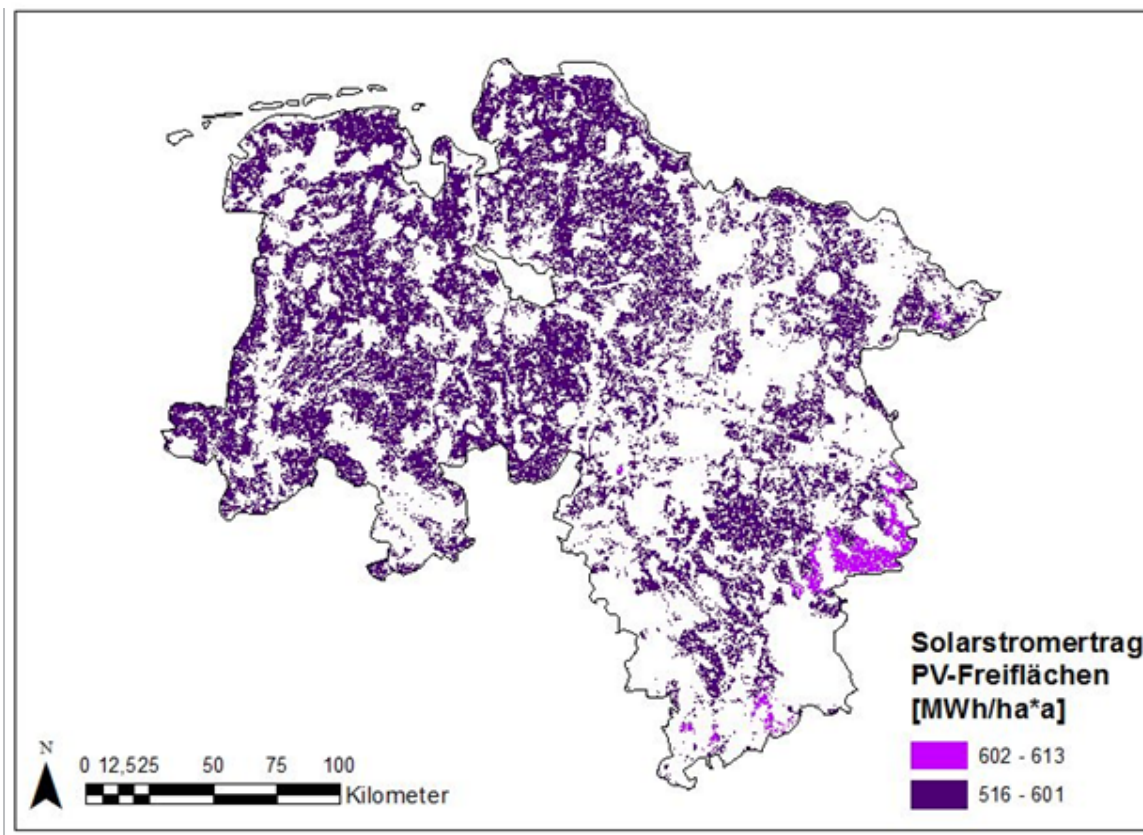


Abbildung 6: PV-Freiflächen-Solarpotenzial mit optimierter Neigung (37°) in Niedersachsen.

5.3 Photovoltaik-Dachflächenanlagen

5.3.1 Methodik der Bestimmung von potenziell nutzbaren Flächen

Die Bestimmung der potenziell nutzbaren Flächen für Photovoltaik-Dachflächenanlagen erfolgt im ersten Schritt nach der Klassifizierung der Siedlungskategorien in Anlehnung an den Kategorien der Bauleitplanung. Zu den Siedlungsflächen gehören: Wohnbaugebiete, gemischte Flächen und Industrieflächen.

5.3.2 Methodik der Ertragsberechnung

Im Rahmen der Ertragssimulation werden für das Ziel-Szenario in Anbetracht der technischen Entwicklung Solarmodule von 5 m² für 1 kWp installierbarer Leistung angesetzt. Die Ertragsberechnung für Dachflächen in Niedersachsen wird auf der Basis einer am IUP durchgeführten Studie für die Samtgemeinde Ganderkesee auf alle Siedlungsflächen in Niedersachsen übertragen (Palmas 2015).

In Ganderkesee wurden die Erträge für jeden Rasterpunkt (400 m x 400 m) je nach Siedlungskategorie für Solarmodule mit optimierter Neigung (37°) und Expositionsgraden von 135° (Südwest), 180° (Süd), 225° (Südost) eingeordnet. Für reine Industriegebiete wurde von horizontaler Dachfläche ausgegangen. Die Validierung der Ergebnisse erfolgt nach der PVGIS Climate-SAF Datenbank (JRC 2010). Die Erträge werden für jeden Standort und für die obengenannten Solarmodule eingeschätzt (ebd.).

5.3.3 Ergebnisse: Flächenpotenzial

Etwa 9 Prozent der Landesflächen sind potenziell geeignet zur PV-Dachflächen-Solarenergienutzung. Die Flächenanteile der drei Kategorien Wohnbaugebiete, gemischte Flächen und Industriegebiete sind dabei unterschiedlich (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Anteil der nutzbaren Siedlungsflächen zur Solarenergienutzung

	Flächen [ha]	Prozent-Anteil der Landfläche
Siedlungsflächen	416.526	9
Wohnbaugebiete	214.441	5
Gemischte Flächen	135.866	3
Industriegebiete	66.219	1

Fünf Prozent der Landesfläche nehmen Wohnbaugebiete ein, 3 Prozent gemischte Flächen und 1 Prozent Industriegebiete. Dabei ist jedoch davon auszugehen, dass nicht alle potenziell nutzbaren Flächen aufgrund anderer Aspekte (z. B. Denkmalschutz) genutzt werden können.

5.3.4 Ergebnisse: Installierbare Leistung und Erträge

Auf den nutzbaren Siedlungsflächen können, mit den getroffenen Annahmen, Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 64 GW installiert werden. Der Ertrag dieser Anlagen beträgt 55 TWh/a. In den Wohnbaugebieten können voraussichtlich 27 GW installiert werden. Der Ertrag kann mit ca. 24 TWh/a abgeschätzt werden.

In den gemischten Flächen können 23 GW installiert werden. Der Ertrag wird mit ca. 19 TWh/a abgeschätzt. In den Industriegebieten können rund 14 GW installiert werden. Der Ertrag liegt bei 11 TWh/a. Im Mittel werden dabei 856 Volllaststunden errechnet.

Die geografische Verteilung der mittleren Flächenerträge wird in der Abbildung 7 dargestellt. Der mittlere Flächenertrag liegt bei 131 MWh/ha*a (pro Hektar Siedlungsfläche). Das entspricht auf die reine Dachfläche bezogen 1.768 MWh/ha*a (pro Hektar Dachfläche).

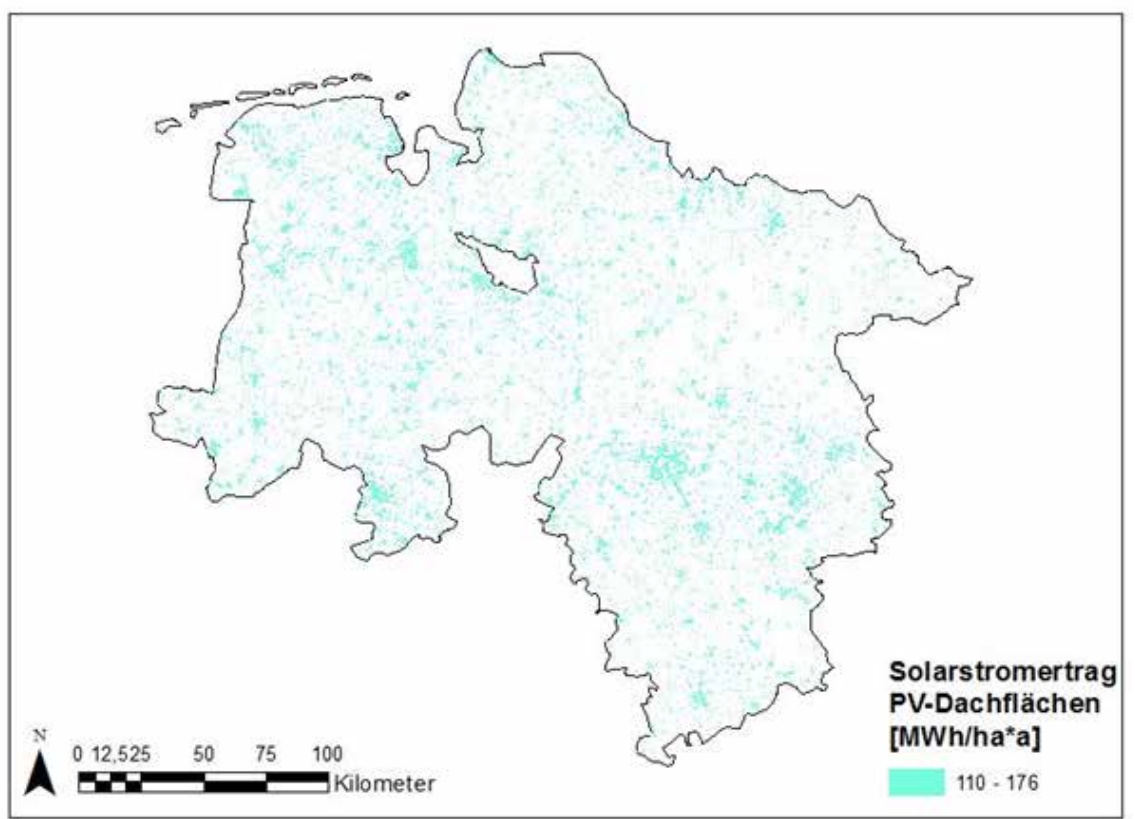


Abbildung 7: Räumliche Verteilung der PV-Dachflächen-Solarerträge in Siedlungsgebieten in Niedersachsen.

6 Zusammenfassung zu PV-Freiflächen und Solarenergienutzung von Dachflächen

Das Institut für Umweltplanung hat anhand der zur Verfügung stehenden GIS-Daten die technischen Potenziale zur PV-Freiflächen- und Dachflächen-Solarenergienutzung ermittelt.

Die wesentlichen Ergebnisse der Studie zur PV-Freiflächen-Solarenergienutzung sind:

- Insgesamt können 38 Prozent der Landfläche potenziell genutzt werden.
- Insgesamt ergeben sich 1.114 GW installierbare Leistung, auf 2,3 Prozent der Landfläche 66 GW. Die Energieerträge liegen bei 1.038 TWh/a.
- In einem Ziel-Szenario von 2,3 Prozent der Landfläche wurden innerhalb der 38 Prozent Flächenkulisse die ertragreichsten und im Hinblick auf den Natur- und Umweltschutz unempfindlichsten Flächen für die Freiflächen-Solarenergienutzung ausgewählt. Auf diesen 2,3 Prozent der Landesfläche ergibt sich ein Stromertrag von 65 TWh/a.
- Die Erträge ergeben sich im Mittel bei 932 Volllaststunden.

Die wesentlichen Ergebnisse der Studie zur PV-Dachflächen-Solarenergienutzung sind:

- Insgesamt können Siedlungsflächen in Höhe von 9 Prozent der Landfläche potenziell genutzt werden.
- In diesen Siedlungsflächen Niedersachsens können potenziell 64 GW Leistung installiert werden. Die installierbare Leistung ist nach Siedlungskategorien folgendermaßen aufgeteilt: 27 GW in Wohnbaugebieten, 23 GW auf gemischten Flächen, 14 GW auf Industrieflächen.
- Die Erträge liegen bei 55 TWh/a für alle Siedlungsflächen. Davon entfallen 24 TWh/a in Wohnbaugebiete, 19 TWh/a in gemischten Flächen, 11 TWh/a in Industrieflächen.
- Die Erträge ergeben sich im Mittel bei 856 Volllaststunden.

Literaturverzeichnis

- (BWE 2011) Bundesverband Windenergie (BWE): Potenzial der Windenergienutzung an Land. https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/studie-zum-potenzial-der-windenergienutzung-land/bwe_potenzialstudie_kurzfassung_2012-03.pdf, zuletzt abgerufen am 19.08.2015.
- (DWD) Deutscher Wetterdienst (DWD), Wulf-Peter Gerth, Winddaten für Deutschland – Bezugszeitraum 1981-2000, Offenbach.
- (GRASS 2015) GRASS GIS: r.sun, <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.sun.html>, zuletzt abgerufen am 31.08.15.
- (Hofierka 2004) Hofierka, J; Suri, M.: A New GIS-based Solar Radiation Model and Its Application to Photovoltaic Assessments. Transactions in GIS, 2004 8(2), 175-190.
- (IWES 2011) Fraunhofer IWES: Windenergie Report Deutschland. <http://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/forschungsthemen/energie/Windreport-2011-de.pdf>, zuletzt abgerufen am 19.08.2015.
- (JRC 2010) Joint Research Center of the European Commission (JRC): Interactive maps. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>, zuletzt abgerufen am 22.08.15.
- (JRC 2015) Joint Research Center of the European Commission (JRC): Dr. Thomas Huld, mündl. und schriftl. <https://ec.europa.eu/jrc/en/about/jrc-site/ispra>, zuletzt abgerufen am 22.08.15.
- (LGLN 2014) Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGLN): „Digitale Geländemodelle“ http://www.lgn.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=11080&article_id=51746&psmand=35, zuletzt abgerufen am 31.08.15.
- (Palmas 2015) Palmas, C; Haaren v. C.; Jensen H., Huld T., Dossola F; Geßler A.: Räumliche Energiepotenziale auf lokaler Ebene. Solarenergie und Erdwärme in Siedlungsgebieten am Beispiel der Gemeinde Ganderkesee. In Arbeit.
- (Rigollier 2000) Rigollier, C.; Bauer, O.; Wald, L.: On the clear sky model of the ESRA - European Solar radiation Atlas – with respect to the Heliosat method. In: Solar energy 68, 33-48.
- (WD 2015) Ertragsrechner – Windenergiedaten (WD) der Schweiz. <http://wind-data.ch/tools/powercalc.php>, zuletzt abgerufen am 19.08.2015.

Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050

Anhang B

Energiespeicher

Ergänzende Ausführungen zu Kurzzeit-Energiespeichern

Pumpspeicher

Das Pumpspeicherwerk Erzhausen an der Leine ist Niedersachsens einziges Pumpspeicherwerk und gehört zur Statkraft Markets GmbH. Es hat eine Turbinenleistung von 220 MW und eine Pumpenleistung von 230 MW (Statkraft 2010). Die Anlage verfügt über einen Speicherwirkungsgrad von 74 Prozent. Die Kapazität beträgt 940 MWh pro Zyklus.

Potenziale im Bereich Pumpspeicherung können durch den Bau weiterer konventioneller und unkonventioneller Pumpspeicher erschlossen werden und betragen in Summe rund 100.000 MWh. In (IZ 2014) wurden 83 geeignete Standorte im südlichen Niedersachsen für Pumpspeicherwerke mit einer Leistung von insgesamt 19,6 GW beziehungsweise einer Kapazität von 98,2 GWh pro Zyklus ermittelt. Beschränkte man sich auf den Ausbau der 10 wirtschaftlichsten Standorte, erreichte man 3,8 GW mit 19,3 GWh pro Zyklus.

In (Stenzel 2013) werden die Ergebnisse einer Untersuchung zur Nutzung von Bundeswasserstraßen, beziehungsweise deren aus Schleusen resultierenden Höhendifferenzen als Pumpspeicherwerke untersucht. Für Niedersachsen ergab sich dabei ein Potenzial von 59 MWh bestehend aus fünf Einzelspeichern.

Im Bereich der Erzbergbaue verfügt Niedersachsen über acht besonders gut geeignete Standorte, die für einen Ausbau zu einem Pumpspeicherwerk mit mehr als 100 MW Leistung und vier Stunden Betriebszeit unter Volllast geeignet erscheinen. (Tavakoli 2013) Die konservativen Schätzungen in (EFZN 2011) ermitteln ein Potenzial für Niedersachsen von 4,4 GWh (errechnet aus elf gut und bedingt geeigneten Standorten à 400 MWh). Die Annahme, dass jeder Standort mit 400 MWh ausgebaut werden könne, ist willkürlich getroffen (EFZN 2011). Ebenso könnte der zehnfache Wert angesetzt werden. Des Weiteren ist das Nachnutzen vorhandener Schächte keine grundsätzliche Bedingung, sondern resultiert lediglich aus wirtschaftlichen Überlegungen, daher ist auch die Anzahl von elf beziehungsweise acht geeigneten Standorten nur bedingt eine Einschränkung. Es ist festzustellen, dass das hier genannte Potenzial also eine Minimalannahme darstellt und eine Erweiterung um (mindestens) den Faktor 10 denkbar ist.

Auch im Bereich des Kalisalz-Bergbaus kann eine Nachnutzung der bergbaulichen Infrastruktur durch untertägige Pumpspeicher sinnvoll sein. Dabei ist zu beachten, dass nicht Wasser sondern gesättigte Sole als Arbeitsmedium verwendet wird, um Nachlösung zu vermeiden. Erste Untersuchungsansätze hat Hloucal in (EFZN 2014) präsentiert. Es ist davon auszugehen, dass in Niedersachsen ein ähnliches Potenzial wie im Erzbergbau vorhanden ist, also in einer konservativen Minimalschätzung ebenfalls 4,4 GWh.

Druckluftspeicherkraftwerke

Niedersachsen hat im Bereich der Druckluftspeicherung (sog. CAES-Anlagen für „Compressed Air Energy Storage“) eine privilegierte Position, da sich eines der weltweit zwei existierenden kommerziellen Druckluftspeicherkraftwerke in Huntorf, Niedersachsen, befindet. Die Anlage in Huntorf wird von E.ON Kraftwerke AG betrieben, hat eine Turbinenleistung von 321 MW und kann 4,5 Stunden unter Volllast betrieben werden. Es ergibt sich somit eine Kapazität von 1445 MWh pro Zyklus. Der Anlagenwirkungsgrad¹ beträgt 42 Prozent, während der Stromspeicherwirkungsgrad² bei ca. 65 Prozent liegt (Kaiser 2015). Eine zweite kommerzielle CAES-Anlage befindet sich in McIntosh, Alabama, USA. Diese verfügt im Gegensatz zu Huntorf über eine Rückführung der Abgaswärme, wodurch ein höherer Prozesswirkungsgrad von 54 Prozent, bzw. ein Speicherwirkungsgrad von über 80 Prozent erreicht wird (Kaiser 2015).

Beide kommerziellen CAES-Anlagen benötigen im Betrieb die Zufeuerung von Brennstoff und sind somit keine reinen Energiespeicher. Alternativ sind aber auch CAES-Anlagen ohne Brennstoffzufeuerung denkbar, die durch die Speicherung der Kompressionswärme den Expansionsprozess ohne Brennstoffzufeuerung realisieren können. Diese sogenannten „adiabaten“ Konzepte sind technisch jedoch noch nicht völlig ausgereift, weitere Forschung in diesem Bereich ist empfehlenswert.

In Niedersachsen ist ein Potenzial für Druckluftspeicherkraftwerke von 530 GWh vorhanden, beziehungsweise bei der Nutzung adiabater Druckluftspeicherkraftwerke wäre alternativ eine Kapazität von 370 GWh erreichbar (IZ 2014).

¹ Dies ist kein Speicherwirkungsgrad, sondern ein Prozesswirkungsgrad berechnet aus der technischen Arbeit der Turbine im Verhältnis zur Arbeit des Kompressors und der zugeführten Brennstoffenergie.

² Äquivalenzansatz bei dem die zugeführte Brennstoffenergie mit einem Faktor von 0,4 auf eine Äquivalenz-Strommenge umgerechnet wird.

Literaturverzeichnis

- (EFZN 2011) Beck, H.-P., Schmidt, M., Windenergiespeicherung durch Nachnutzung stillgelegter Bergwerke – Kurzbericht. Schriftenreihe des Energieforschungszentrums Niedersachsen, 7, Cuvillier Verlag, ISBN: 978-3-9540409-5-7, 2012.
- (EFZN 2014) Energieforschungszentrum Niedersachsen (EFZN) (Hrsg.), Erneuerbare erfolgreich ins Netz integrieren durch Pumpspeicherung, Tagungsband zur 2. Pumpspeichertagung des EFZN, Goslar, 20. und 21. November 2014, Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen, 23, Cuvillier Verlag, 2014.
- (Tavakoli 2013) Tavakoli, B. Z.: Untersuchung des Potenzials stillgelegter Bergwerke im Oberharz für die Errichtung eines untertägigen Pumpspeicherwerks. Masterarbeit, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, 30.4.2013.
- (IZ 2014) Innovationszentrum Niedersachsen (IZ) (Hrsg.), Erstellung eines Entwicklungskonzeptes Energiespeicher in Niedersachsen, 2014.
- (Kaiser 2015) Kaiser, F.; Weber, R.: Thermodynamic Steady State Analysis and Comparison of Compressed Air Energy Storage (CAES) Concepts. In Vorbereitung, EFZN, Goslar, 2015.
- (Statkraft 2010) Statkraft Markets GmbH (Hrsg.), Herzlich Willkommen in Erzhausen. Broschüre zum Pumpspeicherkraftwerk Erzhausen, 2010.

Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050

Anhang C

Ergänzende Ausführungen zu den Treibhausgasemissionen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einführung	3
2 Ermittlung der nichtenergetischen CO ₂ -Emissionen für die Jahre 1990 und 2012	4
2.1 Verursacherprinzip und Solidarprinzip	
2.2 Regionaler Ansatz	
3 Ermittlung der nichtenergetischen CO ₂ -Emissionen für das Jahr 2050	8
3.1 Verursacherprinzip und Solidarprinzip	
3.2 Regionaler Ansatz	
4 Zusammenfassung der Ergebnisse	11
5 Bestimmung der Restemissionen für die energetische Nutzung	13
6 Anmerkungen zum Anhang C	17

1 Einführung

Neben dem bereits vorgestellten Szenario „Niedersachsen 100 Prozent EE“, das eine zu 100 Prozent auf erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung beinhaltet, wird ein zweites Szenario erstellt. In diesem als „Niedersachsen -80 Prozent THG“ bezeichneten Szenario erfolgt eine Reduktion der gesamten Treibhausgasemissionen um 80 Prozent für das Zieljahr 2050 gegenüber dem Basisjahr 1990. Wesentlicher Unterschied ist die Berücksichtigung der nicht energiebedingten Emissionen zusätzlich zu den energiebedingten Treibhausgasemissionen.

Gemäß internationaler Konvention umfassen die gesamten Treibhausgasemissionen neben den energiebedingten Anteilen noch die sogenannten nichtenergiebedingten oder nichtenergetischen Emissionen. Auch diese Anteile müssen bilanziert werden, um zu einem Gesamtbild des Treibhausgasausstoßes zu kommen. Die nichtenergetischen Emissionen unterteilen sich in verschiedene Bereiche. Die Festlegung gemäß des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) unterscheidet zwischen den Beiträgen aus (NIR 2014):

- Industrieprozessen,
- Lösemitteln,
- Landwirtschaft,
- Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft, sowie
- Abfall und Abwasser.

Grundlage für die Erstellung des -80 Prozent THG-Szenarios ist die Ermittlung und Festlegung der nichtenergetischen Emissionen für die entsprechenden Jahre (1990¹ als Ausgangswert, 2012² als Statuswert und 2050³ als Zielwert) und die Stützjahre. Sobald die nichtenergetischen Emissionen für den Zielkorridor festgelegt beziehungsweise abgeschätzt sind, ergibt sich ein möglicher Restbetrag an THG-Emissionen, der für die energetische Nutzung (über fossile Energieträger) vorgesehen werden kann. Es wird somit ein Anteil unvermeidbarer THG-Emissionen für die nichtenergetische Nutzung vorgehalten.

Bei der Bestimmung des Beitrages der NE-THG (nichtenergetisch bedingte Treibhausgasemissionen) zu den Gesamtemissionen wird nach der im Folgenden kurz beschriebenen Methode vorgegangen. Ausgangspunkt sind die Zahlen-Angaben aus dem nationalen Inventarbericht für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland entsprechend der internationalen Festlegungen des IPCC (NIR 2014). In Deutschland werden einige Treibhausgase auch in der Umwelt-ökonomischen Gesamtrechnung erfasst (UGR 2014). Es kommt allerdings zu Inkonsistenzen zwischen diesen beiden Verfahren durch die Zuordnung der Emissionsquellen und der Verursacherbereiche.

Auch Überschneidungen werden unterschiedlich bewertet (z.B. energetischer und stofflicher Aufwand in der Rohstahlerzeugung und Zuordnung zu CO₂-Äquivalenten). Daher sollen die Zahlenangaben der internationalen Berichterstattung als Basis verwendet werden (NIR 2014).

Die auf Niedersachsen entfallenden NE-THG werden in drei Varianten berechnet.

Das Verursacherprinzip geht dabei von einem gleichmäßigen Pro-Kopf-Anteil aller Bundesbürger aus. Die Emissionen werden also entsprechend dem Anteil der niedersächsischen Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung Deutschlands ermittelt.

Nach ähnlichem Muster wird nach dem Solidarprinzip ein Verhältnis der niedersächsischen Bevölkerung zuzüglich des in benachbarten Ballungszentren mitzuversorgenden Bevölkerungsanteils an der gesamtdeutschen Bevölkerung gebildet und die NE-THG entsprechend aufgeteilt

Die dritte Variante ermittelt die NE-THG aufgrund eines regionalen Ansatzes, also die tatsächlich auf dem Gebiet des Landes Niedersachsen anfallenden Emissionen. Dabei findet die spezifische niedersächsische Situation Berücksichtigung, wobei sich insbesondere durch die Sektoren Landwirtschaft, Industrie und Landnutzung Unterschiede zu den beiden ersten Verfahren ergeben. Diese spezifische niedersächsische Situation soll bei der Formulierung des -80 Prozent-Zieles Berücksichtigung finden. Die energiebedingten Emissionen für diese dritte Variante ergeben sich aus der niedersächsischen Energie- und CO₂-Bilanz. Aus methodischen Gründen und wegen der Vergleichbarkeit mit dem Solidaransatz (100prosim basiert auf Endenergie) werden anstatt der Daten aus der Quellenbilanz die Werte aus der Verursacherbilanz herangezogen (MU 2015).

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt soll der Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (land use, land use change and forestry, LULUCF) nicht mit bilanziert werden. In der internationalen Berichterstattung werden die gesamten THG meist ohne die direkten CO₂-Emissionen aus LULUCF angegeben. Der Grund liegt in der unterschiedlichen Bewertung der möglichen Senkenfunktion von Wäldern und in der noch nicht abgeschlossenen kontroversen wissenschaftlichen Diskussion über die tatsächlichen Vorgänge und Klimawirkungen bei Landnutzungsänderungen. Lediglich geringe Beiträge kommen über die Äquivalenzberechnung des Methans CH₄ und des Distickstoffoxids N₂O bzw. des Lachgases zustande. In diesem Gutachten soll vereinfachend der gesamte Bereich des LULUCF nicht mit einbezogen werden. Es wird dennoch darüber berichtet und die entsprechende Information zur Verfügung gestellt.

* Fußnoten finden sich in Kapitel 6, ab Seite 17

2 Ermittlung der nichtenergetischen CO₂-Emissionen für die Jahre 1990 und 2012

2.1 Verursacherprinzip und Solidarprinzip

Aus dem Nationalen Inventarbericht (NIR 2014) sind die gesamtdeutschen NE-THG für die Jahre 1990 und 2012 ablesbar. Diese werden anhand des Verursacher⁴ - und Solidarprinzips⁵ auf Niedersachsen umgelegt.

Industrieprozesse

Der Sektor Industrieprozesse unterteilt sich in Mineralische Produkte (z.B. Herstellung von Zement, Kalk, Soda, Glas und Keramik), in Chemische Industrie (z.B. Herstellung von Ammoniak, Salpetersäure, Adipinsäure und Carbid), in Metallproduktion (z.B. Herstellung von Stahl, von Legierungen, von Primär-Aluminium, Einsatz von Aluminium und Magnesium) sowie in Produktion und Verbrauch von halogenierten Kohlenwasserstoffen und Schwefelhexafluorid SF₆ (nach NIR 2014)). Die entsprechenden Zahlenwerte für 1990 und 2012 werden den Tabellen des Nationalen Inventarberichtes (NIR 2014) entnommen⁶ und gemäß der Anteile der Bevölkerung (Verursacher und Solidar) berechnet und zusammengefasst in Tabelle 1 dargestellt.

Lösemittel

Lösemittel sind eine kleinere Gruppe und bestehen aus Lösemittel und anderer Produktverwendung. Die entsprechenden Zahlenwerte für 1990 und 2012 werden den Tabellen des Nationalen Inventarberichtes (NIR 2014) entnommen⁷ und gemäß der Anteile der Bevölkerung (Verursacher und Solidar) berechnet und zusammengefasst in Tabelle 2 dargestellt.

Landwirtschaft

Die NE-THG aus der Landwirtschaft sind die Summe der Emissionen über Methan aus der Verdauung der Tiere (insbesondere Milchkühe und Rinder), Methan- und Lachgasemissionen aus dem Anfall und der Verwertung von Wirtschaftsdünger und Lachgasemissionen aus Umsetzungsvorgängen in Böden (z.B. Mineraldüngergaben, Weidengang). Die entsprechenden Zahlenwerte für 1990 und 2012 werden den Tabellen des Nationalen Inventarberichtes (NIR 2014) entnommen⁸ und gemäß der Anteile der Bevölkerung (Verursacher und Solidar) berechnet und sind zusammengefasst in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 1: THG-Emissionen aus Industrie, in kt CO₂-Äq

Deutschland		Niedersachsen			
		Verursacher		Solidar	
1990	2012	1990	2012	1990	2012
97.937	68.316	9.072	6.600	13.056	9.107

Tabelle 2: THG-Emissionen aus Lösemitteln, in kt CO₂-Äq

Deutschland		Niedersachsen			
		Verursacher		Solidar	
1990	2012	1990	2012	1990	2012
4.477	1.694	415	164	597	226

Tabelle 3: THG-Emissionen aus Landwirtschaft, in kt CO₂-Äq

Deutschland		Niedersachsen			
		Verursacher		Solidar	
1990	2012	1990	2012	1990	2012
87.819	69.490	8.134	6.713	11.707	9.264

Abfall und Abwasser

Die größten Emissionsquellen zu Anfang der Berichterstattung in 1990 waren die Methan-Emissionen aus Abfalldeponien. Dies wurde durch die Anpassung der Deponierichtlinien stark vermindert. Bei der Abwasserbehandlung entstehen N_2O und CH_4 , die berücksichtigt werden müssen. Zunehmend gegenläufig dem sinkenden Trend der Abfalldeponien wird über die Mechanisch-Biologische Vorbehandlung der Abfälle und die Kompostierung zusätzlich N_2O und CH_4 emittiert. Die entsprechenden Zahlenwerte für 1990 und 2012 werden den Tabellen des Nationalen Inventarberichtes (NIR 2014) entnommen⁹ und gemäß der Anteile der Bevölkerung (Verursacher und Solidar) berechnet und sind zusammengefasst in Tabelle 4 dargestellt.

Nachrichtlich: Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forst

Dieser Bereich beinhaltet die THG-Bilanzierung aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen (z.B. die Umwandlung von Wald in Acker oder von Acker in Siedlungsfläche u.ä.) für die entsprechenden Landnutzungskategorien. Für Forstwirtschaft wird Kohlendioxid, Lachgas und Methan bilanziert. Bei letzteren beiden kommen geringe Anteile zustande. Durch die Zunahme von Waldflächen und die Einbindung von CO_2 in Waldböden stellt sich Forst insgesamt als THG-Senke dar. Die Emissionen aus Ackerböden und aus Grünland, die durch Bewirtschaftung und Landnutzungsänderungen entstehen, sind zum großen Teil durch die Nutzung organischer Böden bestimmt. Hinzu kommen noch die Emissionen aus Feuchtgebieten und über Siedlungsflächen.

Die Einbeziehung der Ergebnisse aus LULUCF wird unterschiedlich gehandhabt. Es gibt noch unterschiedliche Auffassungen in der Fachwelt über die Berechnung und die Mechanismen der THG-Bildung in den jeweiligen Landnutzungskategorien (siehe z.B. (vTI 2012; NW FVA 2007; SRU 2011)). So bestehen bei der Emission aus organischen Böden noch erhebliche methodische Unterschiede und Unsicherheiten. Auch die Anrechnung der CO_2 -Senke durch die Forstwirtschaft wird international unterschiedlich gehandhabt. Neben der Gesamtangabe aller Treibhausgase wird die Emissionsbilanz über CO_2 ausgelassen und lediglich der Anteil Methan und Lachgas angerechnet und weiter bilanziert. In dieser Untersuchung hier werden die Zahlenangaben in Summe nachrichtlich mitgeführt.

Die entsprechenden Zahlenwerte für 1990 und 2012 werden den Tabellen des Nationalen Inventarberichtes (NIR 2014) entnommen¹⁰ und gemäß der Anteile der Bevölkerung (Verursacher und Solidar) berechnet und sind zusammengefasst in Tabelle 5 dargestellt.

Die Bilanz für Deutschland ist insgesamt negativ, da die Senken über die Ausweitung der Waldflächen die Quellen aus Landnutzungsänderungen überwiegen. Insbesondere die nachlassende Einspeicherung von CO_2 in Wälder ist für den Rückgang der Senkenfunktion von 1990 zu 2012 verantwortlich. Wird die Senkenfunktion der Wälder herausgerechnet, ergeben sich für den Bereich LULUCF ebenfalls positive Beiträge zu den Treibhausgasemissionen (siehe Endnote 10).

Tabelle 4: THG-Emissionen aus Abfall und Abwasser, in kt CO_2 -Äq

Deutschland		Niedersachsen			
		Verursacher		Solidar	
1990	2012	1990	2012	1990	2012
42.504	13.553	8.134	1.309	5.666	1.807

Tabelle 5: THG-Emissionen aus LULUCF, in kt CO_2 -Äq

Deutschland		Niedersachsen			
		Verursacher		Solidar	
1990	2012	1990	2012	1990	2012
-24.518	-3.488	-2.271	-337	-3.286	-465

2.2 Regionaler Ansatz

Für die Ermittlung der regionalen NE-THG müssen verschiedene Modellrechnungen angestellt werden, um die niedersächsischen Anteile zu bestimmen. Als Grundlage wird das Basisjahr 2012 herangezogen. Da nicht alle Daten für diesen Zeitraum verfügbar sind, sind Abschätzungen und Anpassungen notwendig. Die Vorgehensweise ist jeweils in den einzelnen Sektoren erläutert.

Industrieprozesse

Der Sektor Industrieprozesse unterteilt sich in Mineralische Produkte (z.B. Herstellung von Zement, Kalk, Soda, Glas, Keramik), in Chemische Industrie (z.B. Herstellung von Ammoniak, Salpetersäure, Adipinsäure, Carbid), in Metallproduktion (z.B. Herstellung von Stahl, Legierungen, Primär-Aluminium, Einsatz von Aluminium und Magnesium) sowie in Produktion und Verbrauch von halogenierten Kohlenwasserstoffen und SF₆ (nach (NIR 2014)).

Die erste Modellrechnung basiert auf einer Schätzung der Anteile der einzelnen oben angeführten Industrieprozesse für Niedersachsen für das Jahr 2012. Diese Einschätzung ist subjektiv. Die zweite Modellrechnung beruht auf der Auswertung der statistischen Jahrbücher für Niedersachsen und Deutschland für die Produktionsmengen der ausgewählten Güter (Jahrbuch D (Destatis 2012) und NDS, Produkte (LSKN 2014b)). Es gibt allerdings nicht für alle Güter entsprechend detaillierte Zahlengaben, so dass sich gemittelte Anteile für die einzelnen Sektoren ergeben. Die dritte Modellrechnung bezieht sich auf die Umsatzangaben der statistischen Jahrbücher (Jahrbuch D (Destatis 2013) und NDS, Umsatz (LSKN 2014a)). Auch da sind die Zahlenangaben nicht vollständig. Es wird wie oben verfahren. Für einen vierten Ansatz werden die Angaben der umweltökonomischen Gesamtrechnung verwendet (UGR D (UGR 2014) und UGR NDS (LSKN 2013)). Leider sind auch hier die Daten nicht vollständig über alle Bereiche

abgebildet. Es wird wie oben verfahren. Die letzte Abschätzung erfolgt aufgrund der detaillierten Angaben über Produktionsmengen aus dem nationalen Inventarbericht (NIR 2014) im Vergleich zu den Mengenangaben der niedersächsischen Industrieproduktion (LSKN 2014b). Zum Abschluss werden über die einzelnen Produkte bzw. die Industriebereiche die Mittelwerte gebildet und daraus die Gesamtsumme der NE-THG für Industrieprozesse für 2012 angegeben¹¹. Eine Rückrechnung auf 1990 erfolgt für Niedersachsen im Verhältnis der entsprechenden NE-THG für Deutschland im Vergleich von 1990 zu 2012.

- Regionale Emissionen NDS Industrie 1990: 10.686 kt CO₂-Äq. (Rückrechnung)
- Regionale Emissionen NDS Industrie 2012: 7.454 kt CO₂-Äq. (siehe Detailangaben unter Endnote 11)

Die THG-Emissionen der Industrie werden in Niedersachsen noch nicht getrennt erfasst (z.B. in der UGR bzw. in der Energie- und CO₂-Bilanz). Eine verfügbare Quellenangabe gibt eine aktuelle Einschätzung von etwa 3.000 kt CO₂-Äq. (MU 2012) für den Industriesektor an (ohne weitere Details). Offensichtlich handelt es sich bei dieser Angabe um eine nicht vollständige und mit obiger Berechnung vergleichbare Zahlenangabe. Da die eigene regionale Berechnung im Vergleich mit Tabelle 1 zu ähnlichen Größenordnungen führt, wird mit dem ermittelten Wert weiter gerechnet.

Lösemittel

Die Emissionen aus der Verwendung von Lösemitteln sind im absoluten Vergleich nicht hoch. Für den regionalen Ansatz wird deswegen vereinfacht der Mittelwert aus Verursacher- und Solidaranteil angesetzt.

- Regionale Emissionen NDS Lösemittel 1990: 506 kt CO₂-Äq.
- Regionale Emissionen NDS Lösemittel 2012: 195 kt CO₂-Äq.

Es zeigt sich bereits eine deutliche Verringerung der Emissionen. Der Bundestrend gilt auch für Niedersachsen.

Nachrichtlich: Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)

Landwirtschaft

Für die Berechnung der auf Niedersachsen entfallenden Anteile aus der Landwirtschaft wurde auf die Datenbank bzw. die Rechentabelle des Johann Heinrich von Thünen-Instituts in Braunschweig (vTI) zurückgegriffen. Diese wurde auf Anforderung zur Verfügung gestellt (vTI 2015). Die Daten zur nationalen Berichterstattung enthalten alle Angaben zu den einzelnen Emissionsformen in detaillierter Zusammenstellung (hier nur CH₄ und N₂O als Äquivalente). In den Tabellenwerken sind zusätzlich alle Bundesländer einzeln aufgeführt, so dass sich aus den Zahlenwerken die absoluten Zahlen für Niedersachsen (z.B. Anzahl Kühe oder Emissionen aus Böden) ablesen lassen. Diese wurden ermittelt und zusammengefasst¹². Damit ergibt sich folgendes Ergebnis:

- Regionale Emissionen NDS Landwirtschaft 1990: 15.980 kt CO₂-Äq.
- Regionale Emissionen NDS Landwirtschaft 2012: 15.129 kt CO₂-Äq.

Es wird deutlich, dass die Gesamtemissionen nur geringfügig fallen. Dies liegt an steigenden Tierzahlen (trotz gleichzeitig verbesserter Effizienz) und erhöhtem Einsatz von Dünger in der Landwirtschaft. Niedersachsen als Flächenland und Agrarexportland ist hier überproportional zu berücksichtigen. Der Vergleich mit der UGR für Niedersachsen (UGR 2014) ergibt eine gute Übereinstimmung. Dort werden für CH₄ insgesamt 5.435 kt CO₂-Äq. und für N₂O insgesamt 9.691 kt CO₂-Äq. für das Jahr 2011 ermittelt (in Summe 15.126 kt CO₂-Äq.).

Emissionen aus Abfall und Abwasser

Diese Emissionen –wie oben auch schon für Lösemittel angewendet– werden als Mittelwert zwischen Verursacher- und Solidarprinzip abgeschätzt.

- Regionale Emissionen NDS Abfall/Abwasser 1990: 4.803 kt CO₂-Äq.
- Regionale Emissionen NDS Abfall/Abwasser 2012: 1.558 kt CO₂-Äq.

Die Werte für 2012 setzen sich aus 1.243 kt CO₂-Äq. über CH₄ und aus 315 kt CO₂-Äq. über N₂O zusammen. Die Werte der UGR für Niedersachsen für 2011 sind zu 1.300 kt CO₂-Äq. für CH₄ und zu 292 kt CO₂-Äq. ermittelt worden (UGR 2014). Damit ergibt sich eine plausible Zuordnung der Werte (Summe der Werte aus UGR 2011 ist 1.592 kt CO₂-Äq.).

Für die Ermittlung der niedersächsischen Anteile werden die Flächenverhältnisse der einzelnen Landnutzungskategorien für Niedersachsen im Vergleich zu Deutschland angesetzt¹³ (siehe auch Angaben im Szenario, Statistikdaten usw.). Dabei ist zu berücksichtigen, dass Niedersachsen einen hohen Anteil der organischen Böden aufweist (etwa 38 Prozent von Deutschland) und damit regional überproportional beansprucht wird. Gleiches gilt für den Torfabbau, der zum großen Teil in Niedersachsen stattfindet. Für die Torfnutzung wurde allerdings abweichend der Solidarbeitrag berechnet, da die Torfnutzung in ganz Deutschland stattfindet. Die sonstigen Anteile unter LULUCF (z.B. Siedlungen, Feuchtgebiete mit geringfügigeren Summen) wurden nach dem Verursacherprinzip umgelegt.

Werte für den regionalen Ansatz Niedersachsen für 1990 in der Rückrechnung ergeben sich in den einzelnen Kategorien durch eine Verhältnisbildung der gesamtdeutschen Werte zwischen 1990 und 2012. Dabei wird der gleiche Trend der Veränderung in Niedersachsen und in Deutschland vorausgesetzt. Damit ergeben sich für die zwei Jahre die folgenden Werte:

- Regionale Emissionen NDS LULUCF 1990: 7.629 kt CO₂-Äq.
- Regionale Emissionen NDS LULUCF 2012: 10.366 kt CO₂-Äq.

Im Gegensatz zum Solidar- und Verursacherprinzip werden die Emissionen hier nicht negativ (über die Senke Wald), da der Anteil aus den organischen Böden überproportional auf Niedersachsen entfällt und damit die Senke Wald überkompensiert. Die sich ergebenden Differenzen sind beachtlich (statt -337 bzw. -465 kt CO₂-Äq. zeigen sich Emissionen von +10.366 kt CO₂-Äq. für den regionalen Ansatz in Niedersachsen).

Der Vergleich mit verfügbaren Quellen ist schwierig, da die Datengrundlage häufig anders gelagert ist und die Summierung unterschiedlich erfolgt. Es wird u.a. von etwa 13.500 kt CO₂-Äq. aus der Nutzung organischer Böden in Niedersachsen berichtet (MU2012a, vTI 2012). Die Größenordnung kann bestätigt werden. Sie wird im vorliegenden Modell zu 13.721 kt CO₂-Äq. (nach interner Berechnung) bestimmt.

3 Ermittlung der nichtenergetischen CO₂-Emissionen für das Jahr 2050

Für das Zielszenario -80 Prozent THG für 2050 in Niedersachsen müssen vorab die nichtenergetischen Treibhausgasemissionen, die sich aller Voraussicht nach nicht vermeiden lassen, bestimmt werden. Dann kann für die NE-THG ein Betrag angegeben werden. Sollte dieser unterhalb der -80 Prozent-Schwelle liegen, wovon ausgegangen wird, lässt sich danach die Emissionsmenge bestimmen, die noch für die energetische Nutzung vorhanden ist. Bei der Bestimmung der nichtenergetischen Restemissionen in 2050 sind weitreichende Annahmen und Abschätzungen zu treffen, deren Realisierung mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Basis der Abschätzungen soll die Studie des Umweltbundesamtes zum treibhausgasneutralen Deutschland sein (UBA 2014).

In der Studie werden für die einzelnen Sektoren Industrie, Landwirtschaft usw. Zielwerte an absoluten NE-THG für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland vorgegeben. Diese können als prozentuale Einsparung gegenüber 2012 berechnet werden. Für Niedersachsen lassen sich daraus wieder die Verursacher- und Solidaranteile bestimmen. Wie oben bereits erläutert, müssen die regionalen Anteile über eigene Rechenmodelle bestimmt werden. Die dort für 2012 errechneten Werte (regional) werden mit den Reduktionszielen aus der UBA-Studie auf 2050 hochgerechnet.

Bei dem Zielszenario 2050 wird zwischen einem realistischen und einem optimistischen Ansatz unterschieden. Dabei repräsentiert der optimistische Ansatz die vollen Annahmen des UBA-Berichtes. Die dort insbesondere für Industrie und Landwirtschaft weitreichenden Umstellungen werden als nicht komplett durchsetzbar bewertet, so dass in einem realistischen Ansatz in Details von den Annahmen abgewichen wird.

Optimistischer Ansatz (gemäß (UBA 2014))

Die Industrieprozesse sollen insgesamt nur noch 13.179 kt CO₂-Äq. verursachen, das bedeutet einen Rückgang auf knapp 20 Prozent der Emissionen von 2012 für Deutschland. Im Bereich mineralischer Produkte verbleiben die Emissionen überwiegend auf derzeitigem Niveau, da sich die stofflichen Prozesse nicht so stark verändern lassen. Lediglich Zement reduziert sich auf 50 Prozent und ein leichter Rückgang wird für die Kalkherstellung angenommen. Die NE-THG aus der chemischen Industrie werden bis auf kleine Reste nahezu vollständig auf Null gesetzt. Dies gelingt durch die Umstellung auf regenerative und alternative Einsatzprodukte. Zusätzlich werden Emissionen der Produktionsprozesse, insbesondere Lachgasaustritte, über Rückhaltemaßnahmen verringert. Auch die Metallproduktion wird durch Prozessumstellungen (z.B. Roh-Stahlherstellung mit Wasserstoff als Reduktionsmittel) bis auf wenige Restemissionen verringert. Produktion und Verbrauch von Halogenierten und SF₆ wird nahezu vermieden, so dass etwa 10 Prozent Restemissionen verbleiben¹⁴.

Emissionen über Lösemittel lassen sich der Studie zufolge auf etwas über 50 Prozent reduzieren. Es erfolgt keine Differenzierung nach optimistischem bzw. realisiertem Ansatz. Der Wert beträgt 881 kt CO₂-Äq. für Deutschland (siehe Tabelle 6).

Im Sektor Landwirtschaft sollen sich die Emissionen deutschlandweit bis 2050 auf etwa die Hälfte in Höhe von 35.000 kt CO₂-Äq. begrenzen lassen (vTI 2013a). Dies erfordert allerdings weitreichende Maßnahmen in der Landwirtschaft. Neben Effizienzmaßnahmen wie die Verbesserung der N-Produktivität in der Düngung, mehr Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdünger und Steigerung der spezifischen Milchleistung ist darüber hinaus ein höherer Anteil ökologischer Landbau gefordert. Die bis hierher erwähnten Maßnahmen zusammen können ein Niveau von etwa 65 Prozent erzielen. Für das optimistische 50 Prozent Ziel sind die Tierbestände darüberhinaus massiv zu reduzieren, in Einzelfällen auf über 50 Prozent Reduktion der derzeitigen Tierbestände. Dies würde nur - falls auf Importe verzichtet wird - über eine Ernährungsumstellung der Bevölkerung gelingen.

Realistischer Ansatz (eigene Abschätzung)

Die Umstellungen der Industrieprozesse werden nicht vollumfänglich als realisierbar angesehen. Eine Abschätzung der einzelnen Bereiche ergibt geringere Einsparmöglichkeiten als vom UBA angenommen. Bei der Zementherstellung werden lediglich 25 Prozent Einsparpotenzial gesehen. Die Umstellung der Chemieprozesse wird auch nicht vollends gelingen, so dass dort ein 33-prozentiger Restanteil an THG geschätzt wird. So wird in dem realistischen Ansatz von einer 45 prozentigen Reduktion über alle Bereiche der Industrieprozesse ausgegangen. Das ergibt eine resultierende THG-Belastung von 31.160 kt CO₂-Äq. für 2050 (siehe Tabelle 6).

Die Grundlagen für die Ermittlung der Emissionen in der Landwirtschaft sind bereits erläutert worden. Die dort erwähnte 65 Prozent-Verringerung als machbar bezeichnete Möglichkeit ergibt Restemissionen für das realistische Szenario in Höhe von 45.000 kt CO₂-Äq. (siehe Tabelle 6), die hier angenommen werden sollen¹⁶.

Da Niedersachsen den Großteil der organischen Böden besitzt, würde die angestrebte Minimal-emission im Sektor LULUCF eine Umwidmung von Flächen in einer Größenordnung von 400.000 ha in Niedersachsen bedeuten, um die bundesdeutschen Ziele zu erreichen. Diese Zielvorstellung erscheint nicht durchsetzbar. Daher wird in dem realistischen Ansatz eine bundesweite Renaturierung/ Restaurierung von 20 Prozent der organischen Böden (mit dem entsprechenden Anteil für Niedersachsen) bis zum Jahr 2050 angenommen. Ebenso ist der Ansatz für Emissionen aus Siedlungsflächen etwas erhöht worden. Damit ergibt sich eine Restemission für Deutschland in Höhe von 38.000 kt CO₂-Äq. für die gesamte LULUCF (siehe Tabelle 6).

Im Bereich Abfall und Abwasser wird eine mögliche Reduzierung auf gut 20 Prozent gesehen. Eine massive Einsparung gelingt über den Rückgang der Deponierung von THG-emittierenden Stoffen. Verbesserungen der Abwasserbehandlung erbringen 40 Prozent spezifische Einsparungen. Zusammen mit Umstellungen und Änderungen des Konsummusters wird hier von einem Wert in 2050 in Höhe von 2.800 kt CO₂-Äq. für D ausgegangen¹⁵. Dieser Wert gilt sowohl für den optimistischen als auch für den realistischen Ansatz (siehe Tabelle 6).

Das angestrebte Ziel der Rest-Emission im Bereich LULUCF ist nicht umsetzbar. Es ist mit Restemissionen aus organischen Böden zu rechnen, die notwendige Kalkung der Flächen verursacht Emissionen und Siedlungsflächen werden weiterhin bestehen bleiben. Es ließe sich die Gesamt-emission auf etwa 8.000 kt CO₂-Äq. begrenzen. Dazu notwendig ist eine Renaturierung/ Restaurierung von 85 Prozent der organischen Böden (100 Prozent des jetzigen Grünlandes und 70 Prozent des jetzigen Ackerlandes, wobei die verbleibenden 30 Prozent des jetzigen Ackerlandes zu Grünland werden). Der Torfabbau wäre zu unterlassen (vTI 2013a). Eine mögliche THG-Senkenfunktion des Waldes über Aufforstung und Umwidmung von Flächen. ist dabei noch nicht berücksichtigt.

3.1 Verursacherprinzip und Solidarprinzip

Wie oben erläutert, wurden für 2050 die Beiträge in den einzelnen Sektoren der nichtenergetischen Emissionen für den Bereich Deutschlands ermittelt (UBA 2014). Zur Ermittlung der Beiträge wird im Verursacher- und Solidarprinzip von den bundesweiten Ansätzen ausgegangen und die jeweiligen Anteile für Niedersachsen nach erläuterten Vorgehen bestimmt (Anteile der Bevölkerung). Es wird hier lediglich der realistische Ansatz für das Jahr 2050 betrachtet.

In der Tabelle 6 werden die oben ermittelten Einzelansätze zusammengefasst dargestellt. Die zweite Spalte gibt die THG für Deutschland vor.

Damit ergibt sich für die Verursacherbilanz eine zu betrachtende Restemission in Höhe von 7.712 kt CO₂-Äq. Diese erhöht sich aufgrund der Solidarbetrachtung auf 10.662 kt CO₂-Äq. für das Jahr 2050.

3.2 Regionaler Ansatz

Bei der regionalen Betrachtung werden auf der Grundlage des Ansatzes von 2012 die Regionalbeiträge für 2050 in den einzelnen Sektoren entsprechend der prozentualen Reduzierung im bundesdeutschen Modell ermittelt. Die angenommenen Restemissionen in Prozent im Vergleich zu 2012 sind in der Tabelle 7 noch einmal aufgeführt. Lediglich für LULUCF ist eine eigene Modellrechnung zu erstellen, da sich die Flächenansätze zwischen Deutschland und Niedersachsen unterschiedlich aufteilen.

Es wird auch hier lediglich das realistische Szenario betrachtet. Die Zusammenfassung gibt die Tabelle 7. Demnach sind ohne Betrachtung der LULUCF nicht vermeidbare Restemissionen in Höhe von 13.620 kt CO₂-Äq. für 2050 einzurechnen. Dabei entfällt der größte Anteil auf die Landwirtschaft. Im Vergleich zur Landwirtschaft trägt die Industrie lediglich knapp ein Drittel dazu bei. Lösemittel und Abfall/Abwasser sind in kleinen absoluten Mengen zu berücksichtigen.

Tabelle 6: NE-THG für 2050, realistischer Ansatz, in kt CO₂-Äq. (Verursacher und Solidar)

	Deutschland 2050	Verursacher, NDS 2050	Solidar, NDS 2050
Sektor			
Industrieprozesse	31.160	3.010	4.161
Lösemittel	881	85	118
Landwirtschaft	45.000	4.347	6.009
Abfall/Abwasser	2.800	270	374
Summe	79.841	7.712	10.662
LULUCF	38.000	3.671	5.074

Tabelle 7: NE-THG für 2050, realistischer Ansatz (regional)

	Deutschland 2050	Regional, NDS 2050
Sektor	Restemission im Vergleich zu 2012	kt CO ₂ -Äq.
Industrieprozesse	45,61 %	3.400
Lösemittel	52,00 %	101
Landwirtschaft	64,76 %	9.797
Abfall/Abwasser	20,66 %	322
Summe	n.a.	13.620
LULUCF	n.a.	12.572

4 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den Tabellen 8 und 9 sind nun die Ergebnisse der Berechnungen und Abschätzungen für das Basisjahr 1990 und das Referenzjahr 2012 zusammengefasst. Es werden die Daten für das Verursacher-, das Solidarprinzip und den regionalen Ansatz vergleichend dargestellt. Die Summe NE ex LULUCF soll die nichtenergetischen Emissionen exklusive der Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forst bezeichnen.

Die gesamten NE-THG im Jahr 1990 für Niedersachsen betragen 31 Mio. t CO₂-Äquivalent im Solidaransatz. Regional belaufen sie sich auf knapp 32 Mio. t CO₂-Äquivalent. Unterschiede bestehen in den Ansätzen für Industrie und Landwirtschaft, die sich nahezu gegeneinander aufheben. Das Verursacherprinzip erzeugt weniger Emissionen, und zwar nur 21,5 Mio. t.

Für 2012 ergeben sich geringere Emissionen, wie in Tabelle 9 zu erkennen ist. Es kommen Verbesserungen im Bereich Abfall und Abwasser sowie Reduzierungen im Industriesektor zum Tragen. Der Bereich Landwirtschaft hat sich geringfügig geändert. Insbesondere regional ist kaum eine Veränderung eingetreten. So ergibt sich für den Solidaransatz eine gesamte Emission für NE-THG in Höhe von etwa 20 Mio. t. Regional sind 24 Mio. t zu verzeichnen. Im Gegensatz zu 1990 ist jetzt eine deutliche Differenz zwischen dem Solidaransatz und dem regionalem Prinzip zu verzeichnen, die hauptsächlich auf die Landwirtschaft zurückzuführen ist. Die Verursacherberechnung ergibt auch hier weniger Gesamtemissionen.

Tabelle 8: Darstellung der NE-THG für Niedersachsen, 1990, in kt CO₂-Äq

1990	Verursacher	Solidar	Regional
Industrie	9.072	13.056	10.686
Lösemittel	415	597	506
Abfall/Abwasser	3.937	5.666	4.802
Landwirtschaft	8.134	11.707	15.980
Summe NE ex LULUCF	21.558	31.026	31.974

Tabelle 9: Darstellung der NE-THG für Niedersachsen, 2012, in kt CO₂-Äq

2012	Verursacher	Solidar	Regional
Industrie	6.600	9.107	7.454
Lösemittel	164	226	195
Abfall/Abwasser	1.309	1.807	1.558
Landwirtschaft	6.713	9.264	15.129
Summe NE ex LULUCF	14.786	20.404	24.336

Ein ähnlicher Zusammenhang zeigt sich auch für die Projektion auf das Jahr 2050. Die beiden größten Emittenten, Industrie und Landwirtschaft, haben sich weiter verringert, jedoch führt auch hier der Einfluss der niedersächsischen Landwirtschaft zu einem höheren Endergebnis mit 13,6 Mio. t für den Regionalansatz im Vergleich zu 10,66 Mio. t für den Solidaransatz (siehe Tabelle 10).

Die prozentualen Veränderungen über die Einzeljahre ergeben für das Verursacher- und das Solidarprinzip in etwa ähnliche Werte. Die Unterschiede erklären sich dabei über geringfügige Differenzen der Bevölkerungszahlen in 1990 und 2012 für Deutschland und Niedersachsen. Im Regionalansatz reduziert sich die Gesamtemission für das Jahr 2050 gegenüber 1990 nur auf 43 Prozent gegenüber 36 Prozent bzw. 34 Prozent (siehe Tabelle 11) im Verursacher- bzw. Solidaransatz.

Gemäß Vereinbarung sollten die Emissionen aus LULUCF nur nachrichtlich geführt werden. In der Zusammenfassung der Tabelle 12 kann erkannt werden, dass insbesondere der Regionalansatz für 2050 eine weitere Erhöhung der nichtenergetischen Emissionen bedeuten würde. In den Jahren 1990 und 2012 wird noch der Wald als Senke geführt, was in der Verursacher- und Solidarbilanz negative Werte ergibt. Für Niedersachsen regional gilt dies wegen des höheren Einflusses der organischen Böden bereits ab 2012 nicht mehr.

Tabelle 10: Darstellung der NE-THG für Niedersachsen, 2050, in kt CO₂-Äq., realistisch

2050 realistisch	Verursacher	Solidar	Regional
Industrie	3.010	4.161	3.400
Lösemittel	85	118	101
Abfall/Abwasser	270	374	322
Landwirtschaft	4.347	6.009	9.797
Summe NE ex LULUCF	7.712	10.662	13.620

Tabelle 11: Prozentuale Veränderung der Summenergebnisse für NE-THG, in kt CO₂-Äq

Summe NE	Verursacher	Veränderung	Solidar
		zu 1990	
1990	21.558	100 %	31.026
2012	14.786	69 %	20.404
2050	7.712	36 %	10.662

Fortsetzung Tabelle 11

Summe NE	Verursacher	Veränderung	Solidar	Veränderung	Regional	Veränderung
		zu 1990		zu 1990		zu 1990
1990	21.558	100 %	31.026	100 %	31.974	100 %
2012	14.786	69 %	20.404	66 %	24.336	76 %
2050	7.712	36 %	10.662	34 %	13.620	43 %

Tabelle 12: NE-THG aus LULUCF, in kt CO₂-Äq., nachrichtlich

LULUCF	Verursacher	Solidar	Regional
NDS 1990	-2.271	-3.268	7.629
NDS 2012	-337	-465	10.366
NDS 2050	3.671	5.074	12.572

5 Bestimmung der Restemissionen für die energetische Nutzung

In den bisherigen Kapiteln wurden die nichtenergetischen Emissionen nach den drei Varianten für Niedersachsen berechnet. Zur Bestimmung der Restemissionen für die energetische Nutzung sind die Ausgangswerte für die Gesamtemissionen für 1990 heranzuziehen. Für das Verursacher- und das Solidarprinzip ergeben die sich entsprechend der Bevölkerungsanteile aus der Nationalen Berichterstattung (NIR 2014) für Deutschland (festgelegter Wert D: 1.019.026 kt CO₂-Äq.). Für den regionalen Ansatz sind die energetischen Emissionen in der Energiebilanz (für 2012 gültiger Wert, (MU 2015)) und für 1990 in der UGR hinterlegt (LSKN 2013). Sie betragen für 1990 insgesamt 88.987 kt CO₂-Äq.¹⁷.

In der Tabelle 13 werden die energetischen und nichtenergetischen Emissionen addiert und danach der -80 Prozent-Wert ermittelt. Das ergibt für den Verursacheransatz Restemissionen in Höhe von 23,19 Mio.t CO₂-Äq., für den Solidaransatz 33,37 Mio.t und für den Regionalansatz 24,19 Mio. t.

Von diesem -80 Prozent-Ziel müssen nun die in den vorigen Kapiteln ermittelten nichtenergetischen Emissionen für das Jahr 2050 abgezogen werden. Damit verbleiben für energetische Emissionen im Jahr 2050 etwa 15,5 Mio. t im Verursacherprinzip, 22,7 Mio. t im Solidarprinzip und etwa 10,6 Mio. t im Regionalansatz.

Für die Beurteilung der nichtenergetischen Emissionen soll der Regionalansatz gelten, um die niedersächsischen Besonderheiten der Landwirtschaft (Tierhaltung, Böden) zu berücksichtigen. Die Eingangsgröße in das Datenmodell 100prosim ist allerdings auf das Solidarprinzip zu beziehen. Daher muss eine Korrektur des Solidaransatzes erfolgen, um die spezifischen niedersächsischen Bedingungen abzubilden und sie in das Datenmodell einzupflegen. Die Korrektur erfolgt über das Verhältnis der Restemission für Energie in 2050 zu den Emissionen für Energie in 1990.

Das Verhältnis von energetischen Emissionen 1990 zu 2050 im Regionalansatz beträgt 11,88 Prozent basierend auf 10.572 kt CO₂-Äq. zu 88.987 kt CO₂-Äq. Im Solidaransatz entsprechen diese 11,88 Prozent vom Ausgangswert (Energie 1990: 135.845 kt CO₂-Äq.) dem Wert 16.139 kt CO₂-Äq. statt 22.712 kt CO₂-Äq.

Der korrigierte Solidaransatz wird damit zu 16.139 kt CO₂-Äq. berechnet und stellt die Eingangsgröße in die weiteren Berechnungen des Szenarios dar.

- THG für Energie NDS spezifisch im Jahr 2050: 16.139 kt CO₂-Äq.

Tabelle 13: Berechnung der energetischen Restemission in 2050, in kt CO₂-Äq

	Verursacher	Solidar	Regional
Energie 1990	94.389	135.845	88.987
NE ex LULUCF 1990	21.558	31.026	31.974
Gesamt THG 1990	115.947	166.871	120.961
Ziel -80 % 2050	23.189	33.374	24.192
NE ex LULUCF 2050	7.712	10.662	13.620
Energie 2050	15.477	22.712	10.572

Dieser Zusammenhang ist in der Abbildung 1 noch einmal aufgeführt. Ausgehend von den Gesamtemissionen für 1990 werden die 80 Prozent Reduzierung aufgrund des Solidaransatzes bestimmt. Um die niedersächsischen Spezifika der nichtenergetischen Emissionen abzubilden, wird eine Korrektur der Aufteilung zwischen nichtenergetischen und energetischen Emissionen vorgenommen. Dies führt in Abbildung 1 (rechts) zu verminderten Restemissionen für die energetische Nutzung.

Diese Vorgehensweise verändert ebenfalls den Zahlenwert für die nichtenergetischen Emissionen in der niedersächsenspezifischen Darstellung für den Solidaransatz. Entsprechend Abbildung 1 sind dafür 17,24 kt CO₂-Äq./a vorzusehen. Es ergibt sich eine angepasste Aufteilung des -80 Prozent-Zieles von dem Ausgangswert in Höhe von 33,37 kt CO₂-Äq./a aus Tabelle 13, Solidar.

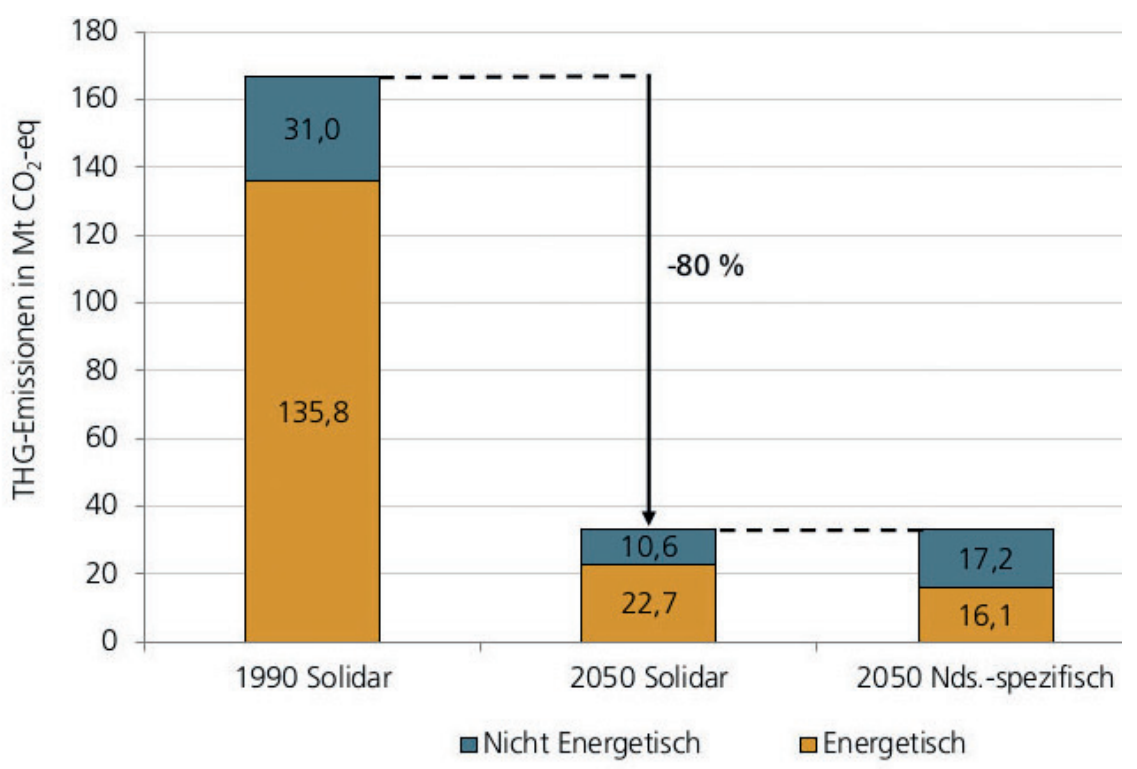


Abbildung 1: Berechnete THG-Emissionen für 1990 und 2050 (in Mio.t.)

Literatur zum Anhang C

- (Destatis 2012) Produzierendes Gewerbe Struktur der Produktion im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden 2012, Fachserie 4, Reihe 3.2.
- (Destatis 2013) Statistisches Jahrbuch 2013, Wiesbaden, Oktober 2013.
- (LSKN 2013) Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen, PV 1-2012, Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Basisdaten für Niedersachsen, Hannover, Februar 2013.
- (LSKN 2014a) Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen: E I 1 - j / 2012, Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden 2012.
- (LSKN 2014b) Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen: E I 5 - j / 2012, Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden Produktion 2012.
- (MU 2012) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (MU) (Hrsg.): Das Energiekonzept des Landes Niedersachsen, 2012.
- (MU 2012a) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz: Empfehlungen für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie, Hannover, 2012.
- (MU 2012b) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2009, LSKN, Hannover, 2012.
- (MU 2013) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2010, LSKN, Hannover, Juni 2013.
- (MU 2014) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2011, LSN, Hannover, 2014
- (MU 2015) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2012, LSN, Hannover, August 2015
- (ML 2014) Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen, 2014.
- (NIR 2014) Umweltbundesamt: Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2012, 2014.
- (NW FVA 2007) Rüter, B., Hansen, J., Ludwig, A., Spellmann, H., Nagel, J., Möhring, B., Dieter, M.: Nordwestdeutsche forstliche Versuchsanstalt, Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen, 2007.
- (Öko-ISI 2014) Öko-Institut, Fraunhofer ISI: Klimaschutzszenario 2050, 1. Modellierungsrunde, Berlin, 4. August 2014.
- (SRU 2011) Sachverständigenrat für Umweltfragen: Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten, 2011.
- (SRU 2012) Umweltgutachten 2012, Verantwortung in einer begrenzten Welt, Berlin, Juni 2012.
- (Statista 2015) Statista (Hrsg.): Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung von 2010 bis 2100 (in Milliarden), <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/>, zuletzt abgerufen am 07.04.2016.
- (Statistik 2015) Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.), Regionaldatenbank Deutschland: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/data;jsessionid=1F7A9B78E3C2295F11C42A15AAAD5A4E?operation=statistikenVerzeichnis>, zuletzt abgerufen am 07.04.2016.
- (UBA 2014) Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.): Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050, Dessau-Roßlau, April 2014.
- (UGR 2014) Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, Band 1 Indikatoren und Kennzahlen Tabellen Ausgabe 2014, Herausgeber: Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder, Düsseldorf, Oktober 2014
- (vTI 2012) Flessa, H. et al: Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor, Sonderheft 361, Braunschweig, 2012
- (vTI 2013a) Osterburg B, Kätsch S, Wolff A (2013): Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 132 p, Thünen Rep 13.
- (vTI 2013b) Tiemeyer, B. et al: Klimarelevanz von Mooren und Anmooren in Deutschland: Ergebnisse aus dem Verbundprojekt „Organische Böden in der Emissionsberichterstattung“, Thünen Working Paper 15.
- (vTI 2014) Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Wulf S, Eurich-Menden B, Döhler H, Schreiner C, Bauer B, Osterburg B (2014): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2012. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 348 p, Thünen Rep 17.
- (WWF 2009) World Wide Fund for Nature (WWF) (Hrsg.): Modell Deutschland, Klimaschutz bis 2050, 2009.
- (WGBU 2009) Wissenschaftlicher Beirat für globale Umweltveränderungen (WGBU): „Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz“; Sondergutachten 2009, Seite 12, 31 (www.wbgu.de/sondergutachten/sg-2009-budgetansatz/).

Informationen in Tabellenform und elektronischer Form

/UBA 2013/	Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2012 Arbeitsstand: 25.11.2013 „2013_11_25_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_thg_v1_2_0.xlsx“.
/UBA 2015/	Detailtabellen zu NIR 2014. „DEU-2014-2012-v1.1.xls“ für Berichtsjahr 2012, 3. Januar 2014.
/UGR 2015/	Datentabelle zur UGR. „ugrdl_tab_2014“, 5. März 2015.
/vTI 2015/	Detailangaben in elektronischer Form zu Emissionen der deutschen Landwirtschaft. „Tables_Submission_2014.xls“, 7. März 2014.

6 Anmerkungen zum Anhang C

Endnotizen aus dem Text

¹ Die Festlegung erfolgt auf das Jahr 1990 für den internationalen Vergleich.

² Der Wert für 2012 ist als Basisjahr für dieses Gutachten festgelegt.

³ Für 2050 sollen die endgültigen Projektionen erfolgen.

⁴ Verursacherprinzip anhand der realen Bevölkerung: Bevölkerungszahl 1990 in D 79.753.000 Einwohner, in NDS 7.387.245 Einwohner (9,26 Prozent), für 2012 in D 80.523.746 Einwohner und in NDS 7.778.995 Einwohner (9,66 Prozent), siehe 100 proSim

⁵ Solidarprinzip gemäß der Solidarbevölkerung mit umgerechneten Bevölkerungsanteil NDS: Bevölkerungszahl 1990 in D 79.753.000 Einwohner, in NDS Solidar 10.631.792 Einwohner (13,33 Prozent), für 2012 in D 80.523.746 Einwohner und in NDS Solidar 10.734.539 Einwohner (13,33 Prozent), siehe 100proSim

⁶ aus NIR 2014 zusammengestellt für Deutschland

Unterteilung Industrieprozesse	ab Seite 283	1990	2012
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq
Mineralische Produkte		22.615	18.943
	Zement	15.146	13.028
	Kalk	5.868	4.620
	Soda	375	270
	Andere (Glas, Keramik)	696	695
		531	329
Chemische Industrie		35.558	20.017
	Ammoniak	5.745	7.631
	Salpetersäure	3.384	2.757
	Adipinsäure	18.805	371
	Carbid	443	10
	Sonstige	7.181	9.248
Metallproduktion		25.933	16.645
	Stahl	22.743	15.927
	Ferroalloys	429	6
	Primär-Aluminium	2.564	636
	Aluminium/Magnesium	197	37
	Sonstige	0	39
Produktion von Halogenierten und SF ₆		4.386	147
Verbrauch von Halogenierten und SF ₆		9.002	12.425
Andere Bereiche		442	139
Summe Industrieprozesse		97.937	68.316

weitere Quellen: /UBA 2013/, /UBA 2015/

⁷ aus NIR 2014 zusammengestellt für Deutschland

Unterteilung Lösemittel	ab Seite 400	1990	2012
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq
	Lösemittel	2.552	1.436
	Sonstige	1.925	258
Summe Lösemittel		4.477	1.694

weitere Quellen: /UBA 2013/, /UBA 2015/

⁸ aus NIR 2014 zusammengestellt für Deutschland

Unterteilung Landwirtschaft	ab Seite 411	1990	2012
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq
Verdauung	CH ₄	29.594	20.833
	Milchkühe	16.037	11.846
	Rinder	12.229	7.949
	Andere Tiere	1.328	1.038
Wirtschaftsdünger	CH ₄	6.648	4.954
	N ₂ O	3.887	2.788
Böden	N ₂ O	47.691	40.916
	Direkt	29.146	25.791
	indirekt	16.428	13.810
	Weidegang	2.118	1.315
Summe Landwirtschaft		87.819	69.490

weitere Quellen: /UBA 2013/, /UBA 2015/

⁹ aus NIR 2014 zusammengestellt für Deutschland

Abfall und Abwasser	ab Seite 625	1990	2012
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq
	Abfalldeponie CH ₄	38.598	10.206
	Abwasserbehandlung N ₂ O	2.359	2.389
	CH ₄	1.483	23
	Kompostierung, MBA CH ₄	50	581
	N ₂ O	14	354
Summe Abfall und Abwasser		42.504	13.553

weitere Quellen: /UBA 2013/, /UBA 2015/

¹⁰ aus NIR 2014 zusammengestellt für Deutschland

Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forst ab Seite 490	1990		2012	
	kt CO2eq		kt CO2eq	
Wälder		-69.332		-51.851
	CH4	59		65
	N2O	9		2
Ackerland		28.118		31.246
	CH4	344		444
Grünland		11.623		10.118
Feuchtgebiete		2.209		2.278
Siedlungen		2.335		4.149
Sonstiges Land		117		61
Summe Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forst		-24.518		-3.488
davon N2O und CH4		412		511

weitere Quellen: /UBA 2013/, /UBA 2015/

¹¹ Die Übersicht stellt die Zusammenfassung der unterschiedlichen Vorgehensweisen mit den Ergebnissen dar. Dabei wird in den 3 Industriebereichen Mineralische Produkte, Chemische Industrie und Metallproduktion unterteilt nach den einzelnen Industriebereichen eine Berechnung der Anteile Niedersachsens an der Gesamtheit angestellt. Dabei werden nacheinander die Anteile nach Produktionsmenge und nach Umsatz gemäß der statistischen Jahrbücher Niedersachsens und Deutschlands berechnet. Eine weitere Abschätzung verwendet die Zahlenwerte des Umsatzes aus der umweltökonomischen Gesamtrechnung. In der letzten Spalte werden die Daten des NIR 2014 mit den Produktionsdaten der Güter in den jeweiligen Industriebereichen Niedersachsens ermittelt. Da insgesamt keine Konsistenz der Datenangaben zu erreichen ist, wird als Kompromiss der Mittelwert aller übergeordneten Sektoren gebildet. Quellen: (UGR 2014), (LSKN 2014a), (LSKN 2014b), (LSKN 2013), (Destatis 2013), (Destatis 2012), /UGR2015/

	geschätzter Anteil	Geschätzt Ergebnis	Anteil nach Menge, Stat	Anteil nach Umsatz, Stat	Anteil nach UGR-Umsatz	Schätzung NIR mit Produktionsdaten NDS	Mittelwert
Mineralische Produkte		3.080	1.408	2.001	2.401	1.438	2.066
Zement	15,00%	1.954	1.182			885	
Kalk	20,00%	924				429	
Soda	5,00%	14				26	
Andere (Glas, Keramik)	20,00%	139	226			67	
	15,00%	49				32	
Chemische Industrie		1.646	2.002	1.248	765	1.934	1.519
Ammoniak	7,00%	534				737	
Salpetersäure	7,00%	193				266	
Adipinsäure	7,00%	26				36	
Carbid	0,00%	0				1	
Sonstige	9,66%	893				893	
Metallproduktion		2.558	3.610	1.343	1.946	3.736	2.639
Stahl	15,00%	2.389	3.032			3.569	
Ferrolegerungen	15,00%	1				1	
Primär-Aluminium	25,00%	159	578			159	
SF6 in Alu/Magnes	15,00%	6				4	
Sonstige, Magnesium	9,66%	4				4	
Produktion von Halogenierten und SF6	5,00%	7	15	7	7	7	9
Verbrauch von Halogenierten und SF6	9,66%	1.200	1.242	1.200	1.200	1200	1.209
Andere Bereiche	9,66%	13	14	13	13	13	13
Summe Industrieprozesse		8.506	8.290	5.812	6.334	8.329	7.454

¹² Niedersächsische Zahlen aus /VTI 2015/, zusammengefasst

		1990	2012
Verdauung	CH4	4.896	4.203
	Milchkühe	2.489	2.288
	Rinder	2.183	1.671
	Andere Tiere	224	244
Wirtschaftsdünger	CH4	1.519	1.343
	N2O	466	531
Böden	N2O	9.099	9.053
	Direkt	5.801	5.904
	indirekt	2.821	2.826
	Weidegang	478	323
Summe Landwirtschaft		15.980	15.129

Für 2012 ist die Aufteilung auf CH4 (5.546 kt CO₂-Äq.) und N₂O (9.584 kt CO₂-Äq.)

¹³ Zusammenstellung der Ergebnisse nach Berechnung der Flächenanteile in den einzelnen Kategorien. Die Flächenanteile ergeben sich aus den statistischen Jahrbüchern für Deutschland und Niedersachsen in den einzelnen Kategorien. Die Grunddaten für Deutschland (im Detail) aus dem NIR 2014 werden dabei auf Niedersachsen gemäß der Zuordnung der anteiligen Flächen umgerechnet.

Für die Zahlenwerte 1990 werden die ermittelten Anteile 2012 proportional des Verhältnisses zu den Deutschland-Werten für 1990 zurückgerechnet.

Dabei gelten für die einzelnen Kategorien folgende Anteile (jeweils Anteil NDS zu D): Gesamtfläche 13,33 Prozent, Waldfläche 10,71 Prozent, Ackerfläche 13,62 Prozent, Grünlandfläche 10,36 Prozent, Terrestrische Feuchtgebiete 10 Prozent (Schätzung), Torfabbau 80 Prozent (Quelle MU 2012), Anteil organischer Böden (MU 2012): 38 Prozent bzw. 37,51 Prozent (vTI 2015), Torfnutzung Solidaransatz, sonstiges Land nach Verursacherprinzip.

NDS 2012		
Wälder CO2		-5.381
	N2O	24
	CH4	0,21
Ackerland CO2		10.402
	N2O	60
Grünland		3.926
Feuchtgebiete		307
Siedlungen		1.021
Sonstiges Land		6
Summe LULUCF		10.366

¹⁴ Die Restemissionen für Industrieprozesse werden in der folgenden Tabelle für den optimistischen (UBA 2014) und den realistischen Ansatz (eigene Schätzung) wiedergegeben.

Unterteilung Industrieprozesse	2012 kt CO ₂ eq	2050 UBA 2014	Bemerkung optimistisch	2050 Schätzung	Bemerkung realistisch
Mineralische Produkte	18.943				
Zement	13.028	6.500	minus 50%	9.750	auf 75%
Kalk	4.620	3.500		3.500	
Soda	270	270	bleibt	270	
Andere (Glas, Keramik)	695	695	bleibt	695	
	329	329	wenig	329	
Chemische Industrie	20.017				
Ammoniak	7.631	0		2.500	auf 33%
Salpetersäure	2.757	0	mit	900	
Adipinsäure	371	500	Salpetersäu	120	
Carbid	10	10			
Sonstige	9.248	0		3.050	
Metallproduktion	16.645				
Stahl	15.927	163		8.500	auf 50%
Ferroalloys	6			3	
Primär-Aluminium	636	0		300	
Aluminium/Magnesium	37	8		20	
Sonstige	39			19	
Produktion von Halogenierten und SF6	147				
Verbrauch von Halogenierten und SF6	12.425	1.204		1.204	
Andere Bereiche	139				
Summe Industrieprozesse	68.316	13.179	19,29%	31.160	45,61%

¹⁵ Eine weitere Quelle (Öko-ISI2014) gibt für ein 90 Prozent Szenario in 2050 einen Wert von 3.900 kt CO₂-Äq. vor.

¹⁶ Eine weitere Quelle (Öko-ISI2014) gibt für ein 90Prozent Szenario in 2050 einen Wert von 38.400 kt CO₂-Äq. vor. Für ein 80 Prozent Szenario wären es 62.800 kt CO₂-Äq. Damit ist der Ansatz hier in etwa in Größenordnung vergleichbar.

¹⁷ Die Berechnungen in der Software 100prosim beziehen sich auf den Endenergieverbrauch. Die entsprechende Angabe der energiebedingten Emissionen auf Basis des Endenergieverbrauchs ist in Tabelle 2.3.1.3 der Quelle (LSKN2013) zu finden. Aus Gründen der Konsistenz zu 100prosim wird hier der Endenergieansatz gewählt.

Für 1990 ergeben sich 88.987 kt CO₂-Äq., der aktuelle Wert aus der Energie- und CO₂-Bilanz ist 77.162 kt CO₂-Äq. für 2012 (MU 2015).

Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050

Anhang D

Szenario „Niedersachsen 100% EE“ (Szenario 1)

Inhaltsverzeichnis

S.	Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	3
S.1.	Flächen	6
S.2.	Erneuerbare	7
S.3.	Bedarfsniveau	12
S.4.	Verbrauch	13
S.5.	Bilanz	16
S.6.	Fossile	18
S.7.	Verbrauch Status	20
S.8.	Kennzahlen Deutschland	21
WS.	Wandlung Strom (150826)	23
WT.1.	Jahresbilanz	23
WT.2.	Jahresgang	24
WT.	Wertetabellen (150826)	25
WT.1.	Endenergieverbrauch Kraft/Licht/IKT/Kälte - Zieleinflüsse	25
WT.2.	Endenergieverbrauch Gebäudewärme - Zieleinflüsse	26
WT.3.	Endenergieverbrauch Prozesswärme - Zieleinflüsse	27
WT.4.	Endenergieverbrauch Mobile Anwendungen - Zieleinflüsse	28
WT.5.	Endenergieverbrauch 2050 nach Energiequellen	29
WT.6.	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen	30
WT.7.	Brennstoffanteil am Primärenergieverbrauch	31
WT.8.	Endenergieverbrauch nach Quellen und Treibhausgasemissionen	32
WT.9.	Brennstoffanteil relativ zum Primärenergieverbrauch im Jahr 2012	35
D.	Datenmodell (150826)	36
D.1.	Datenmodell	36
D.7.	Verbrauch Status	67
D.8.	Kennzahlen Deutschland	68
D.9.	Quellen	70
BS.	Basis-Strukturen für 100% EE-Szenarien	75

S.0. - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)**Energieszenario 'Niedersachsen 100%EE'**

Version 150826

Autorenteam (s. Bericht)

vertreten durch Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich

Simulationssystem* und Datenmodell

erstellt durch Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt

*) 100prosim - 100-Prozent-Erneuerbare-Energien-Simulationssystem, Software Version 150813

System- / Dokumentationsstruktur 100prosim

Das Szenario mit der Dokumentenkenennung „S“ beinhaltet die Szenario-Kalkulationen mit den Daten, die das Energiesystem repräsentieren, in Tabellenform. Das Dokument ist thematisch in Abschnitte gegliedert und jeweils durch eine Abschnittsnummer gekennzeichnet (s. Abbildung 1).

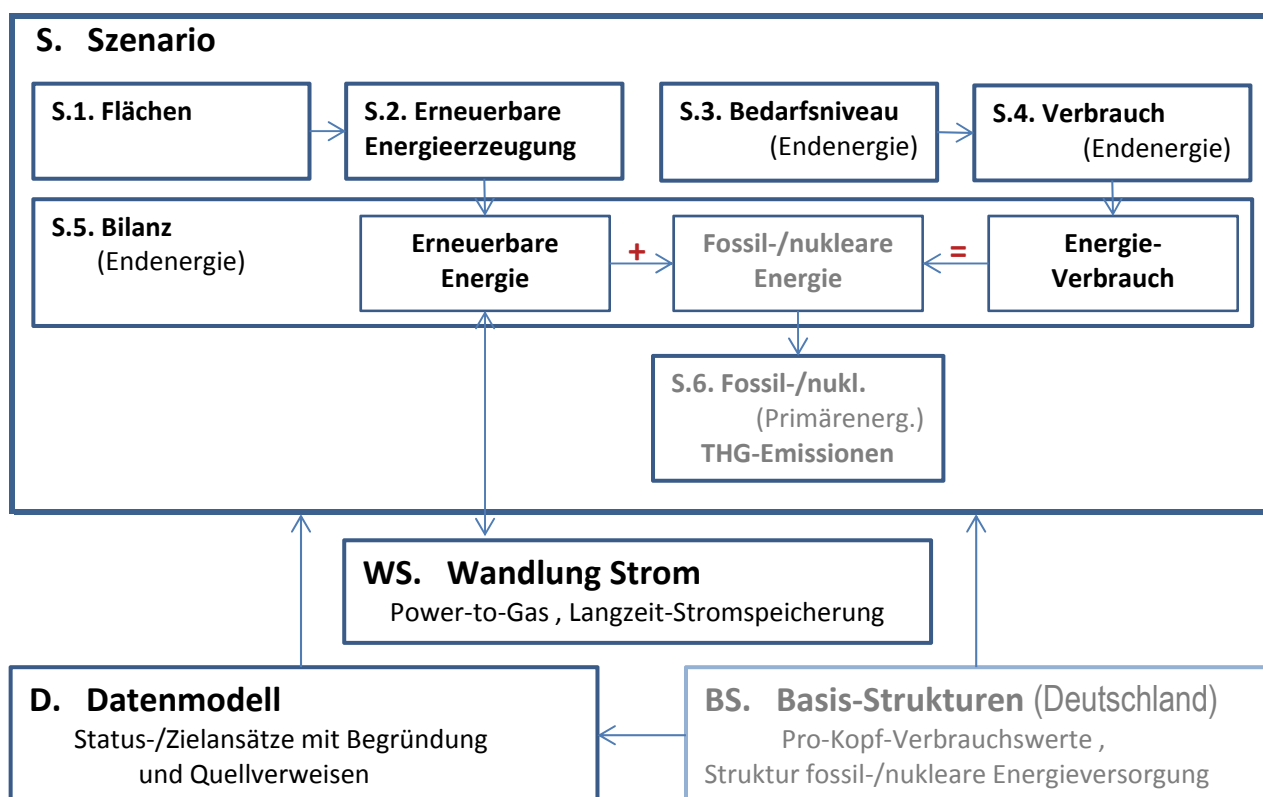


Abbildung 1: 100prosim System-/Dokumentenstruktur (vereinfacht, ohne untergeordnete Abschnitte)

S.0. - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Zum **Szenario-Dokuments (S)** ist folgende unterlagerte Detail-Dokumentation verfügbar:

Über Verweise auf das unterlagerte **Datenmodell** (Dokumentenkenung "**D**") sind Erläuterungen zu den einzelnen Daten einschließlich Literaturangaben zugänglich. **ACHTUNG:** Gültig ist die zum Szenario-Dokument zugehörige Datenmodell-Version, erkennbar an der selben in Klammern gesetzten Versionsnummer in der Kopfzeile.

Das Dokument "**Wandlung Strom**" (Dokumentenkenung "**WS**") enthält Abbildungen zur Systemstruktur von Wasserstoff-Erzeugung zur Brennstoffbereitstellung und zum Stromschwankungsausgleich.

Im Dokument „**Basis-Strukturen**“ (Dokumentenkenung „**BS**“) sind die Daten der Energiebilanz und der energetischen Treibhausgasemissionen Deutschland 2012 in der Weise aufbereitet, dass sie als Grundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs von Niedersachsen nach dem Verursacher- bzw. Solidarprinzip verwendbar sind.

Verweissystematik

Die Kopfzeile enthält jeweils die Dokumentenkenung, gefolgt von der Abschnittsnummer und der Bezeichnung in Klartext, zum Beispiel: S.1. Flächen – Szenario ‚Niedersachsen 100 % EE‘

Die Zeilen bzw. Absätze am linken Seitenrand sind aufsteigend in grüner Schriftfarbe nummeriert (aus technischen Gründen ist die Nummerierung nicht lückenlos).

Verweise auf Zeilen bzw. Absätze im selben Abschnitt werden durch die Zeilennummer in eckigen Klammern in grauer Schriftfarbe dargestellt, Beispiel: [27].

Handelt es sich um Kalkulationsergebnisse, erscheinen mehrere Verweise auf die Eingangsgrößen, Beispiel: [12] [13].

Bei Verweisen auf Zeilen bzw. Absätze in einem anderen Abschnitt desselben Dokuments ist die Abschnittsnummer vorangestellt, Beispiel [1.35].

Bei Verweisen auf Zeilen bzw. Absätze in einem anderen Dokument sind Dokumentenkenung und Abschnittsnummer vorangestellt, Beispiel [D.1.156].

S.0. - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)**Ergebnismonitor****1. Endenergie**

Zielwerte 2050 in % vom Verbrauchsstatus im Anwendungsbereich				
Anwendungsbereich	Verbrauch	Erneuerbare	Überschuss	Fossil/atom.
Kraft/Licht/IKT/Kälte	82	82	0,1	
Gebäudewärme	34	34	0,1	
Prozesswärme	76	76	0,1	
Mobile Anwendungen	47	47	0,1	
Insgesamt:	53	53	0,1	

2. Treibhausgasemissionen

Zielwert 2050 energiebedingte THG-Emiss. (Mio. t CO₂-Äquiv.):	0
---	----------

Chronologie:

 Version 150424, Gutachter 04.05.2015:

Bisheriger Szenario-Stand für den 1. Runden Tisch Energiewende.

 Version 150826, Gutachter 17.08.2015:

 Aktueller Szenario-Stand für den 2. Runden Tisch Energiewende.

S.1. Flächen - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

5	Flächenart / Energetische Nutzung	Status		Ziel		Änderung Ziel/Status	Quelle
		1.2.3. Hierarchiestufe (HS)	ha	% v.HS	ha		
8	Bodenfläche gesamt		4.761.378	-	4.761.378	-	[D.1.64]
9	Gebäude- & Freifläche (Siedlung)		351.478	7,4	408.053	8,6	1,16 [D.1.69]
10	Solare Dachflächen		1.825	0,5	28.600	7,0	15,67 [D.1.120]
12	Landwirtschaftsfläche (LF)		2.639.468	55,4	2.582.893	54,2	0,98 [D.1.75]
13	Solare Freiflächen		2.088	0,1	116.670	4,5	55,87 [D.1.129]
14	Ackerland		1.880.000	71,2	1.766.434	68,4	0,94 [D.1.80]
15	Getreide-Anbaufl. (Stroh)		898.000	47,8	898.000	50,8	1,00 [D.1.85]
16	Energiepfl. (Biogas)		279.961	14,9	236.630	13,4	0,85 [D.1.365]
17	Energiepfl. (Pflanzenöl)		45.012	2,4	45.012	2,5	1,00 [D.1.445]
18	Energiepfl. (Ethanol)		15.004	0,8	0	0,0	0,00 [D.1.494]
19	Energiepfl. (Kurzumtr.)		760	0,0	760	0,0	1,00 [D.1.266]
20	(ohne energet. Relevanz)		641.263	34,1	586.032	33,2	0,91 [14]...[19]
22	Dauergrünland		691.600	26,2	634.309	24,6	0,92 [D.1.90]
24	(sonstige Nutzung)		65.780	2,5	65.480	2,5	1,00 [12][13][14][22]
27	Waldfläche		1.204.591	25,3	1.204.591	25,3	1,00 [D.1.96]
28	Forstfl. (u.a.Energieholz)		1.200.091	99,6	1.127.571	93,6	0,94 [D.1.109]
29	(ohne forstwirtsch.Nutzung)		4.500	0,4	77.020	6,4	17,12 [27][28]
31	(sonstige Flächen)		565.841	11,9	565.841	11,9	1,00 [8][9][12][27]
33	Windenergie Flächenpotenzial		588.700	12,4	470.960	9,9	0,80 [D.1.173]
34	Windparkfläche*		28.608	0,6	99.500	2,1	3,48 [D.1.188]

* ACHTUNG: %-Angabe bezieht sich auf Bodenfläche gesamt (HS 1)

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Status	Ziel	
5	Solarenergie			
6	Solare Dachflächen	ha	1.825	28.600 [1.10]
7	<i>Solarthermie</i>			
8	* Anteil an solaren Dachflächen	%	8,8	0,6 [D.1.137]
9	* Energieertrag	MWh/ha/a	3.563	5.250 [D.1.143]
10	= Gebäudewärme	GWh/a	570	840 [6] [8] [9]
12	<i>Solarstrom</i>			
13	* Anteil an solaren Dachflächen	%	91,2	99,4 = 100 - [8]
14	* Energieertrag	MWh/ha/a	1.284	1.798 [D.1.153]
15	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	2.139	51.136 [6] [13] [14]
16	/ Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899	899 [D.1.166]
17	= Installierte Leistung	MW	2.379	56.880 [15] [16]
19	Solar genutzte Freiflächen	ha	2.088	116.670 [1.13]
20	<i>Solarstrom</i>			
21	* Energieertrag	MWh/ha/a	389	545 [D.1.161]
22	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	813	63.567 [19] [21]
23	/ Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899	899 [D.1.166]
24	= Installierte Leistung	MW	904	70.709 [22] [23]
25				
26	Windenergie			
27	<i>Onshore-Windstrom</i>			
28	Windparkfläche	ha	28.608	99.500 [1.34]
29	* spezifischer Flächenbedarf	ha/MW	3,82	3,67 [D.1.197]
30	= Installierte Leistung	MW	7.490	27.088 [32] [31]
31	* Vollbetriebstunden jährlich	h/a	1.685	2.316 [D.1.205]
32	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	12.623	62.746 [28] [29]
33	= Energieertrag	MWh/ha/a	441	631 [28] [32]
34	<i>Offshore-Windstrom</i>			
35	Install. Offshore-Leistung Deutschland	MW	213	54.000 [D.1.216]
36	* Vollbetriebstunden jährlich	h/a	4.255	4.500 [D.1.222]
37	= Bruttostromerzeugung Deutschland	GWh/a	905	243.000 [35] [36]
38	/ Einwohner Deutschland		80.523.746	70.904.530 [D.1.58]
39	* Energieverbraucher Niedersachsen 100%EE		10.734.539	9.452.211 [3.10]
40	= Bruttostromerz.Anteil Niedersachsen 1	GWh/a	121	32.394 [37] [38] [39]
41				
42	Laufwasser			
43	Bodenfläche Nds.	ha	4.761.378	4.761.378 [1.8]
44	* Nutzanteil am techn. Potenzial	%	71,7	71,7 [D.1.231]
45	* Energieertrag (techn.Potenzial)	MWh/ha/a	0,074	0,074 [D.1.236]
46	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	251	251 [43] [44] [45]
47				
48	Biogene Brennstoffe (fest)			
49	<i>Energieholz</i>			
50	<i>Aus Forstwirtschaft</i>			
51	Nutzbare Forstfläche	ha	1.200.091	1.127.571 [1.28]
52	* Energet.genutzter Anteil am Zuwachs	%	46,7	44,4 [D.1.245]
53	* Energieertrag	MWh/ha/a	24,6	25,3 [D.1.257]
54	= Energieholzaufkommen	GWh/a	13.772	12.680 [51] [52] [53]
56	<i>Aus Ackerbau (KUP, Miscanthus usw.)</i>			

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Status	Ziel	
57	Anbaufläche	ha	760	760 [1.19]
58	* Energieertrag	MWh/ha/a	29,9	51,4 [D.1.272]
59	= Energieholzaufkommen	GWh/a	23	39 [57] [58]
61	= Energieholzaufkommen gesamt	GWh/a	13.795	12.719 [54] [59]
62	* davon für Gebäudewärme	%	50,2	0,0 [D.1.281]
63	* davon für Prozesswärme	%	15,4	100,0 [D.1.286]
64	* davon für Verstromung	%	34,4	0,0 [D.1.291]
65	* davon für Wärmenetze GW	%	0,0	0,0 [D.1.296]
67	<i>Stroh aus Getreideanbau</i>			
68	Getreide-Anbaufläche	ha	898.000	898.000 [1.15]
69	* Energet.genutzer Teil am Strohanfall	%	0,0	20,0 [D.1.303]
70	* Energieertrag	MWh/ha/a	23,8	23,8 [D.1.310]
71	= Strohstoff-Aufkommen	GWh/a	0	4.280 [68] [69] [70]
72	* davon für Gebäudewärme	%	0,0	0,0 [D.1.315]
73	* davon für Prozesswärme	%	0,0	100,0 [D.1.320]
74	* davon für Verstromung	%	0,0	0,0 [D.1.325]
75	* davon für Wärmenetze GW	%	0,0	0,0 [D.1.330]
77	= Brennstoffaufk.(fest) NAWARO gesamt	GWh/a	13.795	17.000 [54] [59] [71]
79	= davon Einsatz für Gebäudewärme	GWh/a	6.924	0 [61] [62] [71] [72]
81	= davon Einsatz für Prozesswärme	GWh/a	2.124	17.000 [61] [63] [71] [73]
83	= davon Einsatz für Verstromung	GWh/a	4.747	0 [61] [64] [71] [74]
84	* Nutzungsgrad Kraftwerk	%	28,0	36,2 [D.1.337]
85	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	1.329	0 [83] [84]
86	* Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	16,7	55,0 [D.1.344]
87	= Wärmenetze GW (Endenergie)	GWh/a	794	0 [83] [86]
89	= davon Einsatz für Heiwerke/Wärmenetze	GWh/a	0	0 [61] [65] [71] [75]
90	* Nutzungsgrad Heizwerk/Wärmenetz	%	75,0	75,0 [D.1.350]
91	= Wärmenetze GW (Endenergie)	GWh/a	0	0 [89] [90]
93	<i>Biogener Anteil der Abfälle (fest)</i>			
94	Bruttostromerzeugung	GWh/a	701	701 [D.1.356]
95	Wärmenetze GW (Endenergie)	GWh/a	1.300	1.300 [D.1.360]
97	<i>Biogene Brennstoffe (gasförmig): Biogas</i>			
98	Anbaufläche Energiepflanzen für Biogas	ha	279.961	236.630 [1.16]
99	* Biogas - Methanertrag	MWh/ha/a	53,0	42,4 [D.1.373]
100	+ = Biogas aus Energiepflanzen-Anbau	GWh/a	14.825	10.024 [98] [99]
102	+ Biogas aus Abfall-/Reststoffverwertung	GWh/a	3.254	6.508 [D.1.384]
103	+ Biogas aus Kläranlagen und Deponien	GWh/a	173	173 [D.1.391]
104	= Biogasaufkommen insgesamt	GWh/a	18.252	16.706 [100] [102] [103]
105	* davon Einsatz für Prozesswärme	%	0,0	36,4 [D.1.397]
106	= Biogas für Prozesswärme	GWh/a	0	6.081 [104] [105]
108	* davon für Verstromung	%	99,4	0,0 [D.1.402]

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Status	Ziel		
109	* Nutzungsgrad Kraftwerk	%	38,0	45,0	[D.1.407]
110	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	6.892	0	[104] [108] [109]
111	* Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	16,4	20,0	[D.1.412]
112	= Gebäudewärme (Endenergie)	GWh/a	2.981	0	[104] [108] [111]
114	* davon Biomethan für mobile Anwendungen	%	0,6	63,6	[D.1.419]
115	* Nutzungsgrad Kraftstoffbereitstellung	%	94,0	94,0	[D.1.424]
116	= Biokraftstoff (gasförmig)	GWh/a	107	9.987	[104] [114] [115]
118	* davon Flüssigkr.stoff für mobile Anwendungen	%	0,0	0,0	[D.1.431][105] [108] [114]
119	* Nutzungsgrad Kraftstofferzeugung	%	45,0	45,0	[D.1.435]
120	= Biokraftstoff (flüssig)	GWh/a	0	0	[104] [118] [119]
121					
122	Biogene Brennstoffe (flüssig)				
123	Biodiesel (inkl. Pflanzenöl)				
124	Anbaufläche Ölpflanzen für Biodiesel	ha	45.012	45.012	[1.17]
125	* Biodiesel - Energieertrag	MWh/ha/a	14,4	11,5	[D.1.450]
126	+ = Biodiesel aus eigenem Anbau	GWh/a	649	519	[124] [125]
128	+ Biodiesel aus Import (+) / Export (-)	GWh/a	2.616	0	[D.1.458]
129	= Biodiesel Gesamtaufkommen	GWh/a	3.265	519	[126] [128]
130	* davon Einsatz für mobile Anwendungen	%	95,3	100,0	[D.1.472]
131	= Biokraftstoff (flüssig)	GWh/a	3.111	519	[129] [130]
133	* davon Einsatz für Verstromung	%	4,7	0,0	[D.1.477]
134	* Nutzungsgrad Blockheizkraftwerk	%	39,0	39,0	[D.1.482]
135	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	60	0	[129] [133] [134]
136	* Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	50,0	50,0	[D.1.487]
137	= Gebäudewärme (Endenergie)	GWh/a	77	0	[129] [133] [136]
139	Bioethanol				
140	Anbaufläche Energiepfl. für Bioethanol	ha	15.004	0	[1.18]
141	* Bioethanol - Energieertrag (brutto)	MWh/ha/a	27,3	21,8	[D.1.499]
142	+ = Bioethanol aus eigenem Anbau	GWh/a	409	0	[140] [141]
144	+ Bioethanol aus Import (+) / Export (-)	GWh/a	776	0	[D.1.509]
145	= Bioethanol ges. - Mobile Anwendungen	GWh/a	1.185	0	[142] [144]
146					
147	Umgebungswärme (Wärmepumpe)				
148	= Wärmepumpen-Antriebsstromaufnahme	GWh/a	133	8.810	[D.1.519]
149	* davon Anlagen mit Luftkopplung	%	45,7	72,0	[D.1.527]
150	= WP-Luft - Antriebsstromaufnahme	GWh/a	61	6.343	[104] [149]
151	* WP-Luft - Jahresarbeitszahl		2,8	3,3	[D.1.532]
152	= Nutzwärme (inkl. Antriebsstrom)	GWh/a	170	20.933	[150] [151]
153	= davon Wärmegewinn aus der Luft	GWh/a	109	14.590	[104] [152]
155	* davon Anl.m.Erdreich-/Wasserkoppl.	%	54,3	28,0	100-[149]
156	= WP-Erdr./Wasser - Antriebsstromaufnahme	GWh/a	72	2.467	[148] [155]
157	* WP-Erdr./Wasser - Jahresarbeitszahl		3,4	4,4	[D.1.540]
158	= Nutzwärme (inkl. Antriebsstrom)	GWh/a	246	10.854	[156] [157]
159	= davon Wärmegewinn Erdreich/Grundwasser	GWh/a	173	8.387	[158] [156]
160	/ Wärmeertrag Erdreich/Grundwasser	MWh/ha/a	1.000	1.000	[D.1.546]
161	= Beanspruchte Entzugsfläche	ha	173	8.387	[104] [160]
162	/ Gebäude-&Freifläche (Siedlung)	ha	351.478	408.053	[1.9]
163	= Anteil beanspruchter Siedlungsfläche	%	0,049	2,1	[161] [162]

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Status

Ziel

164

165 *Tiefengeothermie*

166	Netzanschlussleistung (elektrisch)	MW	0	500	[D.1.553]
167	* Stromerzeugung - Vollbetriebsstunden	h/a	0	8.500	[D.1.558]
168	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	0	4.250	[166] [167]
169	/ Nutzungsgrad (elektrisch)	%	0,0	10,0	[D.1.563]
170	= Wärmeförderung	GWh/a	0	42.500	[156] [169]
171	Techn.Pot.Äquifere Norddeutsch.Becken	TWh	6.296		[D.1.568]
172	= Erschöpfung des Äquifer-Potenzials nach 148 Jahren.				[156] [171]
174	Techn. Pot.Kristallin Norddeutsch.Becken	TWh	61.111		[D.1.573]
175	= Erschöpfung Geoth.Gesamtpotenzial Nds. nach 14.379 Jahren.				[156] [174]
177	* eff. Nutzungsgrad KWK-Abwärme	%	0	0	[D.1.577]
178	= Gebäudewärme (Endenergie)	GWh/a	0	0	[104] [177]

179

180 *Stromwandlung / Stromspeicherung*

181	<i>Bruttostromerzeugung</i> aus Erneuerbaren Energien gesamt (inklusive Abregelung)				
182	+ > aus Windenergie	GWh/a	12.743	95.140	[32] [40]
183	+ > aus Solarenergie (Photovoltaik)	GWh/a	2.951	114.703	[15] [22]
184	+ > aus Wasserkraft + Tiefengeothermie	GWh/a	251	4.501	[46] [168]
185	+ > aus Biobrennstoffen	GWh/a	8.983	701	[85] [94] [110] [135]
186	= Bruttostromerzeug. Erneuerb. (inkl.Abregelung)	GWh/a	24.929	215.045	[182] ...[185]

188

Wasserstoffherzeugung (als Brennstoff, für Kraftstoff- und Grundstoff-Synthese)

189	- Stromeinsatz Wasserelektrolyse	GWh/a	0	55.000	[D.1.584]
190	* Nutzungsgrad Wasserelektrolyse	%	0,0	65,0	[D.1.589]
191	= Wasserstoffherzeugung	GWh/a	0	35.750	[189] [190]
192	* davon für Prozesswärme	%	0,0	0,0	[D.1.595]
193	= Brennstoff (gasförmig) für PW	GWh/a	0	0	[129] [192]
195	* davon für Mobile Anwendungen	%	0,0	37,5	[D.1.600]
196	* Nutzungsgrad Kraftstoffherzeug.	%	0,0	63,0	[D.1.605]
197	= Kraftstoffe (flüssig) für MA	GWh/a	0	8.446	[191] [195] [196]
199	* davon für Grundstoff-Synthese	%	0,0	62,5	[192] [195]
200	* Nutzungsgrad Methanherzeugung	%	0,0	80,0	[D.1.611]
201	= Methan für stoffliche Verwendung	GWh/a	0	17.875	[195] [199] [200]

203

Langzeitspeicherung Strom stofflich (saisonaler Ausgleich > 1 Tag)

204	- Stromaufnahme (Überschussphasen)	GWh/a	0	43.764	[D.1.619]
205	* Nutzungsgrad Stromspeicherung	%	0,0	32,9	[D.1.628]
206	+ = Stromabgabe (Mangelphasen)	GWh/a	0	14.398	[204] [205]
208	* Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	0,0	12,7	[D.1.638]
209	= Gebäudewärme (Endenergie)	GWh/a	0	5.558	[206] [208]
211	Erforderliche Speicherkapazität	GWh	0	18.755	[D.1.643]
212	- Abregelung von Wind-/Solarstrom	GWh/a	0	1.942	[D.1.648]
214	= Stromangebot aus eigenen Erneuerb.E.	GWh/a	24.929	128.738	[186] [189] [204] [206] [212]
215	+ Stromeinfuhr (Erneuerb.) a.d.Ausland	GWh/a	0	0	[D.1.655]
216	= Stromangebot aus Erneuerbaren E.	GWh/a	24.929	128.738	[214] [215]
217	Übertragungsverluste Stromnetz	% v. [216]	5,2	15,2	[D.1.660]
218	- inkl. Kurzzeitspeicher	GWh/a	1.297	19.574	[215] [217]
219	= Stromangeb.Erneuerb.(Endenergie)	GWh/a	23.631	109.164	[216] [218]

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Status

Ziel

220

221 *Endenergieangebot aus erneuerbaren Quellen gesamt*

222	Endenergie aus Erneuerbaren Q. gesamt	GWh/a	43.087	181.872	
223					
224	Strom (alle Anwendungsbereiche)	GWh/a	23.631	109.164	[219]
225	/ Stromverbrauch insgesamt	GWh/a	68.889	108.981	[4.163]
226	= Anteil Erneuerb.an Stromverbrauch	%	34,3	100,2	[224] [225]
227					
228	Kraft/Licht/Inform.Komm.Tech./Kälte (KLIK)	GWh/a	17.295	41.263	[229]
229	davon Strom (erneuerb. Anteil)	GWh/a	17.295	41.263	[4.42] [226]
230					
231	Gebäudewärme (GW)	GWh/a	14.742	39.499	[232] [237] [238]
232	davon Brennstoffe	GWh/a	6.924	0	[233] [234] [235]
233	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	0	0	[5] ...[220]
234	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	0	0	[5] ...[220]
235	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	6.924	0	[5] ...[220]
237	davon Wärme	GWh/a	6.004	30.674	[5] ...[220]
238	davon Strom (erneuerb. Anteil)	GWh/a	1.814	8.825	[4.87] [226]
239					
240	Prozesswärme (PW)	GWh/a	6.008	52.427	[241] [246] [247]
241	davon Brennstoffe	GWh/a	2.124	23.081	[242] [243] [244]
242	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	0	6.081	[5] ...[220]
243	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	0	0	[5] ...[220]
244	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	2.124	17.000	[5] ...[220]
246	davon Wärme	GWh/a	0	0	[5] ...[220]
247	davon Strom (erneuerb. Anteil)	GWh/a	3.884	29.346	[4.118] [226]
248					
249	Mobile Anwendungen		5.042	48.682	
250	davon Brennstoffe	GWh/a	4.404	18.953	[251] [252] [255]
251	davon Kraftstoffe (gasförmig)	GWh/a	107	9.987	
252	davon mindestens flüssig (Luftverkehr)	GWh/a	4.296	8.965	
254	davon Strom (erneuerb. Anteil)	GWh/a	638	29.730	[4.161] [226]
255					
256	Brennstoffe (alle Anwendungsbereiche)	GWh/a	13.451	42.033	[257] [258] [259]
257	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	107	16.068	[5] ...[220]
258	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	4.296	8.965	[5] ...[220]
259	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	9.048	17.000	[5] ...[220]

S.3. Bedarfsniveau - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Status	Ziel	%	
5	Energieverbraucher				
6	Einwohnerzahl	7.778.995	6.838.500	88	[D.1.40]
7	Energieverbraucher gemäß Solidarprinzip	10.734.539	9.452.211	88	[D.1.49]
9	Verbrauchsmaßstab gemäß:	Solidar-Prinzip			[D.1.34]
10	danach Anzahl Energieverbraucher	10.734.539	9.452.211	88	[7]
11	= Demografische Entwicklung	%	-11,9		[10]
12					
13	Verbrauchsmaßstab gemäß Solidar-Prinzip - Endenergie				
14	Endenergie alle Anwendungen	GWh/a	340.456	299.785	[7.21] [10]
15	Kraft/Licht/IKT/Kälte	GWh/a	50.417	44.394	100 [7.21] [10]
16	davon Strom	GWh/a	50.417	44.394	100 [7.11] [10]
17	Gebäudewärme (Raumw., Warmwass.)	GWh/a	116.892	102.928	100 [7.21] [10]
18	davon Strom	GWh/a	5.288	4.656	5 [7.11] [10]
19	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	53.398	47.019	46 [7.13] [10]
20	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	25.647	22.583	22 [7.15] [10]
21	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	12.773	11.247	11 [7.17] [10]
22	= Brennstoffe gesamt	GWh/a	91.818	80.850	79 [19] [20] [21]
23	davon Wärme (Fernw., Nahw., lokale W.)	GWh/a	19.786	17.422	17 [7.19] [10]
24	Prozesswärme	GWh/a	69.342	61.059	100 [7.21] [10]
25	davon Strom	GWh/a	11.324	9.971	16 [7.11] [10]
26	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	30.687	27.021	44 [7.13] [10]
27	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	3.581	3.153	5 [7.15] [10]
28	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	16.133	14.206	23 [7.17] [10]
29	= Brennstoffe gesamt	GWh/a	50.401	44.380	73 [26] [27] [28]
30	davon Wärme (Fernw., Nahw., lokale W.)	GWh/a	7.617	6.707	11 [7.19] [10]
31	Mobile Anwendungen	GWh/a	103.805	91.405	100 [7.21] [10]
32	am Boden (Straße, Schiene, Wasser)	GWh/a	89.597	78.894	86 [33] [34] [35]
33	davon Strom	GWh/a	2.200	1.937	2 [7.12] [10]
34	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	865	762	1 [7.14] [10]
35	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	86.533	76.196	83 [7.16] [10]
36	= Brennstoffe gesamt	GWh/a	87.398	76.957	84 [34] [35]
37	in der Luft	GWh/a	14.208	12.511	14 [38]
38	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	14.208	12.511	14 [7.16] [10]
40	Strom gesamt	GWh/a	69.228	60.958	67 [16] [18] [25] [33]

S.4. Verbrauch - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Status

Ziel

5 *Wirtschaftliche Entwicklung (Bruttoinlandsprodukt BIP)*

6	Betrachteter Zeitraum: 38 Jahre	Kalenderjahr	2012	2050	[D.1.668]
7	* Durchschnittliche Jahresrate BIP/Kopf	%/a		1,04	[D.1.675]
8	= Bruttoinlandsprodukt BIP/Kopf	€/Einwohn.	33.569	49.738	[D.1.682]
9	= Entwicklung BIP/Kopf gesamt	% v. Status	100	148,2	[8]
10	* Anteil Dienstleistungsbereiche	% v. [8]	68,6	68,6	[D.1.687]
11	= BIP/Kopf Anteil Dienstleistungsbereiche	€/Einwohn.	23.028	34.120	[8] [10]
12	= Entwickl.BIP/Kopf Dienstleistungsber.	% v. Status	100	148,2	[11]
14	* Anteil Produzierende Bereiche	% v. [12]	31,4	31,4	100 - [10]
15	= BIP/Kopf Anteil Produzierende Bereiche	€/Einwohn.	10.541	15.618	[8] [14]
16	= Entw.BIP/Kopf Produzierende Ber.	% v. Status	100	148,2	[15]
17					
18	Endenergieverbrauch insgesamt	GWh/a	340.456	181.536,0	[165]
19	Energieproduktivität pro Person	€/kWh/a	98,6	274,0	[8] [18]
20					

21 *Kraft, Licht, Informat./Kommunikat., Kälte (KLIK)*

22	Bedarfsniveau (statisch), 100% Strom	GWh/a	50.417	44.394	[3.15]
23	* davon Haushalte	%	17,0	17,0	[D.1.694]
24	=	GWh/a	8.588	7.562	[22] [23]
25	* Zieleinfluss Endanwendungs-Effizienz	%	100	73,0	[D.1.699]
26	=	GWh/a	8.588	5.521	[24] [25]
28	* davon Handel/Dienstleistungen	%	29,6	29,6	[D.1.706]
29	=	GWh/a	14.928	13.145	[22] [28]
30	* Zieleinfluss Handels-/Dienstl.-Vol./Pers.	%	100	148,2	[D.1.711][12]
31	=	GWh/a	14.928	19.477	[29] [30]
32	* Zieleinfluss Prozess-Effizienz	%	100	73,0	[D.1.716]
33	=	GWh/a	14.928	14.218	[31] [32]
35	* davon Industrie + Gewerbeanteil GHD	%	53,4	53,4	[D.1.722]
36	=	GWh/a	26.900	23.686	[22] [35]
37	* Zieleinfluss Materialdurchsatz/Pers.	%	100	124,1	[D.1.727][16]
38	=	GWh/a	26.900	29.391	[36] [37]
39	* Zieleinfluss Prozess-Effizienz	%	100	73,0	[D.1.732]
40	=	GWh/a	26.900	21.455	[38] [39]
42	Endverbrauch Strom für KLIK gesamt	GWh/a	50.417	41.194	[26] [33] [40]

44 *Gebäudewärme (GW)*

45	Bedarfsniveau (statisch)	GWh/a	116.892	102.928	[3.17]
46	* davon Haushalte	%	67,3	67,3	[D.1.740]
47	=	GWh/a	78.658	69.262	[45] [46]
48	* Wohnfläche pro Person	qm/Person	43,2	49,1	[D.1.745]
49	* Zieleinfluss Wohnflächen-Entwicklung	% v. Status	100	113,6	[48]
50	+ =	GWh/a	78.658	78.681	[47] [49]
52	* dav. Gewerbe, Handel, Dienstl. + Industr.	%	32,7	32,7	[D.1.750]
53	=	GWh/a	38.233	33.666	[52]
54	* Zieleinfluss Erwerbstätigkeit	% v. Status	100	91,3	[D.1.755]
55	+ =	GWh/a	38.233	30.724	[53] [54]

S.4. Verbrauch - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

		Status	Ziel			
57	=	Bedarfsniveau (Wohnfläche/Wirtschaftl.Entw.)	GWh/a	116.892	109.405	[55] + [50]
58	*	davon Raumwärme	%	85,3	85,3	[D.1.761]
59	=		GWh/a	99.667	93.283	[57] [58]
60		Spez.Raumwärmebed.Status/Saniert	kWh/qm/a	124,8	45,2	[D.1.766]
61	=	Veränderung zum Status	% v.Status	100	-63,8	[60]
63		Gebäude - Sanierungs-/Ersatzrate	%/a		2,64	[D.1.775]
64		Sanierungszeitraum: 38 Jahre	Kalenderjahr	2012	2050	[D.1.778]
65	*	= Gebäudeanteil mit Ziel-Wärmeschut	% v.Status	0	100,0	[63] [64]
67	*	= Raumwärmebedarf Veränderung	% v.Status	0	-63,8	[65] [61]
68	+	= Bedarfsniveau (Sanierung/Ersatz)	GWh/a	99.667	33.785	[59] [60]
70	*	davon Warmwasser	%	14,7	14,7	[D.1.783]
71	=		GWh/a	17.225	16.121	[70]
72	*	Zieleinfluss Anwendungs-/Prozess-Effizienz	%	100	80,0	[D.1.788]
73	+	=	GWh/a	17.225	12.897	[71] [72]
75	=	Bedarfsniveau (Sanierung, Anwendungseff.)	GWh/a	116.892	46.682	[73] + [68]
76	*	davon Brennstoffe	% v. [75]	78,5	0,0	[D.1.804]
77	=		GWh/a	91.818	0	[75] [76]
78	>	Nutzungsgrad Endanwendung	%	80,0	85,0	[D.1.810]
79	>	Wandlungsverluste Endanwendung	% v. [75]	15,7	0,0	[76] [78]
80	>	Zieleinfluss Wandlungsverluste (+/-)	% v. [75]	0,0	-15,7	[79]
81	=	Endbedarf mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	91.818	0	[77] [80]
83	*	davon Wärme (30-100°C,verlustarm nutzbar)	% v. [75]	16,9	77,6	[D.1.798]
84	=	Endbedarf mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	19.786	30.538	[75] [83] [80]
86	*	davon Strom (verlustarm nutzbar)	% v. [75]	4,5	18,9	[D.1.793]
87	=	Endbedarf mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	5.288	8.810	[75] [80] [81] [84]
89		davon für Wärmepumpen	%	3	100	[89] [87]
89			GWh/a	133	8.810	[D.1.519]
91		Endenergieverbrauch GW gesamt	GWh/a	116.892	39.349	[87] [84] [81]
92						
93		Prozesswärme (PW)				
94		Bedarfsniveau (statisch)	GWh/a	69.342	61.059	[3.24]
95	*	davon Haushalte	%	7,5	7,5	[D.1.817]
96	=		GWh/a	5.218	4.594	[94] [95]
97	*	Zieleinfluss Endanwendungs-Effizienz	%	100	90,0	[D.1.822]
98	=		GWh/a	5.218	4.135	[96] [97]
100	*	davon Industrie + Gewerbeant.GHD	%	92,5	92,5	[D.1.827]
101	=		GWh/a	64.125	56.464	[94] [100]
102	*	Zieleinfluss Materialdurchsatz/Pers.	%	100	124,1	[D.1.832][16]
103	=		GWh/a	64.125	70.063	[101] [102]
104	*	Zieleinfluss Prozess-Effizienz	%	100	80,0	[D.1.837]
105	=		GWh/a	64.125	56.050	[103] [104]
107		Bedarfsniveau (Prod.-Vol., Proz.-Effiz.)	GWh/a	69.342	60.185	[105] + [98]
108	*	davon Brennstoffe	% v. [107]	72,7	44,1	[D.1.846]
109	=		GWh/a	50.401	26.511	[107] [108]
110	>	Nutzungsgrad Endanwendung	%	70,0	80,0	[D.1.851]
111	>	Wandlungsverluste Endanwendung	% v. [107]	21,8	8,8	[108] [110]
112	>	Zieleinfluss Wandlungsverluste (+/-)	% v. [107]	0,0	-13,0	[111]

S.4. Verbrauch - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Status	Ziel	
113	= Endverbrauch mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	50.401	23.066 [109] [112]
115	* davon Wärme (>100°C, verlustarm nutzbar)	% v. [107]	11,0	0,0 [D.1.856]
116	= Endverbrauch mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	7.617	0 [107] [115]
117	* davon Strom (verlustarm nutzbar)	% v. [107]	16,3	48,7 [D.1.861]
118	= Endverbrauch mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	11.324	29.297 [107] [112] [113] [114]
120	Endenergieverbrauch PW gesamt	GWh/a	69.342	52.364 [113] [116] [118]
121				
122	Mobile Anwendungen (MA)			
123	MA am Boden (Straße, Schiene, Schifffahrt, Maschinen)			
124	Bedarfsniveau (statisch)	GWh/a	89.597	78.894 [3.32]
125	* davon Personenverkehr (PVk)	%	68,1	68,1 [D.1.870]
126	* Zieleinfluss Pers.-Verkehrsleist./Pers.	%	100	99,3 [D.1.876]
127	= Bedarfsniveau PVk (nach Entwicklung)	GWh/a	61.039	53.371 [124] [125] [126]
128	* Anteil Elektrotraktion an Endverbr. PVk	%	2,3	87,9 [D.1.882]
129	Zieleinfluss 100% Elektrotraktion (+/-)	%	0	-65,8 [D.1.891]
130	* = Zieleinfluss Elektrotraktion real (+/-)	%	0	-56,3 [128] [129]
131	= Stromverbrauch PVk	GWh/a	1.404	16.845 [127] [128] [130]
133	* Anteil Kraftstofftrakt.an Endverbr.PVk	%	97,7	12,1 100 - [128]
134	= Bedarfsniveau Kraftstoff PVk	GWh/a	59.635	6.479 [127] [133]
135	* Zieleinfluss Fahrzeugeffizienz	%	100	88,6 [D.1.898]
136	= Kraftstoffverbrauch PVk	GWh/a	59.635	5.741 [133] [135]
138	* davon Güterverkehr u. a. (GVk)	%	31,9	31,9 100 - [133]
139	* Zieleinfluss Güterverk.-Leistung/Pers.	%	100	158,0 [D.1.904]
140	= Bedarfsniveau GVk (nach Entwicklung)	GWh/a	28.558	39.732 [138] [139]
141	* Anteil Elektrotraktion an Endverbr. GVk	%	1,6	87,9 [D.1.910]
142	Zieleinfluss 100% Elektrotraktion (+/-)	%	0	-64,4 [D.1.919]
143	* = Zieleinfluss Elektrotraktion real (+/-)	%	0	-55,5 [141] [142]
144	= Stromverbrauch GVk	GWh/a	457	12.835 [140] [141] [143]
146	* Anteil Kraftstofftrakt.an Endverbr.GVk	%	98,4	12,2 100 - [141]
147	= Bedarfsniveau Kraftstoff GVk	GWh/a	28.101	4.827 [140] [146]
148	* Zieleinfluss Fahrzeugeffizienz	%	100	88,6 [D.1.926]
149	= Kraftstoffverbrauch GVk	GWh/a	28.101	4.277 [147] [148]
151	MA Luftverkehr			
152	Bedarfsniveau (statisch)	GWh/a	14.208	12.511 [3.37]
153	* Zieleinfluss Luftverk.-Leistung/Person	%	100	99,3 [D.1.933]
154	= Bedarfsniv. Luftverk. (nach Entwicklung)	GWh/a	14.208	12.423 [152] [153]
155	* Zieleinfluss Luftverkehrs-Effizienz	%	100	71,9 [D.1.938]
156	= Kraftstoffverbrauch Luftverkehr	GWh/a	14.208	8.932 [154] [155]
158	Endenergieverbrauch MA gesamt	GWh/a	103.805	48.630 [109] [111] [122]
159	davon Kraftstoffe	GWh/a	101.944	18.950 [136] [149] [156]
160	davon mindestens flüssig (Luftverk.)	GWh/a	14.208	8.932 [156]
161	davon Strom	GWh/a	1.861	29.680 [131] [144]
163	Strom-Endverbrauch insgesamt	GWh/a	68.889	108.981 [42] [87] [118] [158]
165	Endenergieverbrauch insgesamt	GWh/a	340.456	181.536 [45] [121] [161]

S.5. Bilanz - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Status-Bilanz Endenergie: Erneuerbar + Fossil (Aktiva) = Verbrauch (Passiva)

Angaben in GWh		Anwendung				insgesamt
		Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme	Prozess- wärme	Mobile Anwend.	
Endenergieträger	Verbrauch Strom	50.417	5.288	11.324	2.200	69.228
	erneuerbar	17.295	1.814	3.884	638	23.631
	fossil/atomar	33.122	3.474	7.439	1.561	45.597
	Verbr.Brennst.gasf.		53.398	30.687	865	84.950
	erneuerbar		0	0	107	107
	fossil		53.398	30.687	758	84.842
	Verbr.Brennst.flüssig		25.647	3.581	100.741	129.969
	erneuerbar		0	0	4.296	4.296
	fossil		25.647	3.581	96.444	125.672
	Verbr.Brennst.fest		12.773	16.133		28.907
erneuerbar		6.924	2.124		9.048	
fossil		5.849	14.010		19.859	
Verbrauch Wärme		19.786	7.617		27.403	
erneuerbar		930			930	
Abwärme		5.075	10.131	7.617	5.075 17.748	
fossil		3.650			3.650	
Verbrauch gesamt	50.417	116.892	69.342	103.805	340.456	
erneuerbar	17.295	14.742	6.008	5.042	43.087	
fossil	33.122	102.149	63.334	98.763	297.369	

Fossil/atomar ist der Teil des verursachten Endenergieverbrauches zu decken, der nicht aus erneuerbaren Quellen gedeckt ist:

Fossil/atomar = Verbrauch - erneuerbar

Fossile Wärme aufgeteilt gemäß Deutschem Mittel: 99,4 PJ von Fernheizwerken [BS.4.112] zu 275,9 PJ Abwärme von Heizkraftwerken [BS.4.114].

Endenergie: Fossiler Brennstoffmix

Anteil an jew. Brennstoffsumme in %	Gebäudewärme		Prozesswärme		Mobile Anwend.	
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel
Brennstoffe gasförmig	62,9	100,0	63,6	100,0	0,8	0,8
Brennstoffe flüssig	30,2	0,0	7,4	0,0	99,2	99,2
Brennstoffe fest	6,9	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0

Gelbe Felder: Zielansatz für den Brennstoffmix (bei 100%EE nicht relevant)

Endenergie: Fossile Wärme

Anteil an jew. Wärmesumme in %	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	Status	Ziel	Status	Ziel
Abwärme	73,5	73,5	100,0	100,0
Fernheizwerk	26,5	26,5		

Gelbes Felder: Zielansatz für den Anteil Fernheizwerke an fossiler Wärmeversorgung (bei 100%EE nicht relevant)

S.5. Bilanz - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

4
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68

Ziel-Bilanz Endenergie: Erneuerbar + Fossil (Aktiva) = Verbrauch (Passiva)

Angaben in GWh		Anwendung			insgesamt	[28]	
		Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme	Prozess- wärme			Mobile Anwend.
Endenergieträger	Verbrauch Strom	41.194	8.810	29.297	29.680	108.981	[4.42] [4.87] [4.118] [4.161]
	erneuerbar*	41.263	8.825	29.346	29.730	109.164	[2.229] [2.238] [2.247] [2.254]
	fossil/atomar	0	0	0	0	0	= [51] - [52]
	Verbr.Brennst.ges.		0	23.066	18.950	42.016	[4.77] [4.113] [4.159]
	erneuerbar*		0	23.081	18.953	42.033	[2.232] [2.241] [2.250]
	fossil		0	0	0	0	= [54] - [55]
	davon gasf.		0	0	0	0	[56] [35]
	davon flüss.		0	0	0	0	[56] [36]
	davon fest		0	0	0	0	[56] [37]
	Verbrauch Wärme		30.538	0			30.538
erneuerbar*		30.674	0			30.674	[2.237] [2.246]
Abwärme*		423	0			423	[2.] [2.125] [2.142] [2.208]
fossil		0				0	[61] [62] [63] [64]
Verbrauch gesamt	41.194	39.349	52.364	48.630	181.536	[51] ... [60]	
erneuerbar*	41.263	39.923	52.427	48.682	182.295	[52] ... [63]	
fossil	0	0	0	0	0	[53] ... [63]	
erneuerbar+Abw.+fossil	41.263	39.923	52.427	48.682	182.295		

*) Deckungsanteile erneuerbar und Abwärme können den Verbrauch übersteigen.

S.6. Fossile - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

5 **Strom fossil/atomar**

Strom-Endverbrauch > Bruttostromverbr.	(%)		(GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch			45.597	0	[5.11] [5.53]
+ Leitungsverluste	5,5	5,5	2.503	0	[8.22]
+ Verbr.Umwandl.ber.	2,5	2,5	1.203	0	[8.23]
= Bruttostromverbrauch			49.303	0	

Bruttostromverbr. > Primärenergie-V.	Mix-Anteil (%)		Bruttostromverbr. (GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Bruttostromverbrauch	100,0	100,0	49.303	0					[11]
Braunkohle-Verbrauch	33,4		16.459	0	34,8	34,8	47.254	0	[8.12]
Steinkohle-Verbrauch	24,2		11.922	0	34,9	34,9	34.204	0	[8.13]
Kernenergie-Verbrauch	20,7		10.191	0	30,5	30,5	33.443	0	[8.14]
Naturgase-Verbrauch	15,9	100,0	7.825	0	37,1	37,1	21.118	0	[8.15]
Erdöl-Verbrauch	1,6		778	0	44,4	44,4	1.751	0	[8.16]
Abfall u.sonst.	4,3		2.128	0	27,7	27,7	7.687	0	[8.17]

24 **Brennstoffe fossil gasförmig**

Endverbrauch > Primärenergie-V.	(%)		(GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch			84.842	0					[5.14] [5.57]
+ Leit./Fackelverluste	0,9	0,9	749	0					[8.29]
+ Verbr.Umwandl.ber.	3,8	3,8	3.237	0					[8.30]
= Naturgase-Verbrauch			88.829	0	100,0	100,0	88.829	0	[8.31]

33 **Brennstoffe fossil flüssig**

Endverbrauch > Primärenergie-V.	(%)		(GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch			125.672	0					[5.17] [5.58]
Leit./Fackelverluste	0,0	0,0	0	0					[8.37] [8.38]
Verbr.Umwandl.ber.	2,8	2,8	3.576	0					[8.39]
Erdöl-Verbrauch			129.248	0	82,8	82,8	156.035	0	[8.40]

42 **Brennstoffe fossil fest**

Gebäudewärme	(%)		(GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch	100,0	100,0	5.849	0	[5.20] [5.59]
davon Steinkohle	42,2	42,2	2.470	0	[8.45]
davon Braunkohle	57,8	57,8	3.379	0	[8.45]
Prozesswärme					
Endverbrauch	100	100	14.010	0	[5.24] [5.59]
davon Steinkohle	81,9	81,9	11.475	0	[8.46]
davon Braunkohle	18,1	18,1	2.535	0	[8.46]

Endverbrauch > Primärenergie-V.	(%)		(GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbr.Steinkohle			13.945	0					[46] [50]
Verbr.Umwandl.b.	0,7	0,7	102	0					[8.51]
Steinkohle-Verbrauch			14.047	0	97,7	97,7	14.375	0	[8.52]
Endverbr.Braunkohle			5.914	0					[47] [51]
Verbr.Umwandl.b.	11,2	11,2	661	0					[8.51]
Braunkohle-Verbrauch			6.575	0	100,0	100,0	6.575	0	[8.52]

S.6. Fossile - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

62

63

Wärme fossil

64

Wärmeendverbr. >Bruttowärmeverbr.	(%)		(GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch			3.650	0	[5.24] [5.63]
+ Leitungsverluste	9,4	9,4	345	0	[8.65]
+ Verbr.Umwandl.ber.	9,9	9,9	395	0	[8.66]
= Bruttowärmeverbrauch			4.390	0	

65

66

67

68

69

70

71

Bruttowärmeverbr. > Primärenergie-V.	Mix-Anteil (%)		Bruttowärmeverbr. (GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Bruttowärmeverbrauch			4.390	0					[69]
Braunkohle	1,8		80	0	71,4	71,4	112	0	[8.58] [8.67]
Steinkohle	20,7		910	0	71,4	71,4	1.275	0	[8.59] [8.67]
Erdgas	55,5	100,0	2.437	0	71,4	71,4	3.412	0	[8.60] [8.67]
Mineralölprodukte	4,4		194	0	71,4	71,4	272	0	[8.61] [8.67]
nicht erneuerb.Abfälle	17,5		769	0	71,4	71,4	1.077	0	[8.62] [8.67]

72

73

74

75

76

77

78

79

80

417.418 0

81

Primärenergieverbrauch fossil/atomar -

82

Energetisch bedingte Treibhausgasemissionen

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

	Primärenergie GWh/a [17] ... [79]		Emissionsfaktor t CO ₂ -Äqu./GWh		THG-Emissionen kt CO ₂ -Äquiv./a		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Braunkohle	53.940	0	396	396	21.360	0	[8.81]
Steinkohle	49.854	0	342	342	17.050	0	[8.82]
Erdöl	158.058	0	263	263	41.538	0	[8.83]
Naturgase	113.358	0	202	202	22.853	0	[8.84]
Abfälle fossil	8.764	0	306	306	2.682	0	[8.85]
Kernenergie	33.443	0	0	0	0	0	
Insgesamt	417.418	0			105.483	0	

S.7. Verbrauch Status - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

4			
5	Anzahl Energieverbraucher:	10.734.539	[3.10]
6			

7 Endenergieverbrauch Zielregion Status (2012)

Endenergie in GWh	Anwendung					insgesamt	Nicht-energet.
	Kraft/Licht/IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozesswärme	Mobile Anwend.		
		Raumw.	Warmwas.		Boden+	Luft	
Strom	50.417	5.288		11.324	2.200		69.228
		1.877	3.410		2.200	0	
Brennst.gasförm.	0	53.398		30.687	865		84.950
		45.355	8.043		865	0	3.464
Brennst.flüssig	0	25.647		3.581	100.741		129.969
		22.074	3.573		86.533	14.208	31.798
Brennst.fest	0	12.773		16.133	0		28.907
		12.425	348		0	0	886
Wärme	0	19.786		7.617	0		27.403
		17.936	1.850		0	0	
insgesamt	50.417	116.892		69.342	103.805		340.456
							36.148

23 Wärme-Endverbrauch Zielregion Status (2012) nach Standardverteilung

Endenergie in GWh	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	fossil	erneuerb.	fossil	erneuerb.
Wärme	19.786		7.617	
Fernheizwerke fossil	3.681		0	
erneuerbar		867	0	0
Fern-HeizKRAFTwerke	10.217	3.231	4.333	0
Nahwärme Abw./erneuerb.	0	1.790	3.285	0

32 Übernommen aus:

33 BS.2. Energieverbrauch Deutschland 2012

35 BS.2.a Endenergie-Verbrauch+ / Einwohner (direkt/indirekt)

Endenergie (kWh)	Anwendung					insgesamt	Nicht-energet.
	Kraft/Licht/IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozesswärme	Mobile Anwend.		
		Raumw.	Warmwas.		Boden+	Luft	
Strom	4.697	493		1.055	205		6.449
		175	318		205	0	
Brennst.gasförm.	0	4.974		2.859	81		7.914
		4.225	749		81	0	323
Brennst.flüssig	0	2.389		334	9.385		12.108
		2.056	333		8.061	1.324	2.962
Brennst.fest	0	1.190		1.503	0		2.693
		1.158	32		0	0	83
Wärme	0	1.843		710	0		2.553
		1.671	172		0	0	
insgesamt	4.697	10.889		6.460	9.670		31.716
							3.367

55 BS.2.b Wärme-Endverbrauch pro Einwohner nach Quellen

Endenergie in kWh	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	fossil	erneuerb.	fossil	erneuerb.
Wärme	1.843		710	
Fernheizwerke fossil	343		0	
erneuerbar		81	0	0
Fern-HeizKRAFTwerke	952	301	404	0
Nahwärme Abw./erneuerb.	-	167	306	0

64 BS.2.c Jahresnutzungsgrade Endenergie-Anwendung im Wärmebereich

Jahresnutzungsgrad in %	Gebäudewärme	Prozesswärme
Strom	100,0	100,0
Brennst.gasförmig	85,0	90,0
Brennst.flüssig	80,0	85,0
Brennst.fest	75,0	80,0
Wärme-Endverbr.	100,0	100,0

S.8. Kennzahlen Deutschland zum Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53

Übernommen aus:

BS.3. Kennzahlen Energieversorgung Deutschland 2012

BS.3.a Strommix und Jahresnutzungsgrad (JNG) Kraftwerke

	Mix-Anteil (%)	JNG (NV+/UE) (%)	[BS.3.5]
Fossil/atomar	100,0		[BS.3.6]
Braunkohle	33,4	34,8	[BS.3.7]
Steinkohle	24,2	34,9	[BS.3.8]
Kernenergie	20,7	30,5	[BS.3.9]
Naturgase	15,9	37,1	[BS.3.10]
Erdöl	1,6	44,4	[BS.3.11]
Abfall u.sonst.	4,3	27,7	[BS.3.12]

BS.3.b Strom: Leitungsverluste / Verbrauch im Umwandlungsbereich

	(%)	[BS.3.17]
Leitungsverluste LV/EV	5,5	[BS.3.18]
Verbr.im Umwandlungsbereich (V VU/NV	2,5	[BS.3.19]

BS.3.d Gasversorgung

	(%)	[BS.3.23]
Leitungsverluste LV/EV+	0,0	[BS.3.24]
Fackelverluste FV/NV.fos	0,9	[BS.3.25]
Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	3,8	[BS.3.26]
Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+/PEV	100,00	[BS.3.27]

BS.3.e Mineralölversorgung

	(%)	[BS.3.32]
Leitungsverluste LV/EV+	0,0	[BS.3.33]
Fackelverluste FV/NV.fos	0,0	[BS.3.34]
Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	2,8	[BS.3.35]
Jahresnutzungsgrad Umwandl. NE/UE	82,83	[BS.3.36]

BS.3.c Braun-/Steinkohleversorgung

	Braunk.	Steink.	[BS.3.40]
Kohle-Mix			[BS.3.41]
Gebäudewärme (%)	57,8	42,2	[BS.3.42]
Prozesswärme (%)	18,09	81,9	[BS.3.43]
Umwandlung (%):	Braunk.	Steink.	[BS.3.44]
Leitungsverluste LV/EV+	0,0	0,0	[BS.3.45]
Fackelverluste FV/NV.fos	0,0	0,0	[BS.3.46]
Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	11,2	0,7	[BS.3.47]
Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+/PEV	100,00	97,72	[BS.3.48]

S.8. Kennzahlen Deutschland zum Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

4

54

55 **BS.3.f Fernheizwerke: Fossiler Brennstoffmix**

56	Mix fossiler Brennstoffe:	(%)	[BS.3.52]
57	Fossile	100,0	[BS.3.53]
58	Braunkohle	1,8	[BS.3.54]
59	Steinkohle	20,7	[BS.3.55]
60	Erdgas	55,5	[BS.3.56]
61	Mineralölprodukte	4,4	[BS.3.57]
62	nicht erneuerb.Abfälle	17,5	[BS.3.58]

63

64	Umwandlung:	(%)	[BS.3.60]
65	Leistungsverluste LV/EV	9,4	[BS.3.61]
66	Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	9,9	[BS.3.62]
67	Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+.fos/UE.fos	71,4	[BS.3.63]

68

69

70 **BS.3.g Brennstoff-Endverbrauch: Fossiler Brennstoffmix**

71	Mix fossiler Brennstoffe (%):	GW	PW	[BS.3.67]
72	Fossile	100,0	100,0	[BS.3.68]
73	Braunkohle	2,0	5,0	[BS.3.69]
74	Steinkohle	1,5	22,8	[BS.3.70]
75	Erdgas	65,2	64,6	[BS.3.71]
76	Mineralölprodukte	31,3	7,5	[BS.3.72]

77

78

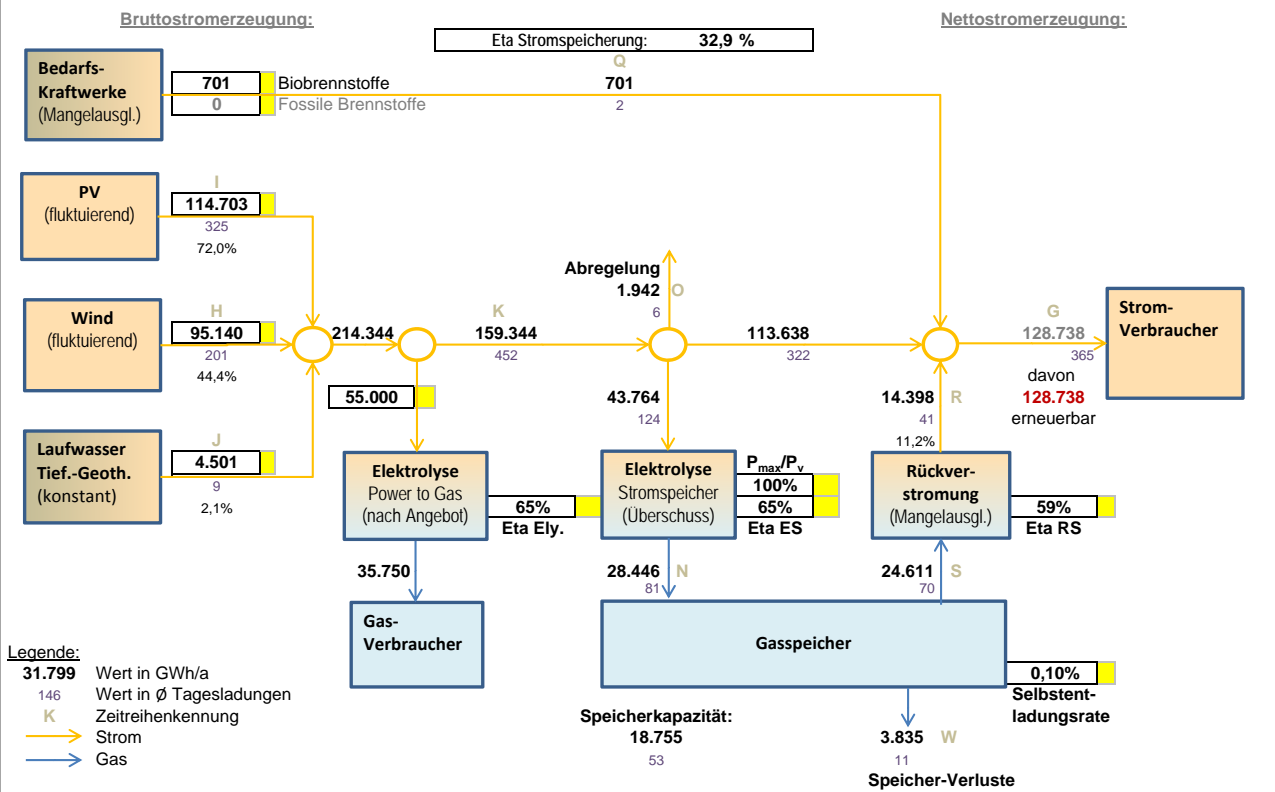
79 **BS.3.h Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren** [BS.3.75]

80		t CO ₂ -Äqu./TJ	t CO ₂ -Äqu./GWh	[BS.3.76]
81	Braunkohle	110	396	[BS.3.77]
82	Steinkohle	95	342	[BS.3.78]
83	Mineralöle	73	263	[BS.3.79]
84	Gase	56	202	[BS.3.80]
85	Abfall	85	306	[BS.3.81]

WS.1.Jahresbilanz_Strom - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826): Jahresbilanz Strom (Ziel)

Verwendete Zeitreihen: Anlagenpark Deutschland 2012 [EEX]



2015-08-12 16:40:09

100prosim WS 150417

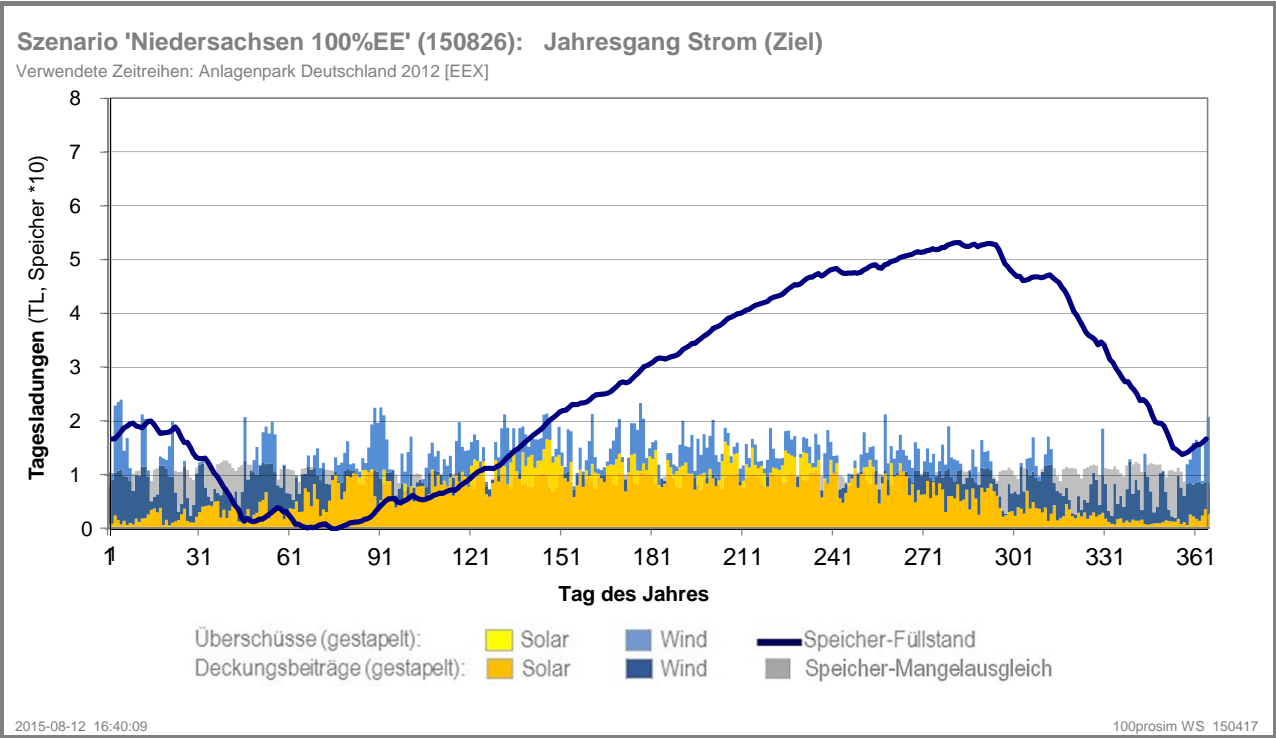
Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826): Parameter-Vorlagen

Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Ziel-Input von 100prosim	
Wert	Einheit	Kennung	Titel
108.981	GWh/a	(G)	Jährlicher Strombedarf
114.703	GWh/a	I	Jährl. Stromerzeugung PV (fluktuierend)
95.140	GWh/a	H	Jährl. Stromerzeugung Windenergie (fluktuierend)
701	GWh/a	Q	Jährl. Stromerzeugung aus Biomasse (Beitrag zum Mangelausgleich)
4.501	GWh/a	J	Jährl. Stromerzeugung Wasserkraft + Tiefen-Geothermie (Grundlast)
0	GWh/a		Jährl. Beitrag aus fossilen Kraftwerken (Mangelausgleich)
Wasserstoffherzeugung:			
55.000	GWh/a		Jährl. Stromeinsatz für Wasserstoffherzeugung (Brennst.,Kraftst.,Grundstoff)
65	%	Eta Ely	Jahresnutzungsgrad Wasserelektrolyse
Stromspeicherung:			
100	%	P_{max}/P_v	Maximale Tages-Elektrolyseleistung relativ zu durchschn. Tagesverbrauch
65	%	Eta ES	Jahres-Nutzungsgrad Wasser-Elektrolyse+Gaseinspeicherung (+ggf.Methanisierung)
0,1	%/L/d		Tägliche Gasspeicher-Selbstendladungsrate in % pro Ladezustand
58,5	%	Eta RS	Jahres-Nutzungsgrad Gas-Rückverstromung
0,00284	TL/(GWh/a)		Faktor Eingabe-Einheit > Tagesladung

2015-08-12 16:40:09

100prosim WS 150417

WS.2. Jahrgang Strom - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)



WT.1. Wertetabelle KLIK - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Endenergieverbrauch Kraft/Licht/IKT/Kälte - Zieleinflüsse			
	Bedarfsniveau TWh/a	Einfluss TWh/a	
Status 2012	50,4		[S.4.22]
Einfluss demographische Entwicklung	44,4	-6,0	[S.4.22]
Einfluss Wirtschaft/Konsum	56,4	12,0	[11] [12] [13]
davon Haushalte	7,6		[S.4.24]
davon Handel/Dienstleistungen	19,5		[S.4.31]
davon Industrie + Gewerbeanteil GHD	29,4		[S.4.38]
Einfluss verbesserte Nutzungseffizienz	41,2	-15,2	[15] [16] [17]
davon Haushalte	5,5		[S.4.26]
davon Handel/Dienstleistungen	14,2		[S.4.33]
davon Industrie + Gewerbeanteil GHD	21,5		[S.4.40]
Ziel 2050	41,2		[14]

WT.2. Wertetabelle GW - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Endenergieverbrauch Gebäudewärme - Zieleinflüsse			
	Bedarfsniveau TWh/a	Einfluss TWh/a	
Status 2012	116,9		[S.4.45]
Einfluss demographische Entwicklung	102,9	-14,0	[S.4.45]
Einfluss Wirtschaft/Konsum	109,4	6,5	[S.4.57]
davon Haushalte	78,7		[S.4.50]
dav. Gewerbe, Handel, Dienstl. + Industr.	30,7		[S.4.55]
Einfluss verbesserte Nutzungseffizienz	46,7	-62,7	[S.4.75]
Einfluss verbesserte Wandlungseffizienz	39,3	-7,3	[S.4.91]
Ziel 2050	39,3		[14]

WT.3. Wertetabelle PW - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Endenergieverbrauch Prozesswärme - Zieleinflüsse			
	Bedarfsniveau TWh/a	Einfluss TWh/a	
Status 2012	69,3		[S.4.94]
Einfluss demographische Entwicklung	61,1	-8,3	[S.4.94]
Einfluss Wirtschaft/Konsum	74,7	13,6	[11] [12]
davon Haushalte	4,6		[S.4.96]
davon Industrie + Gewerbeant.GHD	70,1		[S.4.103]
Einfluss verbesserte Nutzungseffizienz	60,2	-14,5	[S.4.107]
Einfluss verbesserte Wandlungseffizienz	52,4	-7,8	[S.4.120]
Ziel 2050	52,4		[14]

WT.4. Wertetabelle MA - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

5	Endenergieverbrauch Mobile Anwendungen - Zieleinflüsse		
6		Bedarfsniveau	Einfluss
7		TWh/a	TWh/a
8	Status 2012	103,8	[9] [10]
9	davon Mobile Anwendungen am Boden	89,6	[S.4.124]
10	davon Luftverkehr	14,2	[S.4.152]
11	davon Endenergieträger Strom	1,9	[12] [13]
12	davon Personenverkehr	1,4	[S.4.131]
13	davon Güterverkehr	0,5	[S.4.144]
14	davon Endenergieträger Kraftstoffe	101,9	[15] [16] [17]
15	davon Personenverkehr am Boden	59,6	[S.4.136]
16	davon Güterverkehr am Boden	28,1	[S.4.149]
17	davon Luftverkehr	14,2	[S.4.156]
18	Einfluss demographische Entwicklung	91,4	-12,4 [19] [20]
19	davon Mobile Anwendungen am Boden	78,9	[S.4.124]
20	davon Luftverkehr	12,5	[S.4.152]
21	Einfluss Wirtschaft/Konsum	105,5	14,1 [22] [23] [24]
22	davon Personenverkehr am Boden	53,4	[S.4.127]
23	davon Güterverkehr am Boden	39,7	[S.4.140]
24	davon Luftverkehr	12,4	[S.4.154]
25	Einfluss verbesserte Nutzungseffizienz	48,6	-56,9 [S.4.107]
26	davon Personenverkehr am Boden	22,6	[27] [28]
27	davon Endenergieträger Strom	16,8	[S.4.131]
28	davon Endenergieträger Kraftstoffe	5,7	[S.4.136]
29	davon Güterverkehr am Boden	17,1	[30] [31]
30	davon Endenergieträger Strom	12,8	[S.4.144]
31	davon Endenergieträger Kraftstoffe	4,3	[S.4.149]
32	davon Luftverkehr	8,9	[33]
33	davon Endenergieträger Kraftstoffe	8,9	[S.4.156]
34	Ziel 2050	48,6	[25]

WT.5. Wertetabelle EEV Quellen - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Endenergieverbrauch 2050 nach Energiequellen					
	Bruttostromerz.		Endenergiebereitstellung		
	TWh/a [52]		TWh/a		%
8	Endenergiebereitstellung gesamt:		181,9	[14] [17] [27] [44] [47] [48] [51]	100,0
9	Strom erneuerbar insgesamt	215,0 [S.2.186]	109,2	[S.2.219]	60,0
10	+Wasserstoff aus Strom für Prozesswärme		0,0	[S.2.193]	0,0
11	+Flüssigkraftstoff aus Strom für Mobile Anwendungen		8,4	[S.2.197]	4,6
12	+Abwärme aus Wasserstoff-Rückerverstromung		5,6	[S.2.209]	3,1
13	=Strom+Wandlungsprodukte aus Strom erneuerbar gesamt		123,2	[9] ...[12]	67,7
14	Photovoltaik ges.	114,7	65,7	[15] ...[16]	36,1
15	davon Dachflächen	51,1 [S.2.15]	29,3	[15] [13] [9]	16,1
16	davon Freiflächen	63,6 [S.2.22]	36,4	[16] [13] [9]	20,0
17	Windenergie	95,1	54,5	[18] ...[19]	30,0
18	davo Onshore	62,7 [S.2.32]	35,9	[18] [13] [9]	19,8
19	davon Offshore	32,4 [S.2.40]	18,6	[19] [13] [9]	10,2
20	Fossile / Nukleare Energiequellen		0,0	[21] ...[26]	0,0
21	davon verstromt		0,0	[0]	0,0
22	davon Brennstoffe gasförmig		0,0	[0]	0,0
23	davon Brennstoffe flüssig		0,0	[0]	0,0
24	davon Steinkohle		0,0	[0]	0,0
25	davon Braunkohle		0,0	[0]	0,0
26	davon Fernwärme Heizwerke		0,0	[0]	0,0
27	Biomasse gesamt		35,3	[28] ...[43]	19,4
28	davon fest, Gebäudewärme		0,0	[S.2.79]	0,0
29	davon fest, Prozesswärme		17,0	[S.2.81]	9,3
30	davon fest, verstromt	0,0 [S.2.85]	0,0	[30] [13] [9]	0,0
31	davon fest, Fernwärme Heizkraftwerke		0,0	[S.2.87]	0,0
32	davon fest, Fernwärme Heizwerke		0,0	[S.2.91]	0,0
33	davon Abfall, verstromt	0,7 [S.2.94]	0,4	[33] [13] [9]	0,2
34	davon Abfall, Fernwärme Heizkraftwerke		1,3	[S.2.95]	0,7
35	davon Biogase, PW		6,1	[S.2.106]	3,3
36	davon Biogase, verstromt	0,0 [S.2.110]	0,0	[36] [13] [9]	0,0
37	davon Biogase, Nahwärme Heizkraftwerke		0,0	[S.2.112]	0,0
38	davon Biogase, Kraftstoff Mobile Anwendungen		10,0	[S.2.116]	5,5
39	davon Biogase, Flüssigkraftst. Mobile Anwendungen		0,0	[S.2.120]	0,0
40	davon Pflanzenöl, Kraftst. Mobile Anwendungen		0,5	[S.2.131]	0,3
41	davon Pflanzenöl, verstromt	0,0 [S.2.135]	0,0	[41] [13] [9]	0,0
42	davon Pflanzenöl, Nahwärme Heizkraftwerke		0,0	[S.2.137]	0,0
43	davon Bioethanol, Kraftst. Mobile Anwendungen		0,0	[S.2.145]	0,0
44	Tiefengeothermie		2,4	[45] ...[46]	1,3
45	davon verstromt	4,3 [S.2.168]	2,4	[45] [13] [9]	1,3
46	davon Fernwärme Heizkraftwerke		0,0	[S.2.178]	0,0
47	Solarthermie		0,8	[S.2.10]	0,5
48	Umgebungswärme		23,0	[49] ...[50]	12,6
49	davon Luftgekoppelt		14,6	[S.2.153]	8,0
50	davon Erdgekoppelt		8,4	[S.2.159]	4,6
51	Laufwasser	0,3 [S.2.46]	0,1	[51] [13] [9]	0,1

52 Der Strombeitrag zur Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen wird gebildet aus der jeweiligen Bruttostromerzeugung

53 über das Verhältnis von Endenergiebereitstellung aus erneuerbarem Strom insgesamt [13] zur Bruttostromerzeugung erneuerbar insgesamt [9].

WT.6. Wertetabelle EEV Anwendung - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

		2012	2020	2030	2040	2050
5	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen					
6						
7						
8	Kraft/Licht/IKT/Kälte (KLIK)	[S.4.42]		Linear interpoliert		[S.4.42]
9	(TWh/a)	50,4	48,5	46,0	43,6	41,2
10	(% v. 2012)	100,0	96,1	91,3	86,5	81,7
11	Gebäudewärme (GW)	[S.4.91]		Linear interpoliert		[S.4.91]
12	(TWh/a)	116,9	100,6	80,2	59,8	39,3
13	(% v. 2012)	100,0	86,0	68,6	51,1	33,7
14	Prozesswärme (PW)	[S.4.120]		Linear interpoliert		[S.4.120]
15	(TWh/a)	69,3	65,8	61,3	56,8	52,4
16	(% v. 2012)	100,0	94,8	88,4	82,0	75,5
17	Mobile Anwendungen (MA)	[S.4.158]		Linear interpoliert		[S.4.158]
18	(TWh/a)	103,8	92,2	77,7	63,1	48,6
19	(% v. 2012)	100,0	88,8	74,8	60,8	46,8

WT.7. Wertetab. Brennstoffanteil - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Brennstoffanteil am Primärenergieverbrauch						
		2012	2020	2030	2040	2050
Primärenergieverbrauch gesamt		[10] [12] [14]		Linear interpoliert		[10] [12] [14]
	(TWh/a)	469,3	428,3	377,0	325,7	274,4
Wärme direkt		[21]		Linear interpoliert		[21]
	(TWh/a)	0,9	5,7	11,7	17,8	23,8
Strom direkt		[26]		Linear interpoliert		[26]
	(TWh/a)	15,9	57,7	109,9	162,1	214,3
Brennstoffe gesamt		[16] [18]		Linear interpoliert		[16] [18]
	(TWh/a)	452,5	364,9	255,3	145,8	36,2
Brennstoffe biogen		[28]		Linear interpoliert		[28]
	(TWh/a)	35,1	35,3	35,6	35,9	36,2
Brennstoffe fossil/nuklear		[30]		Linear interpoliert		[30]
	(TWh/a)	417,4	329,5	219,7	109,8	0,0
Primärenergieverbrauchs-Anteile (TWh/a)						
		Status 2012	Ziel 2050			
Wärme direkt:		0,9	23,8	[22] ... [25]		
Solarthermie		0,6	0,8	S.2.10		
Umgebungswärme (luftgekoppelte Wärmepumpen)		0,1	14,6	S.2.153		
Umgebungswärme (erdgekoppelte Wärmepumpen)		0,2	8,4	S.2.159		
Tiefengeothermie		0,0	0,0	S.2.178		
Strom direkt:		15,9	214,3	[27] ... [30]		
Windenergie		12,7	95,1	S.2.182		
Solarenergie (Photovoltaik)		3,0	114,7	S.2.183		
Wasserkraft		0,3	0,3	S.2.46		
Tiefengeothermie		0,0	4,3	S.2.168		
Brennstoffe biogen		35,1	36,2	[32] ... [41]		
Energieholz (aus dem Forst, Abfallholz, Altholz)		13,8	12,7	S.2.54		
Bioabfall (Strom)		0,7	0,7	S.2.94		
Bioabfall (Wärme)		1,3	1,3	S.2.95		
Biogas (aus Kläranlagen, Deponien)		0,2	0,2	S.2.103		
Getreidestroh (energetisch genutzt)		0,0	4,3	S.2.71		
Biogas (aus Abfall, Wirtschaftsdünger)		3,3	6,5	S.2.102		
Biogas (aus Energiepflanzenanbau)		14,8	10,0	S.2.100		
Biodiesel		0,6	0,5	S.2.126		
Bioethanol		0,4	0,0	S.2.142		
Energieholz (aus Energiepflanzenanbau)		0,0	0,0	S.2.59		
Brennstoffe fossil/nuklear		417,4	0,0	S.6.93		

WT.8. Wertetabelle EEV Quellen THG - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

		2012	2020	2030	2040	2050
5	Endenergieverbrauch nach Quellen und Treibhausgasemissionen					
6						
7	Endenergieverbrauch gesamt	[10] [12] [14] [16] [18]		Linear interpoliert		[10] [12] [14] [16] [18]
8	(TWh/a)	340,5	307,1	265,3	223,6	181,9
9	Wind	[37]		Linear interpoliert		[82]
10	(TWh/a)	12,1	21,0	32,2	43,3	54,5
11	Photovoltaik	[34]		Linear interpoliert		[79]
12	(TWh/a)	2,8	16,0	32,6	49,1	65,7
13	Biomasse	[43]		Linear interpoliert		[92]
14	(TWh/a)	25,9	27,9	30,4	32,8	35,3
15	Sonstige Erneuerbare Energien	[60] [63] [64] [67]		Linear interpoliert		[109] [112] [113] [116]
16	(TWh/a)	1,1	6,4	13,1	19,7	26,4
17	Fossile und nukleare Energiequellen	[40]		Linear interpoliert		[85]
18	(TWh/a)	298,6	235,7	157,1	78,6	0,0
19	Treibhausgasemissionen gesamt	[22] [24]		Linear interpoliert		[22] [24]
20	(Mio. t CO ₂ -Äq./a)	125,8	102,9	74,4	45,8	17,2
21	Energetische THG-Emissionen	[S.6.93]		Linear interpoliert		[S.6.93]
22	(Mio. t CO ₂ -Äq./a)	105,5	83,3	55,5	27,8	0,0
23	Nichtenergetische THG-Emissionen	[Anhang C, Tabelle 9]		Linear interpoliert		[Anhang C, Abb. 1]
24	(Mio. t CO ₂ -Äq./a)	20,3	19,7	18,9	18,0	17,2

WT.8. Wertetabelle EEV Quellen THG - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

26	Statusjahr 2012	Bruttostromerz.		Endenergiebereitstellung		
		TWh/a	[68]	TWh/a	%	
28	Endenergiebereitstellung gesamt:			340,5	[34] [37] [40] [43] [60] [63] [64] [67]	100,0
29	Strom erneuerbar insgesamt	24,9	[S.2.186]	23,6	[S.2.219]	6,9
30	+Wasserstoff aus Strom für Prozesswärme			0,0	[S.2.193]	0,0
31	+Flüssigkraftstoff aus Strom für Mobile Anwendungen			0,0	[S.2.197]	0,0
32	+Abwärme aus Wasserstoff-Rückerverstromung			0,0	[S.2.209]	0,0
33	=Strom+Wandlungsprodukte aus Strom erneuerbar gesamt			23,6	[29] ...[32]	6,9
34	Photovoltaik ges.	3,0		2,8	[35] ...[36]	0,8
35	davon Dachflächen	2,1	[S.2.15]	2,0	[35] [33] [29]	0,6
36	davon Freiflächen	0,8	[S.2.22]	0,8	[36] [33] [29]	0,2
37	Windenergie	12,7		12,1	[38] ...[39]	3,5
38	davo Onshore	12,6	[S.2.32]	12,0	[38] [33] [29]	3,5
39	davon Offshore	0,1	[S.2.40]	0,1	[39] [33] [29]	0,0
40	Fossile / Nukleare Energiequellen			298,6	[41] [42]	87,7
41	Endenergieverbrauch gesamt			340,5	[S.4.165]	100,0
42	Anteil Erneuerbare an Endenergieverbrauch			41,9	[34] [37] [43] [60] [63] [64] [67]	12,3
43	Biomasse gesamt			25,9	[44] ...[59]	7,6
44	davon fest, Gebäudewärme			6,9	[S.2.79]	2,0
45	davon fest, Prozesswärme			2,1	[S.2.81]	0,6
46	davon fest, verstromt	1,3	[S.2.85]	1,3	[46] [33] [29]	0,4
47	davon fest, Fernwärme Heizkraftwerke			0,8	[S.2.87]	0,2
48	davon fest, Fernwärme Heizwerke			0,0	[S.2.91]	0,0
49	davon Abfall, verstromt	0,7	[S.2.94]	0,7	[49] [33] [29]	0,2
50	davon Abfall, Fernwärme Heizkraftwerke			1,3	[S.2.95]	0,4
51	davon Biogase, PW			0,0	[S.2.106]	0,0
52	davon Biogase, verstromt	6,9	[S.2.110]	6,5	[52] [33] [29]	1,9
53	davon Biogase, Nahwärme Heizkraftwerke			3,0	[S.2.112]	0,9
54	davon Biogase, Kraftstoff Mobile Anwendungen			0,1	[S.2.116]	0,0
55	davon Biogase, Flüssigkraftst. Mobile Anwendungen			0,0	[S.2.120]	0,0
56	davon Pflanzenöl, Kraftst. Mobile Anwendungen			3,1	[S.2.131]	0,9
57	davon Pflanzenöl, verstromt	0,1	[S.2.135]	0,1	[57] [33] [29]	0,0
58	davon Pflanzenöl, Nahwärme Heizkraftwerke			0,1	[S.2.137]	0,0
59	davon Bioethanol, Kraftst. Mobile Anwendungen			1,2	[S.2.145]	0,3
60	Tiefengeothermie			0,0	[61] ...[62]	0,0
61	davon verstromt	0,0	[S.2.168]	0,0	[61] [33] [29]	0,0
62	davon Fernwärme Heizkraftwerke			0,0	[S.2.178]	0,0
63	Solarthermie			0,6	[S.2.10]	0,2
64	Umgebungswärme			0,3	[65] ...[66]	0,1
65	davon Luftgekoppelt			0,1	[S.2.153]	0,0
66	davon Erdgekoppelt			0,2	[S.2.159]	0,1
67	Laufwasser	0,3	[S.2.46]	0,2	[67] [33] [29]	0,1

68 Der Strombeitrag zur Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen wird gebildet aus der jeweiligen Bruttostromerzeugung

69 über das Verhältnis von Endenergiebereitstellung aus erneuerbarem Strom insgesamt [33] zur Bruttostromerzeugung erneuerbar insgesamt [29].

WT.8. Wertetabelle EEV Quellen THG - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

71	Zieljahr 2050	Bruttostromerz.	Endenergiebereitstellung
72		TWh/a [117]	TWh/a %
73	Endenergiebereitstellung gesamt:		181,9 [79] [82] [92] [109] [112] [113] [116] 100,0
74	Strom erneuerbar insgesamt	215,0 [S.2.186]	109,2 [S.2.219] 60,0
75	+Wasserstoff aus Strom für Prozesswärme		0,0 [S.2.193] 0,0
76	+Flüssigkraftstoff aus Strom für Mobile Anwendungen		8,4 [S.2.197] 4,6
77	+Abwärme aus Wasserstoff-Rückerverstromung		5,6 [S.2.209] 3,1
78	=Strom+Wandlungsprodukte aus Strom erneuerbar gesamt		123,2 [74] ...[77] 67,7
79	Photovoltaik ges.	114,7	65,7 [80] ...[81] 36,1
80	davon Dachflächen	51,1 [S.2.15]	29,3 [80] [78] [74] 16,1
81	davon Freiflächen	63,6 [S.2.22]	36,4 [81] [78] [74] 20,0
82	Windenergie	95,1	54,5 [83] ...[84] 30,0
83	davon Onshore	62,7 [S.2.32]	35,9 [83] [78] [74] 19,8
84	davon Offshore	32,4 [S.2.40]	18,6 [84] [78] [74] 10,2
85	Fossile / Nukleare Energiequellen		0,0 [86] ...[91] 0,0
86	davon verstromt		0,0 [0] 0,0
87	davon Brennstoffe gasförmig		0,0 [0] 0,0
88	davon Brennstoffe flüssig		0,0 [0] 0,0
89	davon Steinkohle		0,0 [0] 0,0
90	davon Braunkohle		0,0 [0] 0,0
91	davon Fernwärme Heizwerke		0,0 [0] 0,0
92	Biomasse gesamt		35,3 [93] ...[108] 19,4
93	davon fest, Gebäudewärme		0,0 [S.2.79] 0,0
94	davon fest, Prozesswärme		17,0 [S.2.81] 9,3
95	davon fest, verstromt	0,0 [S.2.85]	0,0 [95] [78] [74] 0,0
96	davon fest, Fernwärme Heizkraftwerke		0,0 [S.2.87] 0,0
97	davon fest, Fernwärme Heizwerke		0,0 [S.2.91] 0,0
98	davon Abfall, verstromt	0,7 [S.2.94]	0,4 [98] [78] [74] 0,2
99	davon Abfall, Fernwärme Heizkraftwerke		1,3 [S.2.95] 0,7
100	davon Biogase, PW		6,1 [S.2.106] 3,3
101	davon Biogase, verstromt	0,0 [S.2.110]	0,0 [101] [78] [74] 0,0
102	davon Biogase, Nahwärme Heizkraftwerke		0,0 [S.2.112] 0,0
103	davon Biogase, Kraftstoff Mobile Anwendungen		10,0 [S.2.116] 5,5
104	davon Biogase, Flüssigkraftst. Mobile Anwendungen		0,0 [S.2.120] 0,0
105	davon Pflanzenöl, Kraftst. Mobile Anwendungen		0,5 [S.2.131] 0,3
106	davon Pflanzenöl, verstromt	0,0 [S.2.135]	0,0 [106] [78] [74] 0,0
107	davon Pflanzenöl, Nahwärme Heizkraftwerke		0,0 [S.2.137] 0,0
108	davon Bioethanol, Kraftst. Mobile Anwendungen		0,0 [S.2.145] 0,0
109	Tiefengeothermie		2,4 [110] ...[111] 1,3
110	davon verstromt	4,3 [S.2.168]	2,4 [110] [78] [74] 1,3
111	davon Fernwärme Heizkraftwerke		0,0 [S.2.178] 0,0
112	Solarthermie		0,8 [S.2.10] 0,5
113	Umgebungswärme		23,0 [114] ...[115] 12,6
114	davon Luftgekoppelt		14,6 [S.2.153] 8,0
115	davon Erdgekoppelt		8,4 [S.2.159] 4,6
116	Laufwasser	0,3 [S.2.46]	0,1 [116] [78] [74] 0,1

117 Der Strombeitrag zur Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen wird gebildet aus der jeweiligen Bruttostromerzeugung

118 über das Verhältnis von Endenergiebereitstellung aus erneuerbarem Strom insgesamt [78] zur Bruttostromerzeugung erneuerbar insgesamt [74].

WT.9. Wertetab. Brennstoffanteil % - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

		2012	2020	2030	2040	2050
5	Brennstoffanteil relativ zum Primärenergieverbrauch im Jahr 2012					
6		2012	2020	2030	2040	2050
7	Primärenergieverbrauch gesamt	[10] [12] [14]		Linear interpoliert		[10] [12] [14]
8		100,0	91,3	80,3	69,4	58,5
9	Wärme direkt	[24] [22]		Linear interpoliert		[24] [22]
10	(%)	0,2	1,2	2,5	3,8	5,1
11	Strom direkt	[26] [22]		Linear interpoliert		[26] [22]
12	(%)	3,4	12,3	23,4	34,5	45,7
13	Brennstoffe gesamt	[16] [18]		Linear interpoliert		[16] [18]
14	(%)	96,4	77,7	54,4	31,1	7,7
15	Brennstoffe biogen	[30] [22]		Linear interpoliert		[30] [22]
16	(%)	7,5	7,5	7,6	7,7	7,7
17	Brennstoffe fossil/nuklear	[32] [22]		Linear interpoliert		[32] [22]
18	(%)	88,9	70,2	46,8	23,4	0,0
19						
20		2012	2020	2030	2040	2050
21	Primärenergieverbrauch gesamt	[24] [26] [28]		Linear interpoliert		[24] [26] [28]
22	(TWh/a)	469,3	428,3	377,0	325,7	274,4
23	Wärme direkt	WT.7.10		Linear interpoliert		WT.7.10
24	(TWh/a)	0,9	5,7	11,7	17,8	23,8
25	Strom direkt	WT.7.12		Linear interpoliert		WT.7.12
26	(TWh/a)	15,9	57,7	109,9	162,1	214,3
27	Brennstoffe gesamt	[30] [32]		Linear interpoliert		[30] [32]
28	(TWh/a)	452,5	364,9	255,3	145,8	36,2
29	Brennstoffe biogen	WT.7.16		Linear interpoliert		WT.7.16
30	(TWh/a)	35,1	35,3	35,6	35,9	36,2
31	Brennstoffe fossil/nuklear	WT.7.18		Linear interpoliert		WT.7.18
32	(TWh/a)	417,4	329,5	219,7	109,8	0,0

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
5 Szenario-Grunddaten				
7	Zielregion / Szenario		Niedersachsen 100%EE	
10	Regions-Kennung		Nds.	
13	Modell-Version		150826 [14]	
14	<i>Szenariostand für den 2. Runden Tisch Energiewende. Finale Version vom 26.08.2015. Edition vom 13.01.2016.</i>			
16	Autoren		Autorenteam (s. Bericht), vertreten durch	
18	Autorenteam (s. Bericht) vertreten durch Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich			
20	Simulationssystem* und Datenmodell erstellt durch Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt			
22	100prosim Softwareversion		150805	
24	*) 100prosim - 100-Prozent-Erneuerbare-Energen-Simulationssystem			
27	Betrachtungszeitpunkte	Jahr:	2012 [28]	2050 [30]
28	- STATUS-Ansatz: Für das Referenzmodell wurde aus Gründen der Datenverfügbarkeit das Jahr 2012 gewählt, für die Folgejahre war die Datenlage zum Entwicklungszeitpunkt noch nicht ausreichend. Bei den erneuerbaren Energien mit zum Teil hoher Ausbaudynamik wurden im Interesse größerer Aktualität soweit möglich Daten aus 2013 verwendet. Geringfügige Inkonsistenzen durch Verwendung von Daten aus zwei aufeinanderfolgenden Jahren wurden dafür in Kauf genommen.			
30	- ZIEL-Ansatz: Es wird die Situation im Jahr 2050 betrachtet, für das der erfolgte Übergang zu einer vollständig auf regenerativen Quellen basierenden, auf lange Sicht aufrecht zu erhaltenden Energieversorgung angenommen wird.			
32	Regions-Grunddaten			
34	Energieverbrauch ermittelt gemäß:		Solidar-Prinzip	
35	Nach dem Solidar-Prinzip kann die künftige Gesamtsituation einer postfossilen Energieversorgung gegenüber dem Verursacher-Prinzip [41] realistischer abbildet werden: Damit wird nicht nur der Energieverbrauch gedeckt, der von der Bevölkerung Niedersachsens verursacht wird, sondern auch Bevölkerungsteile benachbarter Ballungszentren mitversorgt, die nicht über ausreichend Flächen für eigene Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen verfügen. Umgekehrt führen die Energie-Exporte zu einer Stärkung der Wirtschaftskraft Niedersachsens.			
37	Energieverbraucher (nach Solidar-Prinzip)	%	10.734.539 [52]	9.452.211 [56]
40	Einwohner =Energieverbraucher nach Verursacher-Prinzip	%	7.778.995 [43]	6.838.500 [45]
41	Beim Verursacher-Prinzip wird der von der Bevölkerung Niedersachsens direkt und indirekt verursachte Energieverbrauch jeweils aus dem Deutschen Pro-Kopf-Verbrauch und der Bevölkerungszahl der Region errechnet. Damit können beispielsweise Verzerrungen durch die räumliche Verteilung von energieintensiver Industrie vermieden werden, wie sie bei der Erfassung des tatsächlichen Energieverbrauchs (Territorial-Prinzip) auftreten. Auf diese Weise bildet vielmehr das deutsche Verbrauchsniveau als Voraussetzung für den erreichten Lebensstandard einen stabilen Maßstab für die Bewertung der Ziel-Situation. Das Solidar-Prinzip [50] ist allerdings vorzuziehen, um auch dem Austausch zwischen ländlichen Regionen und Ballungsgebieten gerecht zu werden.			
43	- STATUS-Ansatz: GENESIS [9.172], Tabelle 173-21-5, Einwohner gesamt am 31.12.2012			
45	- ZIEL-Ansatz: Orientiert am Mittel der Schätzungen für die Bevölkerungsentwicklung in Niedersachsen bis 2050 [46] von -12,1 %, die nur wenig von der Schätzung für Deutschland [62] von -11,9 % abweicht. Dies wirkt sich als erhebliche Entlastung beim verursachten Energieverbrauch aus. Allerdings birgt das starke globale Bevölkerungswachstum von prognostizierten 38,0 % [47] erhebliche Unsicherheiten, weil der daraus resultierende Migrationsdruck schwer einschätzbar ist.			
46	Für Niedersachsen 2050 werden gemäß Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes [9.175] folgende Bevölkerungszahlen geschätzt: 7.045.000 (Obergrenze), 6.632.000 (Untergrenze). Der Mittelwert beträgt 6.838.500 entsprechend einer Bevölkerungsentwicklung gegenüber dem Status [40] von -12,1% .			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
47	Gemäß Prognose der UN [9.186] wird eine Zunahme der Weltbevölkerung von 6,9 Milliarden (2010) auf 9,6 Milliarden geschätzt, entsprechend einem Zuwachs von 38,0% .			
49	Energieverbraucher nach Solidar-Prinzip	%	10.734.539 [52]	9.452.211 [56]
50	Nach dem Solidar-Prinzip kann die künftige Gesamtsituation einer postfossilen Energieversorgung gegenüber dem Verursacher-Prinzip [41] realistischer abbildet werden: Damit wird nicht nur der Energieverbrauch gedeckt, der von der Bevölkerung Niedersachsens verursacht wird, sondern auch Bevölkerungsteile benachbarter Ballungszentren mitversorgt, die nicht über ausreichend Flächen für eigene Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen verfügen. Umgekehrt führen die Energie-Exporte zu einer Stärkung der Wirtschaftskraft Niedersachsens.			
52	- STATUS-Ansatz: 10.734.539 Energieverbraucher sind von der Fläche der betrachteten Region [65] zu versorgen unter der Annahme einer durchschnittlichen deutschen Bevölkerungsdichte entsprechend Einwohnerzahl [53] / Bodenfläche [54].			
53	Einwohnerzahl Deutschland 31.12.2012 gemäß GENESIS [59]: 80.523.746.			
54	Bodenfläche Deutschland 31.12.2012 gemäß GENESIS [9.172], Tabelle 449-01-5: 35.716.856 ha.			
56	- ZIEL-Ansatz: 9.452.211 Energieverbraucher sollen von der Fläche Niedersachsens [64] versorgt werden unter der Annahme einer durchschnittlichen deutschen Bevölkerungsdichte entsprechend Einwohnerzahl [61] / Bodenfläche [54]. In Bezug auf den Energieverbrauch der Einwohner Niedersachsens werden zusätzliche 38% Energie im Land gewonnen und in benachbarte Ballungszentren exportiert. In Bezug auf die im Land gewonnene Energie werden 72% von den Einwohnern Niedersachsens verbraucht und der Rest exportiert.			
58	Einwohner Deutschlands (Referenz)	%	80.523.746 [59]	70.904.530 [61]
59	- STATUS-Ansatz: GENESIS [9.172], Tabelle 173-21-5, Einwohner gesamt am 31.12.2012.			
61	- ZIEL-Ansatz: Orientiert am Mittel der Schätzungen für die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis 2050 [62] von -11,9 %. Dies wirkt sich als erhebliche Entlastung beim verursachten Energieverbrauch aus. Allerdings birgt das starke globale Bevölkerungswachstum von prognostizierten 38,0 % [47] erhebliche Unsicherheiten, weil der daraus resultierende Migrationsdruck schwer einschätzbar ist.			
62	Für Deutschland 2050 werden gemäß Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes [9.175] folgende Bevölkerungszahlen geschätzt: 73,6 Millionen (Obergrenze), 69,4 Millionen (Untergrenze). Der Mittelwert beträgt 71,5 Millionen entsprechend einer Bevölkerungsentwicklung gegenüber dem Status (81,2 Millionen) von -11,9% .			
64	Bodenfläche gesamt	ha	4.761.378 [65]	4.761.378 [67]
65	- STATUS-Ansatz: Gemäß GENESIS [9.172], Tabelle 449-01-5 , Jahr 2012.			
67	- ZIEL-Ansatz: Die Bodenfläche der Region bildet einen zentralen Bezugsrahmen, aus methodischen Gründen ist die Ziel-Fläche identisch mit der Status-Fläche.			
69	Gebäude- & Freifläche (Siedlung)	ha	351.478 [70]	408.053 [72]
70	- STATUS-Ansatz: Gemäß GENESIS [9.172], Tabelle 449-01-5, Jahr 2012.			
72	- ZIEL-Ansatz: Da der Flächenverbrauch für Siedlungszwecke vor allem zu Lasten der landwirtschaftlichen Flächen geht, kommt der Reduzierung des Flächenverbrauchs große Bedeutung zu (s. [9.145] S. 3. Der getroffene Ansatz für die Flächenzunahme resultiert daher aus einer optimistischen Annahme gemäß [73], von der die bisherige Praxis noch weit entfernt ist.			
73	Um 56.575 ha würden die Gebäude- und Freiflächen Niedersachsens bis zum Jahr 2050 wachsen unter der Annahme, dass der Flächenverbrauch gemäß der Projektion der Nds. Kommission Flächenverbrauch und Bodenschutz [9.145], Abb. 2, S. 5 von 10 ha pro Tag 2010 zunächst bis 2020 auf 3 ha/d zurückgeführt und dann auf diesem Wert gehalten werden könnte.			
75	Landwirtschaftsfläche (LF)	ha	2.639.468 [76]	2.582.893 [78]
76	- STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 23, Jahr 2013.			
78	- ZIEL-Ansatz: Der Flächenverbrauch für Siedlungszwecke (Verkehr wird hier mit eingeschlossen) von 56.575 ha gemäß [73] geht zu Lasten der Landwirtschaftsfläche, die sich entsprechend verringert. Eine weitere Ausweitung der Waldflächen [100] zu Lasten der Landwirtschaftsflächen entsprechend dem Trend der zurückliegenden Zeit wird hier nicht angenommen.			
80	Ackerland	ha	1.880.000 [81]	1.766.434 [83]
81	- STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 46, Jahr 2013.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
83	- ZIEL-Ansatz: 1.766.434 ha resultieren aus der Annahme, dass die Abnahme der Landwirtschaftsfläche um 56.575 ha [75] voll zu Lasten der Ackerfläche geht (siehe dazu Dauergrünland [93]) und dass 57.291 ha belegt sind mit der Hälfte des Zuwachses an Freiflächen-Solaranlagen [129]. Dabei werden die Rahmenbedingungen der Landwirtschaft als bestenfalls konstant angenommen [371].			
85	Getreide-Anbaufl. (Stroh)	ha	898.000 [86]	898.000 [88]
86	- STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 47, Jahr 2013.			
88	- ZIEL-Ansatz: Im langjährigen Durchschnitt (1990-2012) wurden rund 910.000 ha für Getreideanbau genutzt, von 2010 bis 2012 war gemäß [9.114], AC1002.x eine starke Abnahme zu verzeichnen, die aber im Widerspruch zu [86] steht. Da die Einflüsse auf die künftige Entwicklung der Getreideanbaufläche vielfältig, komplex und schwer einschätzbar sind (siehe [371]), ist der Ansatz am obigen Statuswert orientiert.			
90	Dauergrünland	ha	691.600 [91]	634.309 [93]
91	- STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 46, Jahr 2013.			
93	- ZIEL-Ansatz: 634.309 ha resultieren aus der Annahme einer gleichbleibenden Dauergrünlandfläche [94], wovon allerdings 57.291 ha belegt sind mit der Hälfte des Zuwachses an Freiflächen-Solaranlagen [129]. Wenn organische Böden dafür vorgesehen werden, bietet sich diese Fläche an zur Wiedervernässung als Beitrag zum Klimaschutz.			
94	Ausgehend vom Jahr 1990 ist eine stetige Abnahme der Dauergrünlandnutzung von anfänglich 910.000 ha [9.114], Tab. AC1002.x auf 691.600 [92] zu verzeichnen. Der mit der Umwandlung ehemaliger Moorflächen in Ackerland verbundene Anstieg der Treibhausgas-Emissionen wird aus Klimaschutz-Gründen als nicht fortsetzbar angesehen, hier wird von einer gleichbleibenden Fläche ausgegangen. Es könnte sich allerdings zeigen, dass für den Klimaschutz eine Ausweitung und Wiedervernässung organischer Böden unumgänglich ist.			
96	Waldfläche	ha	1.204.591 [97]	1.204.591 [100]
97	- STATUS-Ansatz: Abweichend von der Standardquelle GENESIS [98] wird im Fall der Waldfläche aus Konsistenzgründen das erheblich abweichende Ergebnis der Bundeswaldinventur 3 (Stichjahr 2013) zugrunde gelegt [9.131], S. 11.			
98	Gemäß GENESIS [9.172], Tabelle 449-01-5, betrug im Jahr 2012 die Waldfläche in Niedersachsen 1.042.106 ha. Allerdings ist die Angabe mit dem Hinweis versehen, dass eine Ablösung der bisherigen Liegenschaftssystems bevorsteht, nach der z. B. Flächen anderer Nutzung aufgelöst und teilweise auf Waldflächen umgebucht werden .			
100	- ZIEL-Ansatz: Fortschreibung des Status Quo in Übereinstimmung mit THGND [101]. Die Bedeutung der Wälder für den Naturhaushalt und teilweise stark eingeschränkte anderweitige Nutzbarkeit sprechen gegen eine Verringerung der Waldflächen.			
101	"Treibhausgasneutrales Deutschland 2050" [9.183], S. 305: "Die Aufforstung neuer Flächen konkurriert um anderweitige Flächennutzungsformen (...) Angesichts einer Abnahme der landwirtschaftlichen Nutzfläche bis 2050 um fast 1,5 Mio ha (Deutschland) wird davon ausgegangen, dass keine weiteren Flächen zur Aufforstung zur Verfügung stehen."			
103	Anteil an deutscher Waldfläche	%	10,55 [104]	10,55 [107]
104	- STATUS-Ansatz: Abweichend von der Standardquelle GENESIS [105] wird im Fall der Waldfläche aus Konsistenzgründen das erheblich abweichende Ergebnis der Bundeswaldinventur 3 (Stichjahr 2013) zugrunde gelegt [9.48], S. 7. Bezogen auf die Waldfläche Deutschlands Jahr 2013 von 11.419.124 [9.48], S. 7, hatte die Niedersächsische Waldfläche [96] einen Anteil von 10,55 %.			
105	Gemäß GENESIS [9.173], Tabelle 449-01-5, betrug im Jahr 2012 die Waldfläche in Deutschland 10.796.986 ha. Allerdings ist die Angabe mit dem Hinweis versehen, dass eine Ablösung der bisherigen Liegenschaftssystems bevorsteht, nach der z. B. Flächen anderer Nutzung aufgelöst und teilweise auf Waldflächen umgebucht werden .			
107	- ZIEL-Ansatz: Status-Ansatz wird beibehalten, da keine gravierenden Veränderungen zu erwarten sind.			
109	Potenzial forstwirtschaftlich nutzbarer Waldfläche	ha	1.200.091 [110]	1.127.571 [113]
110	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus der gesamten Waldfläche [96] abzüglich der bereits bestehenden Naturwälder [111].			
111	Niedersächsische Landesforsten [9.125]: "Naturwälder (in Deutschland häufig auch als Naturwaldreservate bezeichnet) sind Waldflächen in denen auf Nutzungs- und Pflegemaßnahmen verzichtet wird, damit eine durch menschliche Eingriffe ungestörte Entwicklung ablaufen kann. (...) Mit insgesamt 106 Naturwäldern und einer Fläche von rund 4.500 ha nimmt Niedersachsen deutschlandweit einen der vorderen Plätze bei der Ausweisung von Naturwaldreservaten ein."			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
113 - <i>ZIEL-Ansatz: Unter Zugrundelegung der Ziele zum Jahr 2020 für die Naturwaldentwicklung - zum einen des Landwirtschaftsministeriums von 10% für die Landesforsten [114] (Anteil von 335.813 ha [9.131], S. 13, an der gesamten Waldfläche [100]) und zum anderen 5% für die übrigen Waldflächen gemäß Zielsetzung der Bundesregierung [116] - sind 77.020 ha aus der forstwirtschaftlichen Nutzung zu nehmen, das sind 6,4 der Waldfläche. Damit bleiben 1.127.571 ha Wirtschaftswaldfläche.</i>			
114 Niedersächsisches Landwirtschaftsministerium 2013 [9.128] : "Unsere Landesforsten haben mit dem Nationalpark Harz und vielen weiteren FFH-Gebieten schon einen hohen Anteil an Naturwaldflächen", sagte Meyer. Er sei deshalb sicher, 'dass wir die Vorgaben für die niedersächsischen Landesforsten mit zehn Prozent bis 2020 fachlich versiert auf jeden Fall erreichen werden'."			
116 Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung von 2007 [9.54], S. 28, 31: "Bis zum Jahre 2020 kann sich die Natur auf 2 % der Fläche Deutschlands wieder nach ihren eigenen Gesetzmäßigkeiten ungestört entwickeln und Wildnis entstehen (...) 2020 beträgt der Flächenanteil der Wälder mit natürlicher Waldentwicklung 5 % der Waldfläche."			
118 Solarenergie			
120 Solare Absorberfläche auf Dächern	ha	1.825 [121]	28.600 [126]
121 - STATUS-Ansatz: Die solare Absorberfläche auf Dächern von 1.825 ha resultiert aus der Summe von solarthermischen Flach- und Röhrenkollektoren zur Wärmegegewinnung gemäß [122] und Photovoltaikmodulen zur Stromgewinnung gemäß [123].			
122 Die solarthermischen Flach- und Röhrenkollektoren zur Wärmegegewinnung belegten eine Fläche von 160,0 ha gemäß [139]. Sie werden hier komplett den Dachflächen zugerechnet, da sie zur Vermeidung von Verlusten beim Wärmetransport meist verbrauchsnahe auf Gebäuden installiert sind.			
123 Insgesamt waren 2013 gemäß AEE [9.16] , Zeile 57, in Niedersachsen 3283 MWp PV installiert. Mit einer Flächeninanspruchnahme von 7 m ² /kWp [155] resultiert daraus eine PV-Modulfläche von 2.298 ha. Zur Verteilung der Gesamtfläche auf Dach- und Freiflächenanlagen wurden alle Anlagen mit einer Leistung kleiner 200 kWp als Dachflächenanlagen gewertet, das sind 72,5% der installierten Gesamtleistung [124]. Danach entfallen auf Dachflächenanlagen 1.665 ha.			
124 72,5% der gegenwärtig erfassten Photovoltaik-Leistung in Niedersachsen entfällt auf Anlagen mit einer Nennleistung unter 200 kWp, das ergibt eine Auswertung der EEG-Anlagenstammdaten [9.122].			
126 - <i>ZIEL-Ansatz: 28.600 ha solare Absorberfläche auf Dächern. Damit wird rechnerisch 75,0 % des Potenzials an geeigneten Dachflächen (Ausrichtung, keine Verschattung) in Niedersachsen genutzt, das mit Übertragung der Solardachkataster-Ergebnisse vom Landkreis Osnabrück auf Niedersachsen abgeschätzt wurde [127]. Unter der Annahme, dass im Idealfall der Solidaranteil an Absorbern komplett auf Dachflächen in den Ballungsgebieten selbst unterzubringen wäre, würden für die Eigenversorgung Niedersachsens (nach dem Verhältnis der Einwohnerzahlen [45]/[56]) aber nur 20.692 ha entsprechend 54,3% der Dachflächen tatsächlich beansprucht.</i>			
127 Im Landkreis Osnabrück sind gemäß Solardachkataster [9.119] von sämtlichen Dachflächen 47 % solar geeignet (12 % sehr gut, 12 % gut, 23 % bedingt nach heutigen wirtschaftlichen Maßstäben), das sind 1.589 ha. Bezogen auf die 16.999 ha Gebäude- und Freiflächen im Landkreis sind das 9,3 % solar geeignete Dachflächen. Diese Kennzahl in Ermangelung eines flächendeckenden Solarkatasters auf Niedersachsen mit 408.053 ha Gebäude- und Freiflächen übertragen, ergibt ein solar geeignetes Dachflächenpotenzial von 38.134 ha.			
129 Solar genutzte Freiflächen	ha	2.088 [130]	116.670 [133]
130 - STATUS-Ansatz: Solare Freiflächenanlagen dienen nahezu vollständig der Stromgewinnung mit Photovoltaikmodulen, da Solarthermie gewöhnlich verbrauchsnahe auf Dachflächen erfolgt [122]. Von der gesamten PV-Modulfläche mit 2.298 ha [123] sind 1665 ha auf Dächern installiert [123]. 633 ha PV-Modulfläche entfallen somit auf Freiflächenanlagen. Zur Vermeidung gegenseitiger Abschattung sind Abstandsflächen erforderlich. Die Größe der beanspruchten Freiflächen liegt im Fall der heute üblichen Südausrichtung gemäß [131] beim 3,3-fachen der aufgestellten Modulfläche, das sind in diesem Fall 2.088 ha.			
131 "...im Freiland werden Module aufgeständert, um ihren Ertrag zu erhöhen. Bei Südausrichtung und entsprechender Beabstandung belegen sie ungefähr das 2,5-fache ihrer eigenen Fläche." [198], Seite 23. Dieser Wert gilt für durchschnittliche deutsche Verhältnisse, der niedrigere Sonnenstand in Norddeutschland erfordert allerdings einen größeren Anstellwinkel und damit einen größeren Modulabstand, so dass hier nach eigenen Untersuchungen das 3,3-fache der Modulfläche anzunehmen ist.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
<p>133 - ZIEL-Ansatz: Als Beitrag zur Deckung des Strombedarfs sind 116.670 ha PV-Freiflächenanlagen vorgesehen (gemäß [131] unter Beibehaltung der heutigen Südausrichtung entspricht das einer PV-Modulfläche von 35.355 ha; bei Aufstellung in Ost-/West-Ausrichtung mit 10° Neigung läge der spezifische Flächenbedarf um den Faktor von ca. 2,5 niedriger [135], allerdings wäre wegen der stärkeren Konzentration auf hohen Sonnenstand der Bedarf an Langzeit-Stromspeicherkapazität erheblich größer, dies ist im aktuellen Softwarestand nicht modellierbar).</p> <p>Es ist davon auszugehen, dass ein gewisser Teil der im Rahmen des Solidarprinzips hier vorgesehenen Freiflächenanlagen in den Ballungsgebieten selbst untergebracht werden und damit die Landwirtschaftsflächen in Niedersachsen entlastet werden könnten (z. B. Parkplatz- und Verkehrsflächenüberdachung), allerdings fehlt es dazu an belastbaren Daten.</p>			
<p>134 Damit sind mit PV-Freiflächenanlagen 4,517 % der Landwirtschaftsfläche [75] belegt, je zur Hälfte auf Ackerland [83] und auf Dauergrünland [93]. Ein somit relativ geringer Anteil von Flächen-Umnutzung erscheint einerseits wegen eines vielfachen Energieertrages gegenüber Bioenergie sinnvoll und andererseits unkritisch, wenn er durch entsprechend eingeschränkte NAWARO-Anbauflächen für Bioenergie [368] bzw. durch Aufstellung auf Dauergrünland [93] ausgeglichen wird. PV auf Ackerland bringt mit 545 MWh/ha/a [161] den 13-fachen Energieertrag gegenüber Biogas mit 42,4 MWh/ha/a [373].</p>			
<p>135 Hinweis in der Stellungnahme vom Institut für Solarforschung Hameln: "Für eine flächenoptimierte Energieerzeugung sollte ein flacher (z. B. 10°) Anstellwinkel und eine Ost-West-Richtung ausgewählt werden. Dies reduziert den Ertrag pro Solarmodul auf ca. 85 % (LK OS 2012). Der Flächenenertrag steigt dadurch aber um einen Faktor 2,6 im Vergleich zur Südausrichtung, da die Solarmodule in geringerem Abstand zueinander montiert werden können."</p>			
<p>137 Solarthermie - Nutzanteil an Dach-Absorberflächen</p>	%	8,8 [138]	0,6 [141]
<p>138 - STATUS-Ansatz: Fläche der solarthermischen Flach- und Röhrenkollektoren von 160,0 ha gemäß [139] relativ zu 1.825 ha solar genutzten Dachflächen gemäß [120].</p>			
<p>139 Gemäß AEE [9.16] Zeile 213 waren 2013 in Niedersachsen 1.599.700 qm Solarthermie-Kollektorfläche installiert.</p>			
<p>141 - ZIEL-Ansatz: Mit 160 ha Solarthermie-Fläche entsprechend 0,6% der gesamten Solardachfläche [126] wurde auf einen weiteren Ausbau verzichtet, da die Technologie in der warmen Jahreszeit redundant zur Kombination Photovoltaik/Wärmepumpe ist, die für die kalte Jahreszeit als Kombination Windenergie/Wärmepumpe ohnehin erforderlich ist und geringere Bereitstellungsverluste aufweist.</p>			
<p>143 Solarthermie - Energieertrag (Kollektorfläche)</p>	MWh/ha/a	3.563 [144]	5.250 [146]
<p>144 - STATUS-Ansatz: Gemäß AEE [9.16] Zeile 195 lag die Wärmeerzeugung aus Solarthermie 2013 in Niedersachsen bei 570 GWh/a. In Bezug zur installierten Kollektorfläche [139] resultiert ein Energieertrag von 3.563 MWh/ha/a.</p>			
<p>146 - ZIEL-Ansatz: Gemäß ISFH-Stellungnahme [9.142] ist bis zum Jahr 2050 eine erhebliche Steigerung der Energieerträge aus Solarthermie auf 500 bis 550 kWh/m²/a zu erwarten. Daran orientiert wurde hier der Mittelwert der angegebenen Spanne angesetzt.</p>			
<p>148 Photovoltaik - Nutzanteil an Dach-Absorberflächen</p>	%	91,2 [149]	99,4 [151]
<p>149 - STATUS-Ansatz: Die nicht durch Solarthermie beanspruchten solaren Dachflächen werden mit Photovoltaik genutzt. Gesamt-Absorberfläche (= 100%) abzüglich Solarthermie-Nutzanteil gemäß [137].</p>			
<p>151 - ZIEL-Ansatz: Die nicht durch Solarthermie beanspruchten solaren Dachflächen werden mit Photovoltaik genutzt. Gesamt-Absorberfläche (= 100%) abzüglich Solarthermie-Nutzanteil gemäß [137].</p>			
<p>153 Photovoltaik - Energieertrag (Modulfläche)</p>	MWh/ha/a	1.284 [154]	1.798 [158]
<p>154 - STATUS-Ansatz: Aus der mittleren jährlichen Ausnutzungsdauer gemäß [167] und einem angenommenen spezifischen Flächenbedarf gemäß [155], plausibilisiert mit [156], ergibt sich für die heutigen PV-Dachanlagen ein durchschnittlicher Energieertrag von 1.284 MWh/ha/a.</p>			
<p>155 "In Deutschland werden (...) spezifische Erträge um 900 kWh/kWp erzielt. Pro Quadratmeter Modulen entspricht dies ca. 130 kWh, bei Spitzenmodulen ca. 180 kWh. " [9.198], Seite 23 (2012). Aus dem Wert für die Standardmodule resultiert ein spezifischer Flächenbedarf von gerundet 7,0 qm/kWp, der hier als Durchschnitt für den Anlagenbestand zugrunde gelegt wird.</p>			
<p>156 "Pro 1 kWp elektrischer Leistung wird eine Fläche von ca. 7 m² benötigt." [9.72].</p>			
<p>158 - ZIEL-Ansatz: Mit einem durch technische Innovation verringerten spezifischen Flächenbedarf von 5 qm/kWp gemäß [159] und einer jährlichen Ausnutzungsdauer von 899 kWh/kWp gemäß [169] ergibt sich ein Energieertrag von 1.798 MWh/ha/a.</p>			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
<p>159 "In Deutschland werden (...) spezifische Erträge um 900 kWh/kWp erzielt. Pro Quadratmeter Modulen entspricht dies ca. 130 kWh, bei Spitzenmodulen ca. 180 kWh. " [9.198], Seite 23 (2012). Daraus resultiert für Spitzenmodule ein spezifischer Flächenbedarf von rund 5,0 qm/kWp, der hier als ein durch technische Innovation erreichbar erscheinender Durchschnittswert für einen künftigen Anlagenpark zugrunde gelegt wird.</p>			
161 Photovoltaik - Energieertrag (Freifläche)	MWh/ha/a	389 [162]	545 [164]
<p>162 - STATUS-Ansatz: Aus dem auf PV-Module bezogenen Energieertrag (1.284 MWh/ha/a gemäß [154]) und dem erhöhten Flächenbedarf für unverschattete Modulaufstellung (3,3-faches der Modulfläche gemäß [131]) resultiert für PV-Freiflächen ein durchschnittlicher Energieertrag von 389 MWh/ha/a.</p>			
<p>164 - ZIEL-Ansatz: Aus dem auf PV-Module bezogenen Energieertrag (1.798 MWh/ha/a gemäß [158]) und dem erhöhten Flächenbedarf für unverschattete Modulaufstellung (3,3-faches der Modulfläche gemäß [131]) resultiert für PV-Freiflächen ein durchschnittlicher Energieertrag von 545 MWh/ha/a.</p>			
166 Photovoltaik - Vollbetriebsstunden jährlich	h/a	899 [167]	899 [169]
<p>167 - STATUS-Ansatz: Gemäß AEE [9.16], Zeile 137, lag die mittlere jährliche Ausnutzungsdauer (Vollbetriebsstunden) von Photovoltaik in Niedersachsen 2009 bis 2013 bei 899 kWh/kWp (Einzelwerte: 917, 863, 940, 904, 871).</p>			
<p>169 - ZIEL-Ansatz: Unter der Annahme eines gleichbleibenden Modul-Ausrichtungsspektrums und dass Klimaveränderungen ohne Einfluss auf die Strahlungsverhältnisse bleiben, wird für Niedersachsen von einer jährlichen Ausnutzungsdauer (Vollbetriebsstunden) wie in den vergangenen Jahren von 899 kWh/kWp [167] ausgegangen.</p>			
171 Windenergie Onshore			
173 Windenergie Flächenpotenzial	ha	588.700 [174]	470.960 [179]
<p>174 - STATUS-Ansatz: Gemäß einer Studie von BWE/IWES [9.63], S. 76, verfügt Niedersachsen über eine für die Aufstellung von Windenergieanlagen ohne Restriktionen nutzbare Fläche [175] von 5.887 qkm, die hier als technisches Flächenpotenzial übernommen wird. Die Studien-Ergebnisse sind mit Unsicherheiten behaftet (siehe Seite 46), erscheinen zurzeit jedoch als die am besten geeignete Grundlage.</p>			
<p>175 "Nutzbare Flächen ohne Restriktionen sind die als nutzbar berechneten Flächen [176], die außerhalb von Wald- und Schutzgebieten liegen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um verschiedene Formen landwirtschaftlicher Flächen (...) sowie Wiesen und Weiden, Heiden und Grünland." [9.63] S. 12.</p>			
<p>176 "Im Rahmen der Studie werden Ausschlussflächen definiert, die für Windenergie nicht nutzbar sind. Hierzu gehören u. a. bebaute Flächen, Gewässer, Gletscher, und Dauerschneegebiete oder in Gezeitenzonen liegende Flächen. Darüber hinaus werden auch Flächen ausgeschlossen, auf denen Straßen, Schienen oder Hochspannungsleitungen verlaufen." [9.63] S. 13.</p>			
<p>177 "Neben diesem direkten Ausschluss (s. oben) gibt es einen Ausschluss durch Puffer. So werden z. B. einzuhaltende Abstände von Windenergieanlagen zu Siedlungen (1.000 m), Straßen (100 m) oder größeren schiffbaren Flüssen (300 m) angenommen. (...) In der Studie werden die nicht nutzbaren Schutzgebiete noch mit einem Abstand von 200 m gepuffert." [9.63] S. 13, 15.</p>			
<p>179 - ZIEL-Ansatz: Die Potenzialermittlung für die zur Aufstellung von Windenergieanlagen ohne Restriktionen nutzbaren Flächen auf Grundlage der Studie von BWE/IWES aufgrund heutiger räumlicher Gegebenheiten (siehe Status-Ansatz [174]) wird übernommen, allerdings mit einem pauschal angesetzten Abschlag von 20% zur Berücksichtigung nicht ausreichend einschätzbarer Veränderungen der räumlichen Gegebenheiten (Ausweitung der besiedelten Bereiche, Verkehrswege, Schutzgebiete usw.). Daraus resultiert ein Flächenpotenzial von 470.960 ha für Niedersachsen. Eine Variation der Puffer-Distanzen [177] auf Bundesland-Ebene war nicht Gegenstand der Studie, nach einer auf die Gesamfläche Deutschlands bezogenen Sensitivitätsanalyse wären jedoch gravierende Einflüsse [180] zu erwarten.</p>			
<p>180 "Insgesamt hat die Pufferung einen entscheidenden Einfluss auf die verfügbaren Flächen. (...) Die Reduktion des Puffers um 50 % führt zu einer Erhöhung der Fläche ohne Restriktionen um fast das 2,5-fache (+142%) und eine Erhöhung des Puffers um denselben Wert führt zu einer Reduktion der Fläche auf ein Drittel des Basiswerts." [9.63] S. 13, 15.</p>			
188 Windparkfläche	ha	28.608 [189]	99.500 [192]
<p>189 - STATUS-Ansatz: 28.608 ha Windparkfläche wurden von Windenergieanlagen in Niedersachsen 2013 beansprucht, das resultiert aus einer installierten Leistung von 7.490 MW [190] und einer spezifischen Flächenbeanspruchung von 3,82 ha/MW [199].</p>			
<p>190 7.490 MW installierte Onshore-Windenergie-Leistung resultieren als Jahresdurchschnitt für 2013 unter der Annahme eines linear über das Jahr verteilten Zubaus: 7.664 MW betrug Ende 2013 die installierte Leistung der Onshore-Windenergie in Niedersachsen [9.22] Zeile 68, Ende 2012 waren es 7.315 MW.</p>			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
192 - ZIEL-Ansatz: 99.500 ha Windparkfläche resultieren aus der Annahme von 2,1 % der Bodenfläche Niedersachsens [64], die als Beitrag der Onshore-Windenergie zur Abdeckung des Strombedarfs gewählt wurden.			
197 Spezifischer Flächenbedarf Onshore-Windenergie	ha/MW	3,82 [198]	3,67 [202]
198 - STATUS-Ansatz: Als Grundlage für die Abschätzung des Windenergie-Flächenbedarfs wird in Ermangelung geeigneter statistischer Daten die spezifische Erntefläche von 3,82 ha/MW gemäß [199] verwendet.			
199 3,82 ha/MW spezifische Erntefläche für den Anlagenbestand in Niedersachsen 2013 resultiert aus einer Status-repräsentativen Referenzanlage: 1,4 MW Nennleistung gemäß AEE [9.22] Zeile 108, Rotorflächen-/Nennleistungs-Verhältnis 2,00 qm/kW gemäß [200], 2.800 qm Rotorfläche entsprechend 59,7 m Rotordurchmesser. Mit den üblichen Mindestabständen von 5 Rotordurchmessern in Hauptwindrichtung mal 3 Rotordurchmessern rechtwinklig dazu resultiert für die Referenzanlage eine Erntefläche von 5,35 ha und damit eine spezifische Erntefläche von 3,82 ha/MW.			
200 Annahme des durchschnittlichen Rotorfläche-/Nennleistungs-Verhältnis von 2,00 qm/kW für die Status-repräsentative Referenzanlage - in Anlehnung an das nach installierter Leistung gewichtete Mittel der zwischen 1992 und 2013 von ENERCON hergestellten Windenergieanlagen von 2,19 qm/kW (Maximum bei Schwachwindanlagen: 2,67, Minimum bei Starkwindanlagen: 1,72). Der etwas reduzierte Ansatz erfolgte vor dem Hintergrund, dass die guten Windverhältnisse in Niedersachsen überwiegend Starkwindanlagen vermuten lassen.			
202 - ZIEL-Ansatz: 3,67 ha/MW beträgt gemäß [203] die durchschnittliche Flächenbeanspruchung künftiger Windparks unter Berücksichtigung der räumlichen Verhältnisse in Niedersachsen bei einer Beanspruchung von 2% der Bodenfläche. Es wird hier angenommen, dass dieser Wert in guter Näherung auch für andere Beanspruchungen in der Nähe dieses Wertes gilt. Der gegenüber dem Status geringere Wert resultiert aus der Anwendung unterschiedlicher Ermittlungsmethoden: Die Summe der Ernteflächen [199] enthält auch die Flächenanteile, die über die Windparkgrenzen hinausragen, während die GIS-Ermittlung ausschließlich die von Windenergieanlagenstandorten umgrenzte Fläche erfasst.			
203 In der Studie [9.63] S. 77 wurde aufgrund von GIS-Analysen mit einem Raster von 100 mal 100 Meter ermittelt, dass bei Beanspruchung von 2 % der Bodenfläche Niedersachsens entsprechend 95.504 ha für Windparks eine Nennleistung von 26 GW installierbar ist. Daraus resultiert ein spezifischer Flächenbedarf von 3,67 ha/MW . Als beanspruchte Fläche wurden dabei die von Anlagen belegten Rasterelemente und die zwischen benachbarten Anlagen gelegenen Rasterelemente innerhalb der jeweiligen Windparkfläche gewertet.			
205 Onshore: Vollbetriebsstunden jährlich	h/a	1.685 [206]	2.316 [209]
206 - STATUS-Ansatz: Mit 1.685 Vollbetriebsstunden waren die Windenergieanlagen 2013 in Niedersachsen im Einsatz, resultierend aus 12.623 GWh Stromerzeugung [207] und 7.490 MW [190] installierter Leistung.			
207 Der Wert für die Stromerzeugung aus Windenergie in 2013 war noch nicht verfügbar. Ersatzweise wird die Stromerzeugung im Jahr 2012 [9.22], Zeile 12, 68, von 12.048 GWh über das Verhältnis der installierten Leistung hochgerechnet: 7.315 MW (2012) - 7.664 MW (2013). Daraus resultiert eine geschätzte Stromerzeugung von 12.623 GWh 2013.			
209 - ZIEL-Ansatz: Der belegte, aber bezüglich der künftigen Entwicklung der Nabenhöhen konservative Ansatz gemäß [212] wird im Interesse minimaler Flächenbeanspruchung durch eine optimistische Annahme von 2.316 Vollbetriebsstunden gemäß [210] ersetzt. Auf eine Verringerung des in der Studie angenommenen Verhältnisses von Generatorleistung zur Rotorkreisfläche wurde jedoch verzichtet, obwohl damit eine weitere Erhöhung der Vollbetriebsstundenzahl verbunden wäre (wie zum Beispiel in einer Agora-Studie angegeben [9.34] S. 10). Dies wäre nämlich mit einem steigenden Flächenbedarf verbunden, weil die Verwertbarkeitsgrenze starker Winde schon bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten erreicht wäre. Zur Präzisierung der hier getroffenen, mit Unsicherheiten verbundenen Abschätzung wären weitere GIS-Analysen angeraten.			
210 Eine Steigerung der in der Studie [212] für Windenergie in Niedersachsen ermittelten Erträge und damit der mittleren Vollbetriebsstundenzahl um 7,94% auf 2.316 h/a lässt sich durch eine Steigerung der Nabenhöhen gemäß [211] erreichen. Dies resultiert aus einer Abschätzung aufgrund der von FWG veröffentlichten EEG-Referenzerträge von existierenden Anlagentypen mit verschiedenen Nabenhöhen und Extrapolation, exemplarisch wurde das ENERCON-Typenspektrum oberhalb 2 MW Nennleistung verwendet [9.81]: Ertragssteigerung Starkwindanlagen um 12,06% durch Erhöhung der NH 100 m auf 150 m, bei Schwachwindanlagen um 3,81% durch NH 150 m auf 170 m. Unter Annahme gleicher Anteile an Stark- und Schwachwindanlagen resultiert die oben angegebene durchschnittliche Ertragssteigerung.			
211 'Erträge und resultierende Vollbetriebsstunden gemäß [212] wären durch größere Nabenhöhen steigerbar. In einer Agora-Studie [9.34], S. 9, mit dem Zeithorizont 2033 werden durchschnittliche Nabenhöhen von 120 m für Starkwind- bzw. 150 m für Schwachwindanlagen erwartet und darauf verwiesen, dass hohe Türme auch 200 Meter erreichen können. Um eine minimale Flächenbeanspruchung zu erreichen, werden hier für das Zieljahr 2050 Nabenhöhen von 150 Metern (Starkwindstandorte) und 170 Metern (Schwachwindstandorte) angenommen.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
212	2.146 Vollbetriebsstunden können in Niedersachsen im Mittel gemäß [9.63] S. 77 erreicht werden, wenn die gesamte für Windenergie nutzbare Fläche von 25,8 % der Landesfläche vollständig belegt würde mit einer installierten Leistung von 292 GW und einer daraus resultierenden Jahresproduktion von 627 TWh/a. Im Rahmen der angewendete GIS-Analyse mit einem Raster von 100 mal 100 Metern wurden die restriktionsfreien und die eingeschränkt nutzbaren Flächen ermittelt und unter Einhaltung der erforderlichen Abstände mit Anlagen besetzt. Je nach Standortgüte wurden Starkwind-Referenzanlagen (Nabenhöhe 100 m, Rotorfläche/Generatorleistung 2,6 qm/kW) oder Schwachwindanlagen (Nabenhöhe 150 m, Rotorfläche/Generatorleistung 3,5 qm/kW) eingesetzt und die jährlich erreichbare Stromproduktion ermittelt. Aus den Summen von Stromproduktion und installierter Leistung resultiert die Vollbetriebsstundenzahl.			
214	Windenergie Offshore			
216	Offshore Deutschland: Leistung am Netz	MW	213 [217]	54.000 [219]
217	- STATUS-Ansatz: Zur der im Jahresmittel 2013 effektiv in vollem Betrieb befindlichen Leistung sind wegen teilweise verzögerter Netzanschlüsse explizit keine belastbaren Angaben verfügbar. Ersatzweise wird aus dem Verhältnis von 905 GWh Einspeisung deutschen Offshore-Windstroms im Jahr 2013 gemäß BMWI [9.57] zur Vollbetriebsstundenzahl gemäß [223] auf eine durchschnittlich in Betrieb befindliche Leistung von 213 MW geschlossen.			
219	- ZIEL-Ansatz: Für einen ambitionierten Ausbau der deutschen Offshore-Windenergie bis zur Potenzialgrenze gemäß [220] auf 54.000 MW spricht gemäß IWES [9.87], S. 8 aus Energiewirtschaftlicher Sicht die Minimierung des Speicherbedarfs zum Fluktuationsausgleich und damit verbunden der Speicherverluste. Zum anderen wird dadurch der Bedarf an Onshore-Flächen verringert.			
220	"Die Potenzialgrenze der Offshore-Windenergie beträgt (...) 54.000 MW installierte Leistung. Dieser Wert ergibt sich aus der maximal installierbaren Leistung in Nord- und Ostsee unter Berücksichtigung des Raumbedarfs gemäß dem Raumordnungsplan des Bundesamts für Schifffahrt und Hydrographie (BSH)." (IWES [9.87], S. 13).			
222	Offshore Deutsch.: Vollbetriebsstunden jährlich	h/a	4.255 [223]	4.500 [225]
223	- STATUS-Ansatz: Zur durchschnittlichen Vollbetriebsstundenzahl der deutschen Offshore-Windenergieanlagen im Jahr 2013 sind keine expliziten Statistik-Angaben verfügbar. Ersatzweise wird gemäß einer Prognose für das Jahr 2014 im Auftrag der Übertragungsnetzbetreiber [9.151], S. 106 (Trendszenario), eine Vollbetriebsstundenzahl von 4.255 h/a angenommen. Dieser Wert kann aufgrund der Betriebserfahrungen im Alpha-Ventus-Windpark (vgl. [9.39]) als plausibel angesehen werden.			
225	- ZIEL-Ansatz: Wegen der energiewirtschaftlichen Vorteile einer geringeren Fluktuation werden hier in Anlehnung an [226] Offshore-Windenergieanlagen mit geringer Leistungsdichte angesetzt, die sich durch eine hohe Vollbetriebsstundenzahl von 4.500 h/a auszeichnen.			
226	"Die Potenzialgrenze der (deutschen) Offshore-Windenergie beträgt 258 TWh/a. Um diesen Strombeitrag zu erzeugen, braucht es ca. 54 GW installierte Leistung. Dieser Wert ergibt sich aus der maximal installierbaren Leistung in Nord- und Ostsee unter Berücksichtigung des Raumbedarfs gemäß dem Raumordnungsplan des Bundesamts für Schifffahrt und Hydrographie (BSH)." ([9.87], S. 13) Daraus resultiert eine gegenüber dem Durchschnitt einschlägiger Studien [227] relativ hohe Vollbetriebsstundenzahl von 4.778 h/a. Offensichtlich sind für die Szenarien Anlagen mit einer geringen Leistungsdichte (Generatorleistung/Rotorfläche) gewählt worden, obwohl sie wegen geringerer Energieerträge einen höheren Flächenbedarf aufweisen (die Wispitzen über Nennlast werden nicht verwertet). Der entscheidende Vorteil liegt jedoch in einer geringeren Fluktuation verbunden mit geringeren Anforderungen an Speicherbedarf, Speicherverluste und Netze.			
227	Nach einem Studienvergleich der AEE zur Entwicklung der Volllaststunden im Kraftwerksbereich wird die deutsche Offshore-Windenergie für die Jahre 2040/2050 auf durchschnittlich etwa 3800 h/a eingeschätzt. Von insgesamt 13 Studienergebnissen liegen 7 nahe bei diesem Wert, 5 deutlich darunter (Minimum 3.500) und ein einziger (4.250) darüber.			
229	Wasserkraft (ohne Pumpspeicher)			
231	Nutzanteil am technische Potenzial	%	71,7 [232]	71,7 [234]
232	- STATUS-Ansatz: Die Stromerzeugung aus Wasserkraft in Niedersachsen lag gemäß AEE [9.19], Zeile 20, im Jahresdurchschnitt 2008 bis 2012 bei 251 GWh/a (196, 295, 324, 227, 213). In Bezug zu 350 GWh/a technischem Arbeitsvermögen [238] ist das technische Potenzial damit zu 71,7 % genutzt.			
234	- ZIEL-Ansatz: Von einer Veränderung des heutigen Nutzungsumfangs der Wasserkraft in Niedersachsen [232] wird abgesehen. Eine Erhöhung erscheint kritisch wegen der besonderen ökologischen Sensibilität der Wasserläufe und nicht notwendig angesichts des geringen Beitrages zur Energieversorgung. Aber auch eine Reduzierung des bisher erfolgreichen Nutzungsumfangs erscheint wenig sinnvoll.			
236	Strom - Energieertrag	MWh/ha/a	0,074 [237]	0,074 [241]

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
237 - STATUS-Ansatz: Ein Energieertrag aus Wasserkraft in Niedersachsen von 0,074 MWh/ha/a resultiert aus dem technischen Potenzial von 350 GWh/a [238] bezogen auf die Bodenfläche des Landes von 4.761.378 ha [65].			
238 350 GWh/a beträgt das technische Potenzial (in der Quelle mit 'technischem Arbeitsvermögen' bezeichnet) der Wasserkraft in Niedersachsen gemäß einer externen Expertise an den Wissenschaftlichen Beirat für globale Umweltveränderungen [9.96] S. 13. Das Regelarbeitsvermögen, also die tatsächliche Stromerzeugung im langjährigen Durchschnitt wurde dort mit 233 GWh/a beziffert.			
239 Eine andere, von AEE angeführte Quelle [9.19] Zeile 56 nennt mit 793 GWh/a ein wesentlich höheres theoretisches Potenzial. Das erscheint wegen Nutzungskonkurrenzen mit bestehender Infrastruktur und der ökologisch besonders sensiblen Wasserläufe für das Szenario nicht relevant.			
241 - ZIEL-Ansatz: Der Status-Ansatz wird übernommen, eventuelle Einflüsse auf das technische Potenzial [238], beispielsweise durch die Klimaveränderung, sind aus heutiger Sicht nicht hinreichend einschätzbar.			
243 Energieholz (Forst)			
245 Energetisch genutzter Anteil am Zuwachs	%	46,7 [246]	44,4 [252]
246 - STATUS-Ansatz: 46,7 % resultieren aus dem Verhältnis von energetischer Holznutzung [247] und dem Energiepotenzial des jährlichen Holzzuwachses in den Forsten [250].			
247 Auf 13.772GWh/a wird die energetische Holznutzung in Niedersachsen geschätzt. Geeignete Energiedaten direkt auf aktuellem Stand waren zwar nicht verfügbar. Ersatzweise werden die deutschen Verhältnisse 2013 gemäß [249] proportional zur Waldfläche [103] auf Niedersachsen übertragen: 4.739 GWh Stromerzeugung (Kraftwerke/Heizkraftwerke); 6.913GWh Wärme (Haushalte); 2.120 GWh Wärme (Industrie).			
248 Die energetische Holznutzung in Deutschland 2013 resultiert aus der Endenergiebereitstellung und bei der Bruttostromerzeugung unter Berücksichtigung des Jahresnutzungsgrades der Kraftwerke [248]: 44.929 GWh Strom (28,0 % Nutzungsgrad gemäß[350]); 65.530 GWh Wärme (Haushalte); 20.100 GWh Wärme (Industrie); vereinfachend wird bei Wärme (HW/HKW) ausschließlich von Heizkraftwerken ausgegangen, deren Holzbedarf bereits über die Stromerzeugung in die Kalkulation eingeht.			
249 Energiebereitstellung bzw. Bruttostromerzeugung aus Holz in Deutschland 2013 gemäß [9.57], S. 9, 13, aufgrund der Werte für biogene Festbrennstoffe, eine Abgrenzung von Holz zu anderen Feststoffen wie z. B. Abfallverbrennung war aus Mangel geeigneter Daten nicht möglich: 12.580 GWh Strom; 65.530 GWh Wärme (Haushalte); 20.100 GWh Wärme (Industrie); 7.510 GWh Wärme (Heizwerke/Heizkraftwerke).			
250 29.522 GWh/a (bezogen auf Vorratsfestmeter Vfm) beträgt das Energiepotenzial des jährlichen Holzzuwachses in den Forsten Niedersachsens, resultierend aus einer Forstfläche von 1.200.091 ha [109] und einem Energieertrag von 24,6 Mio. Fm/a[258].			
252 - ZIEL-Ansatz: Das Potenzial an Energieholz direkt aus dem Wald mit einem Anteil von 23,3% am jährlichen Zuwachs [253] und aus anderen Quellen mit einem Anteil von 21,1% [255] ergibt einen insgesamt nutzbaren Anteil von 44,4% des jährlichen Zuwachses.			
253 Unter der Annahme, dass 50% des insgesamt im Wald geernteten Holzes gemäß [254] direkt energetisch genutzt werden, sind das 23,3% vom Zuwachs.			
254 Bei einem schonenden, naturschutzorientierten Waldbau gemäß Clusterstudie der Forstlichen Versuchsanstalt, wie er in diesem Szenario angenommen wird, ist über einen Erhalt sogar eine leichte Steigerung des jährlichen Holz-Volumenzuwachses (Vorratsfestmeter) gegenüber heute 10,2 Vfm/ha/a [262] auf langfristig 10,5 Vfm/ha/a zu erwarten, dies setzt aber die Begrenzung der Holznutzung (Erntefestmeter) auf 4,9 Efm/ha/a voraus [9.155], S. 67, entsprechend 46,7% vom Zuwachs.			
255 Auf Hinweis aus dem Nds. Landwirtschaftsministerium [9.137] wird das langfristige jährliche Potenzial an Energieholz aus anderen Quellen wie folgt angesetzt: Landschaftspflegeholz 1,5 Mio. Fm/a, Altholz&Abfallholz&Industrieholz 1 Mio. Fm/a, insgesamt 2,5 Mio. Fm/a. Dies entspricht bei einem Zuwachs von 10,5 Vfm/ha/a [261] einer zusätzlichen virtuellen Waldfläche von 0,238 Mio. ha. Relativ zur bewirtschafteten Waldfläche von 1,128 Mio. ha [113] entspricht das 21,1%.			
257 Energieholz (Forst) - Energieertrag	MWh/ha/a	24,6 [258]	25,3 [261]
258 - STATUS-Ansatz: Einen Heizwert von 24,6 MWh/ha/a weist der jährliche Holzzuwachs in den Forsten Niedersachsens durchschnittlich auf. Der Wert resultiert aus einem Volumenzuwachs der Holzvorräte von 12,3 Mio. Fm/a in den Wäldern Niedersachsens im Jahr 2013 gemäß [9.131], S. 41 und einem durchschnittlichen Energieinhalt von 2,41 MWh/Fm [259] bezogen auf die gesamte Waldfläche von 1,205 Mio. ha [97].			
259 Ein durchschnittlicher spezifischer Energieinhalt von 2,41 MWh/Fm resultiert aus dem Ansatz in der Niedersächsischen Feuerstättenzählung 2013 [9.7], S. 18: Einem Holzvolumen von 3,5 Mio. Efm wird dort eine Energieinhalt von 8,44 Mio. MWh zugeordnet.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
261	- ZIEL-Ansatz: Bei einem schonenden, naturschutzorientierten Waldbau gemäß Clusterstudie der Forstlichen Versuchsanstalt, wie er in diesem Szenario angenommen wird, ist über einen Erhalt sogar eine leichte Steigerung des jährlichen Holz-Volumenzuwachses gegenüber heute 10,2 Vfm/ha/a [262] auf langfristig 10,5 Vfm/ha/a [9.154], S. 67, zu erwarten. Der heutige Wert für den durchschnittlichen spezifischen Energieinhalt von 24,6 MWh/Fm [258] erhöht sich bei gleichbleibenden Holzarten-Anteilen somit auf 25,3 MWh/ha/a .			
262	Der derzeitige spezifische Holz-Volumenzuwachs in Niedersächsischen Wäldern von 10,2 Vfm/ha/a resultiert aus einem Gesamtwuchs von 12,3 Mio. Fm/a im Jahr 2013 [9.131], S. 41, und einer Waldfläche von 1,205 Mio. ha [97].			
264	Energieholz (Acker, inkl. Miscanthus)			
266	Energieholz (Acker) - Anbaufläche	ha	760 [267]	760 [270]
267	- STATUS-Ansatz: Geeignete statistische Daten direkt für Niedersachsen im Jahr 2013 sind nicht verfügbar. Ersatzweise wird ein Schätzwert auf Grundlage einer älteren Angabe herangezogen [268]:			
268	Gemäß einer Studie des Von Thünen-Instituts [9.111], S. 4, lag Niedersachsen im Jahr 2011 mit 700 ha Kurzumtriebsplantagen inkl. Miscanthus nach Brandenburg auf Platz 2 der Bundesländer. Aufgrund der bundesweiten Steigerung von 6000 ha (2011) auf 6500 ha (2012) wird für Niedersachsen 2012/2013 konservativ von 760 ha ausgegangen, das entspricht 0,04 % der Ackerfläche [80].			
270	- ZIEL-Ansatz: Kein weiterer Ausbau, Beibehaltung des Status. Begründung: Die Erträge liegen bei Verwendung trockener Brennstoffe [277] zwar in der gleichen Größenordnung wie Biogas [373], allerdings ist dies besser zur Substitution im besonders kritischen Kraftstoff-Bereich geeignet und wird daher bevorzugt.			
272	Energieholz (Acker) - Energieertrag	%	29,9 [273]	51,4 [277]
273	- STATUS-Ansatz: 29,9 MWh/ha/a [274], wobei dieser Wert für Kurzumtriebsplantagen gleichermaßen auch auf Miscanthus gelten kann [275].			
274	Typische Erträge von Kurzumtriebsplantagen (z. B. Pappel, Weiden)gemäß FNR [9.75], S. 16: 12 t/ha/a Masseertrag, 185 GJ/ha/a Energieertrag entsprechend 51,4 MWh/ha/a (bei einem Wassergehalt=15%). Hinweis, dass die Verfeuerung meist mit einem Wassergehalt von 35%-55% erfolgt, gemäß Diagramm (S. 15) resultiert daraus ein auf 58,1 % reduzierter Heizwert und ein Energieertrag von 29,9 MWh/ha/a.			
275	Typische Erträge aus Miscanthus-Anbau (Chinaschilf) gemäß [9.75], S. 16 liegen mit 219 GJ/ha/a zwar etwas höher, als bei Kurzumtriebsplantagen, gelten aber erst ab dem 3. Anbaujahr. Der Durchschnitt über die gesamte Standzeit liegt niedriger und dürfte so in etwa dem Energieertrag von Kurzumtriebsplantagen entsprechen.			
277	- ZIEL-Ansatz: 51,4 MWh/ha/a [274], wobei im Gegensatz zum Status von der Verwendung luftgetrockneter Brennstoffe mit einem Wassergehalt von 15% ausgegangen wird, um die Verschwendung eines Teils der enthaltenen Energie zu vermeiden. Eventuelle Einflüsse auf die Wachstumsbedingungen, beispielsweise durch die Klimaveränderung, sind aus heutiger Sicht nicht hinreichend einschätzbar.			
279	Energieholz gesamt			
281	Energieholz-Anteil für Gebäudewärme	%	50,2 [282]	0,0 [284]
282	- STATUS-Ansatz: 50,2 % als Verhältnis von 6.913 GWh/a Energieholz für Haushalte zu 13.772 GWh/a energetischer Holznutzung insgesamt [247].			
284	- ZIEL-Ansatz: Energieholz für Gebäudewärme (Kamine, Öfen, Kessel) erscheinen für die Zukunft nicht sinnvoll, vorzuziehen ist die Verwendung des begrenzten Brennstoffanfalls für anspruchsvollere Anwendungsbereiche wie Prozesswärme oder Stromerzeugung.			
286	Energieholzanteil für Prozesswärme	%	15,4 [287]	100,0 [289]
287	- STATUS-Ansatz: 15,4 % als Verhältnis von 2.120 GWh/a Energieholz für Industrie zu 13.772 GWh/a energetischer Holznutzung insgesamt [247].			
289	- ZIEL-Ansatz: Energieholz ist hier vorrangig für Prozesswärme vorgesehen, um zumindest einen Teil der heute eingesetzten fossilen Brennstoffe zur Erzielung der hohen Temperaturen zu substituieren. Elementar ist dies bei Prozessen, die kohlenstoffhaltige Brennstoffe als Reaktionspartner erfordern.			
291	Energieholzanteil für Verstromung	%	34,4 [292]	0,0 [294]
292	- STATUS-Ansatz: 34,4 % als Verhältnis von 4.739 GWh/a Energieholz für Stromerzeugung zu 13.772 GWh/a energetischer Holznutzung insgesamt [247].			
294	- ZIEL-Ansatz: Auf die Verstromung von Energieholz wird zugunsten der Prozesswärme verzichtet, da mit dem begrenzten Brennstoffangebot nur ein marginaler Beitrag zur Stromversorgung geleistet werden könnte, selbst bei Einsatz in Regelkraftwerken.			
296	Energieholzanteil für Wärmenetze	%	0,0 [297]	0,0 [299]

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Einheit STATUS ZIEL

297 - STATUS-Ansatz: 0 %. Begründung: Da der Energieholzeinsatz für Einspeisung von Abwärme aus Heizkraftwerken bereits über den Einsatz für Stromerzeugung in die Kalkulation eingeht, wird hier nur der Energieholzeinsatz von Heizwerken ohne Stromerzeugung angesetzt. Für Niedersachsen sind dazu keine geeigneten Daten verfügbar. Für Deutschland gibt es zwar Angaben zur Wärme von Heizwerken und Heizkraftwerken insgesamt, aber nicht differenziert [249]. Der Sachverhalt, dass dieser Wärmebeitrag insgesamt wesentlich niedriger liegt, als die Bruttostromerzeugung aus festen Biobrennstoffen [249], legt den Schluss nahe, dass es sich überwiegend um Abwärme aus Verstromung handelt. Vereinfachend wird daher die Wärme aus reinen Holz-Heizwerken hier vernachlässigt.

299 - ZIEL-Ansatz: Reine Biomasse-Heizwerke zur Versorgung mit Gebäudewärme über Wärmenetze erscheinen für die Zukunft nicht sinnvoll, vorzuziehen ist die Verwendung des begrenzten Brennstoffanfalls für anspruchsvollere Anwendungsbereiche wie Prozesswärme oder Stromerzeugung.

301 Stroh, energetische Nutzung

303 **Energetisch genutzter Anteil am Strohanfall** % [304] [306]

304 - STATUS-Ansatz: Eine energetische Nutzung des anfallenden Getreidestrohs in relevantem Umfang findet bislang weder in Niedersachsen noch in Deutschland statt.

306 - ZIEL-Ansatz: Mit 20 % wird der Empfehlung des Landwirtschaftsministeriums [307] gefolgt, da das IFEU-Papier [308] mit dem deutschen Durchschnitt die Niedersächsischen Verhältnisse nicht angemessen wiedergeben kann.

307 Auf Hinweis aus dem Nds. Landwirtschaftsministerium [9.137] erscheint ausgehend von den Standortbedingungen in Niedersachsen ein energetisch nutzbares Strohpotenzial von 4.200 GWh/a angemessen. Das sind rund 20% des gesamten Strohanfalls, resultierend aus 898.000 ha Getreideanbaufläche [88] und 23,8 MWh/ha Energieertrag [313].

308 In einem Positionspapier des IFEU [9.99] mit einer vergleichenden Bewertung von sieben verschiedenen Studien wird vorgeschlagen (S. 3), künftig maximal ein Drittel des anfallenden Getreidestrohs energetisch zu nutzen, um die Humusbilanz der Äcker auch längerfristig nicht zu beeinträchtigen.

310 **Getreidestroh - Energieertrag** MWh/ha/a [311] [313]

311 - STATUS-Ansatz: 23,8 GWh/ha/a gemäß FNR[9.75], S. 16: Der Bruttojahresbrennstoffeintrag von Getreidestroh ist dort mit 85,8 GJ/ha/a angegeben.

313 - ZIEL-Ansatz: Der Status-Ansatz wird übernommen, eventuelle Einflüsse auf die Wachstumsbedingungen, beispielsweise durch die Klimaveränderung, sind aus heutiger Sicht nicht hinreichend einschätzbar.

315 **Energiestrohanteil für Gebäudewärme** % [316] [318]

316 - STATUS-Ansatz: (keine energetische Nutzung von Getreidestroh [304]).

318 - ZIEL-Ansatz: Stroh brennstoffe für Gebäudewärme (Pelletöfen, Pelletkessel) erscheinen nicht sinnvoll, vorzuziehen ist die Verwendung des begrenzten Brennstoffanfalls für anspruchsvollere Anwendungsbereiche wie Prozesswärme oder Stromerzeugung.

320 **Energiestrohanteil für Prozesswärme** % [321] [323]

321 - STATUS-Ansatz: (keine energetische Nutzung von Getreidestroh [304]).

323 - ZIEL-Ansatz: Stroh brennstoffe sind hier vorrangig für Prozesswärme vorgesehen, um zumindest einen Teil der heute eingesetzten fossilen Brennstoffe zur Erzielung der hohen Temperaturen zu substituieren. Elementar ist dies bei Prozessen, die kohlenstoffhaltige Brennstoffe als Reaktionspartner erfordern.

325 **Energiestrohanteil für Verstromung** % [326] [328]

326 - STATUS-Ansatz: (keine energetische Nutzung von Getreidestroh [304]).

328 - ZIEL-Ansatz: Auf die Verstromung von Stroh wird zugunsten der Prozesswärme verzichtet, da mit dem begrenzten Brennstoffangebot nur ein marginaler Beitrag zur Stromversorgung geleistet werden könnte, selbst bei Einsatz in Regelkraftwerken.

330 **Energiestrohanteil für Wärmenetze** % [331] [333]

331 - STATUS-Ansatz: (keine energetische Nutzung von Getreidestroh [304]).

333 - ZIEL-Ansatz: Reine Biomasse-Heizwerke zur Versorgung mit Gebäudewärme über Wärmenetze erscheinen für die Zukunft nicht sinnvoll, vorzuziehen ist die Verwendung des begrenzten Brennstoffanfalls für anspruchsvollere Anwendungsbereiche wie Prozesswärme oder Stromerzeugung.

335 Verstromung biogene Brennstoffe (fest)

337 **Strom aus Brennstoffen (fest) - Nutzungsgrad** % [338] [342]

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
338 - STATUS-Ansatz: Angaben zum Durchschnitt des Nutzungsgrades waren direkt weder für Niedersachsen noch für Deutschland verfügbar. Ersatzweise erfolgte eine Annahme von 28% el. unter Orientierung an zwei konkreten Anlagen innerhalb des Effizienz-Spektrums [339], [340].			
339 Aus den Betriebsdaten eines 2009 in Langelsheim in Betrieb genommenen Biomasse-Heizkraftwerkes lässt sich auf einen Jahresnutzungsgrad von 20,5% el. und 36,6% therm. schließen, dies ergab eine Auswertung in [9.160], Ho69.			
340 Für das 2008 in Piesteritz in Betrieb genommenen Biomasse-Heizkraftwerk wird in [9.163], S. 11 ein Wirkungsgrad von 36,2% el. Brutto angegeben, außerdem erfolgt eine Dampfauskoppelung mit einem Wirkungsgrad von 55% therm..			
342 - ZIEL-Ansatz: 36,2 % el. gemäß der Referenzanlage in Piesteritz [340] markieren aus heutiger Sicht das obere Ende erreichbarer Nutzungsgrade des künftigen Anlagenparks.			
344 Abwärme aus Verstromung - Nutzungsgrad	%	16,7 [345]	55,0 [346]
345 - STATUS-Ansatz: Angaben zum effektiven Jahresnutzungsgrad als Verhältnis von tatsächlich genutzter Abwärme zum Brennstoffeinsatz zur Verstromung waren direkt weder für Niedersachsen noch für Deutschland verfügbar. Ersatzweise wird ausgehend vom elektrischen Nutzungsgrad 28% el.[338] über das Verhältnis von 7.510 GWh/a th. Wärmebereitstellung aus Heizkraftwerken [249] zu 12.580 GWh/a el. Stromerzeugung dieser Heizkraftwerke [249] der effektive Nutzungsgrad von 16,7 % gebildet.			
346 - ZIEL-Ansatz: 55 % el. gemäß der Referenzanlage in Piesteritz [340] markieren aus heutiger das obere Ende erreichbarer Nutzungsgrade des künftigen Anlagenparks.			
Biogene Brennstoffe (fest) für Wärmenetze			
350 Heizwerke/Wärmenetze - Nutzungsgrad	%	75,0 [351]	75,0 [352]
351 - STATUS-Ansatz: Da keine geeigneten Belege verfügbar waren, wurde eine eigene Einschätzung getroffen.			
352 - ZIEL-Ansatz: Da keine geeigneten Belege verfügbar waren, wurde eine eigene Einschätzung getroffen.			
Biogene Abfallstoffe (fest)			
356 Strom aus Abfallstoffen (fest)	GWh/a	701 [357]	701 [358]
357 - STATUS-Ansatz: Geeignete Daten für Niedersachsen 2013 waren direkt nicht verfügbar, ersatzweise Abschätzung aus dem Wert für Deutschland 2013: 5.260 GWh Bruttostromerzeugung aus biogenem Anteil des Abfalls [9.57] S. 9, über Bevölkerungsproporz (10.734.539 Personen Niedersachsen 2013 [34] gemäß Solidar-Prinzip, 80.523.746 Einwohner Deutschland 2013 [58]).			
358 - ZIEL-Ansatz: Beibehaltung des Statuswertes aufgrund einer aus heutiger Sicht schwer einschätzbaren Entwicklung. Auf der einen Seite ließe sich der Anteil energetischer Verwertung vermutlich noch erhöhen. Auf der anderen Seite könnte die weitere Optimierung von Müllvermeidung zu einer Senkung der energetisch verwertbaren Mengen führen.			
360 Wärme aus Abfallstoffen (fest)	GWh/a	1.300 [361]	1.300 [362]
361 - STATUS-Ansatz: Geeignete Daten für Niedersachsen 2013 waren direkt nicht verfügbar, ersatzweise Abschätzung aus dem Wert für Deutschland 2013: 9.750 GWh Wärme aus biogenem Anteil des Abfalls [9.57] S. 13, über Bevölkerungsproporz (10.734.539 Personen Niedersachsen 2013 [34] gemäß Solidar-Prinzip, 80.523.746 Einwohner Deutschland 2013 [58]).			
362 - ZIEL-Ansatz: Beibehaltung des Statuswertes aufgrund einer aus heutiger Sicht schwer einschätzbaren Entwicklung. Auf der einen Seite ließe sich der Anteil energetischer Verwertung vermutlich noch erhöhen. Auf der anderen Seite könnte die weitere Optimierung von Müllvermeidung zu einer Senkung der energetisch verwertbaren Mengen führen.			
Biogas			
365 Biogas - NAWARO-Anbaufläche	ha	279.961 [366]	236.630 [368]
366 - STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 23, lag die Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe für Biogas im Jahr 2013 bei 82,1 % der gesamten Energiepflanzen-Anbaufläche von 341.000 ha entsprechend 279.961 ha.			
368 - ZIEL-Ansatz: Innerhalb der Extrempositionen (bezüglich Anbau energetisch genutzter nachwachsender Rohstoffe) von einerseits der Leitstudie mit 22,5% [369] der Landwirtschaftsfläche und andererseits THGND mit einem völligen Verzicht [370] geht der gewählte Ansatz vom Erhalt des Status Quo aus [366], allerdings vermindert um die Hälfte des Solar-Freiflächen-Zubaus von 58.335 ha [133]. Andererseits wird die frei gewordene Bioethanol-Anbaufläche von 15004 ha dem Energiepflanzenanbau für Biogas zugeschlagen. Die resultierende Zielfläche von 236.630 ha entspricht 9,2% der Landwirtschaftsfläche [75].			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
<p>369 Leitstudie 2011 [9.51], S. 6: "Das begrenzte Potenzial der energetischen Nutzung von Biomasse verlangt einen sehr ressourceneffizienten Umgang (...) An nutzbarer inländischer Landfläche zum nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen werden 4,2 Mio. ha angenommen (entsprechend 22,5% der Landwirtschaftsfläche)."</p> <p>370 "Treibhausgasneutrales Deutschland 2050" [9.183], S. 44: "Das Umweltbundesamt steht dem Anbau von Biomasse eigens zur energetischen Nutzung kritisch gegenüber, unter anderem aufgrund der zunehmenden Konkurrenz um fruchtbare Anbauflächen, der unverhältnismäßig hohen Flächenintensität der Energiegewinnung aus Anbaubiomasse im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energiequellen und der sozioökonomisch problematischen Verknüpfung mit den Lebensmittelpreisen am Weltmarkt. Daher werden nachfolgend nur Potenziale aus biogenen Abfallstoffen berücksichtigt."</p> <p>371 Die komplexen Zusammenhänge zwischen Bioenergie-Anbaupotenzialen, Nahrungsmittelversorgung, Ernährungsgewohnheiten, Agrarimporten, Umweltgesichtspunkten, Nachhaltigkeit und die daraus resultierenden Entwicklungsperspektiven werden im Rahmen dieses Szenarios nicht näher betrachtet, sie werden beispielsweise in der Studie des Umweltbundesamtes "Treibhausgasneutrales Deutschland 2050" [9.183], S. 291 ff., ausführlich behandelt.</p>			
373 Biogas - Methanertrag	MWh/ha/a	53,0 [374]	42,4 [380]
<p>374 - STATUS-Ansatz: Resultiert aus dem Heizwert der in Niedersachsen 2013 erzeugten Biogasmenge aus Energiepflanzen vom Acker von 14.825 GWh [375] bezogen auf die dafür beanspruchte Anbaufläche von 279.961 ha [378].</p> <p>375 Einen Heizwert von 14.825 GWh besaß die im Jahr 2013 praktisch vollständig verstromte Biogasmenge aus Energiepflanzenanbau (was auch auf das ins Gasnetz eingespeiste Biomethan zutrifft), resultierend aus der Stromerzeugung [376] und dem durchschnittlichen Verstromungs-Wirkungsgrad von 38% gemäß [9.75] S. 37.</p> <p>376 5.633 GWh Stromerzeugung aus Biogas entfallen auf Energiepflanzen vom Acker (wobei ein relativ geringer Anteil an pflanzlichen Nebenprodukten hier nicht herausgerechnet wird) - resultierend aus der gesamten Stromerzeugung [377] und einem Leistungsanteil von 82% gemäß [9.4] S. 15.</p> <p>377 6.870 GWh Stromerzeugung aus Biogas in Niedersachsen 2013 gemäß AEE [9.10] Zeile 77.</p> <p>378 279.961 ha Energiepflanzen-Anbaufläche für Biogas in Niedersachsen 2013 resultieren aus einer Gesamtfläche für Energiepflanzenanbau von 341.000 ha und einem Biogas-Anteil von 82,1% gemäß [9.4] S. 16.</p> <p>380 - ZIEL-Ansatz: 42,4 MWh/ha/a entsprechend 80 % vom Status resultieren aus dem Versuch einer Abwägung der steigernden Einflüsse [381] und der senkenden Einflüsse [382] auf den Methanertrag, die aus heutiger Sicht nur umrisshaft erkennbar sind. Dies erscheint wegen der Unsicherheiten als optimistischer Ansatz.</p> <p>381 Steigernde Einflüsse sind nur noch in geringem Umfang zu erwarten: Weitere Optimierung von Sorten, Ackerbau und Gärprozess, ausgehend von einem bereits hohen erreichten Standard.</p> <p>382 Senkende Einflüsse könnten dagegen in erheblichem Umfang wirksam werden: Optimierung hinsichtlich Bodenerosion, Humusgehalt, Ökolandbau, Biodiversität, Artenschutz. Als idealtypischer Ansatz erscheinen aus heutiger Sicht beispielsweise Wildpflanzen als Biogassubstrat. Die bundesweite Feldforschung durch die bayrische Landesanstalt für Wein- und Gartenbau lässt ein hohes Problemlösungspotenzial zum Ziel einer zukunftsfähigen Wirtschaftsweise bereits erkennen [9.45]. Durch die damit verbundene Extensivierung liegen die heute erreichbaren Methanerträge allerdings erst bei knapp der Hälfte von Mais [9.45] S. 24.</p>			
384 Biogas aus Abfall-/Reststoffverwertung	GWh/a	3.254 [385]	6.508 [388]
<p>385 - STATUS-Ansatz: Einen Heizwert von 3.254 GWh besaß die im Jahr 2013 praktisch vollständig verstromte Biogasmenge aus Landwirtschaftlichen Reststoffen und Bioabfällen (was auch auf das ins Gasnetz eingespeiste Biomethan zutrifft), resultierend aus der Stromerzeugung [386] und einem durchschnittlichen Verstromungs-Wirkungsgrad von 38% gemäß [9.75] S. 37.</p> <p>386 1.237 GWh Stromerzeugung aus Biogas entfallen auf die Verwertung von Landwirtschaftlichen Reststoffen (Gülle, Festmist, Gärreste) mit einem Leistungsanteil von 11% und Bioabfälle (Fette, Flotate, organische Abfälle) mit einem Leistungsanteil von 7% gemäß [9.4] S. 15, bezogen auf die gesamte Stromerzeugung aus Biogas [387].</p> <p>388 - ZIEL-Ansatz: Aus einer Studie, die von einer Verdoppelung der Biogasproduktion aus Wirtschaftsdünger bis 2030 ausgeht [389], wird die Erhöhung um 100% auf 6.508 GWh/a übernommen. Der Ansatz erscheint wegen erheblicher Unwägbarkeiten allerdings eher optimistisch, beispielsweise bezüglich der Verfügbarkeit von Gülle und Mist aufgrund veränderter Bedingungen bei der Fleischproduktion.</p> <p>389 Studie von Airbus zur nachhaltigen Biokerosin-Produktion auf Basis von Biogas: "...wird aufgrund der Auswirkungen der Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger und der Niedersächsischen Verordnung über Meldepflichten in Bezug auf Wirtschaftsdünger annähernd eine Verdoppelung des heutigen Werts von 30% erwartet. Während heute 14% des Bioabfallaufkommens energetisch genutzt wird, ist nach Ende der Nutzungsdauer bestehender Kompostierungsanlagen eine Erhöhung auf 20 bzw. 30% anzunehmen."</p>			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
391	Gase aus Deponien und Kläranlagen	GWh/a	173 [392]	173 [395]
392	- STATUS-Ansatz: Einen Heizwert von 173 GWh besaß die im Jahr 2013 praktisch vollständig verstromte Gasmenge aus Deponien und Kläranlagen, resultierend aus der Stromerzeugung [393] und einem durchschnittlichen Verstromungs-Wirkungsgrad von 38% gemäß [9.75] S. 37.			
393	66 GWh Stromerzeugung aus Deponie- und Klärgasen in Niedersachsen im Jahr 2013 gemäß [9.66], Tabelle kWh.			
395	- ZIEL-Ansatz: Es erscheint als unwahrscheinlich, das der heute vernachlässigbare Anteil an der Energieversorgung um Größenordnungen gesteigert werden kann. Daher wurde hier vereinfachend der Statuswert fortgeschrieben.			
397	Biogas-Anteil für Prozesswärme	%	0,0 [398]	36,4 [400]
398	- STATUS-Ansatz: Es ist davon auszugehen, dass Biogas bisher nicht für Prozesswärme verwendet wird, da das ins Gasnetz eingespeiste Biomethan ortsversetzt vollständig wieder verstromt wird.			
400	- ZIEL-Ansatz: Etwas über ein Drittel des Biogases wird für Prozesswärme zur Substitution fossiler Brennstoffe verwendet, der größere Teil aber für die mobilen Anwendungen, da die Substitution der fossilen Brennstoffe dort höchst anspruchsvoll ist.			
402	Biogas-Anteil für Verstromung	%	99,4 [403]	0,0 [405]
403	- STATUS-Ansatz: Bis auf einen kleinen Verwendungs-Anteil als Kraftstoff [419] wurde das gesamte Biogas einschließlich Deponie- und Klärgase in Niedersachsen 2013 für Verstromung verwendet.			
405	- ZIEL-Ansatz: Auf die Verstromung von Biogas wird zugunsten der Mobilen Anwendungen verzichtet, da mit dem begrenzten Brennstoffangebot nur ein geringer Beitrag zur Stromversorgung geleistet werden könnte, selbst bei Einsatz in Regelkraftwerken.			
407	Biogasverstromung - Nutzungsgrad	%	38,0 [408]	45,0 [410]
408	- STATUS-Ansatz: Aktueller Durchschnittswert des deutschen Anlagenbestandes 2013 gemäß FNR [9.75] S. 37.			
410	- ZIEL-Ansatz: Orientiert am oberen Ende der Bandbreite heutiger elektrischer Wirkungsgrade von Biogas-BHKWs zwischen 28-47% gemäß FNR [9.75] S. 41.			
412	Biogasverstr. - Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	16,4 [413]	20,0 [417]
413	- STATUS-Ansatz: Der bei der Biogas-Verstromung tatsächlich genutzte Teil der anfallenden Abwärme [414] relativ zum Heizwert des zur Verstromung eingesetzten Biogases [415] (vereinfachend wird hier von der Nutzung als Gebäudewärme ausgegangen). Wegen Eigenverbrauch der Biogaserzeugung und örtlicher/zeitlicher Nichtübereinstimmung von Wärmeangebot und Wärmebedarf liegt der Wert erheblich unter dem thermischen Wirkungsgrad der Blockheizkraftwerke von 34-55% gemäß [9.75] S. 41.			
414	Rund 3000 GWh Abwärme aus der Biogasverstromung wurden 2013 in Niedersachsen im Jahr 2013 extern genutzt gemäß [9.4] S. 13.			
415	18252 GWh Biogas und Deponie- und Klärgas in Niedersachsen im Jahr 2013, resultierend aus 18.079 GWh Biogas (6.870 GWh Strom aus Biogasverstromung [377] bei einem Wirkungsgrad von 38% [408]) plus Deponie-/Klärgasen von 173 GWh [392].			
417	- ZIEL-Ansatz: Leichte Erhöhung gegenüber dem Status, resultierend aus folgender Überlegung: Beispielsweise durch erhöhte Anzahl von Satelliten-BHKW an Orten mit Wärmeabnahme lässt sich die Abwärmenutzung steigern. Bei verstärkt intermittierender BHKW-Betriebsführung zum Ausgleich von Strommangelphasen wird allerdings die zeitliche Übereinstimmung von Wärme-Angebot und -Bedarf weiter zurückgehen bzw. verlustbehaftete Wärmespeicherung erforderlich machen.			
419	Biogas-Anteil als Biomethan für Mobile Antriebe	%	0,6 [420]	63,6 [422]
420	- STATUS-Ansatz: In Ermangelung geeigneter Daten wird der deutsche Durchschnittswert hier für Niedersachsen angenommen.			
421	0,6% der gesamten Biogaserzeugung in Deutschland 2013 wurden im Verkehrssektor als Kraftstoff verwendet, resultierend aus dem Verhältnis von 450 GWh im Verkehrssektor gemäß [9.118], S. 17, zu 71.526 GWh für die Verstromung (mit 27.180 GWh Stromerzeugung (S. 9) und 38% Verstromungswirkungsgrad).			
422	- ZIEL-Ansatz: Biogas ist vorrangig zur Kraftstoffherzeugung für die mobilen Anwendungen vorgesehen (vor allem Güterverkehr), da hier die Substitution der fossilen Kraftstoffe besonders anspruchsvoll ist.			
424	Biogas zu Biomethan-Kraftstoff - Nutzungsgrad	%	94,0 [425]	94,0 [428]
425	- STATUS-Ansatz: Annahme gemäß [426].			
426	Verluste bei Aufbereitung und Hochdruckverdichtung zur Verwendung von Biogas als Kraftstoff: 5% bis 7% gemäß [9.181].			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
428	- ZIEL-Ansatz: Wegen der verlustarmen Bereitstellung von hochkomprimiertem Biomethan wird dies für mobile Anwendungen am Boden vorgesehen, wo es problemlos handhabbar ist. Der heutige Nutzungsgrad [426] wird auch für die Zukunft angenommen.			
431	Biogas-Anteil als Flüssigkraftst.für Mobile Antriebe	%	0,0 [432]	0,0 [433]
432	- STATUS-Ansatz: Bislang keine Erzeugung von Flüssigkraftstoffen aus Biogas.			
433	- ZIEL-Ansatz: Biogas ist vorrangig zur Kraftstofferzeugung für die Mobilien Anwendungen vorgesehen, da hier die Substitution der fossilen Kraftstoffe besonders anspruchsvoll ist. Dies trifft besonders auf den Luftverkehr zu, der wegen fehlender Elektrifizierungs-Möglichkeit wohl weitgehend auf Kraftstoffe - und hier aus verschiedenen Gründen (Platzbedarf, Handhabbarkeit, Sicherheit, Wandlungsverluste synthetischen Wasserstoffs) auf Kohlenwasserstoffe - angewiesen bleiben wird.			
435	Biogas zu Flüssigkraftstoff - Nutzungsgrad	%	45,0 [436]	45,0 [441]
436	- STATUS-Ansatz: Annahme eines kumulierten Wirkungsgrades gemäß [437].			
437	Gemäß [438] liegt der energetische Wirkungsgrad der Fischer-Tropsch-Synthese, unter Berücksichtigung aller zusätzlich erforderlichen Prozessschritte zur Erzeugung flüssiger Kohlenwasserstoffe aus reformiertem Biogas bei 67 %. Der stoffliche Wirkungsgrad zur Erzeugung von den als Flüssigkraftstoff einsetzbaren Produkten Kerosin und Diesel (C9 bis C24) beträgt dabei 45%.			
438	Der berechnete stoffliche Wirkungsgrad zur Erzeugung von Kerosin (C9 bis C14) beträgt 30% für das ausgewählte Konzept gemäß [439]. Neben Kerosin werden weitere energetisch nutzbare Produkte (Diesel und Naphta) sowie Strom aus Abwärme erzeugt (7%). Der stoffliche Wirkungsgrad zur Erzeugung von Diesel (C15 bis C24) beträgt dabei 15% [9.37], S. 48, Tab.6-11. Damit können in Summe 45% der eingesetzten Energie in Form der Zielprodukte Kerosin und Diesel genutzt werden (7% Strom bleibt hier unberücksichtigt).			
439	In [9.37] wurden verschiedene Konzepte zur Erzeugung von Kerosin aus Biogas betrachtet. Diese bestehen jeweils aus den Prozessschritten Reformierung, Synthesegasaufbereitung, Fischer-Tropsch-Synthese und Produktaufbereitung. Die ermittelten energetischen Wirkungsgrade betragen im Mittel 63 %, während das effizienteste Konzept ([9.37], S. 48, Tab.6-11) mit den geringsten Gestehungskosten für Kerosin ([9.37], S. 96, Tab.8-11) einen Wirkungsgrad von 67 % erreicht.			
441	- ZIEL-Ansatz: Der heutige Nutzungsgrad [437] wird auch für die Zukunft angenommen.			
443	Biodiesel (inkl. Pflanzenöl)			
445	Biodiesel - Anbaufläche	ha	45.012 [446]	45.012 [448]
446	- STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 23, lag die Anbaufläche für Biodiesel im Jahr 2013 bei 13,2 % der gesamten Energiepflanzen-Anbaufläche von 341.000 ha entsprechend 45.012 ha. Mit dem resultierenden Biodiesel von ca. 650 GWh/a lässt sich etwa ein Drittel des Dieselbedarfs der Nds. Landwirtschaft in Höhe von ca. 2000 GWh decken.			
448	- ZIEL-Ansatz: Innerhalb der Extrempositionen (bezüglich Anbau energetisch genutzter nachwachsender Rohstoffe) von einerseits der Leitstudie mit 22,5% der Landwirtschaftsfläche [369] und andererseits THGND mit einem völligen Verzicht [370] geht der gewählte Ansatz vom Erhalt des Status Quo aus [446]. Die Zielfläche von 45.012 ha entspricht 1,7% der Landwirtschaftsfläche [164]. Auf eine Ausweitung wurde zugunsten von Biogas [368] wegen der mehrfach höheren Energieerträge verzichtet. Mit dem Kraftstoff kann zumindest ein guter Teil des Verbrauchs landwirtschaftlicher Maschinen gedeckt werden.			
450	Biodiesel - Energieertrag	MWh/ha/a	14,4 [451]	11,5 [454]
451	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus einem durchschnittlichen Biodiesel-Ertrag aus Rapsanbau von 1.590 l/ha/a gemäß [9.75] S. 22, und einem Biodiesel-Heizwert gemäß [452]: 51.914 MJ/ha/a entsprechend 14,4 MWh/ha/a.			
452	Heizwert Biodiesel gemäß [9.75] S. 26: 32,65 MJ/l .			
454	- ZIEL-Ansatz: 11,5 MWh/ha/a entsprechend 80 % vom Status resultieren aus dem Versuch einer Abwägung der steigenden Einflüsse [455] und der senkenden Einflüsse [456] auf den Biodieselertrag, die aus heutiger Sicht nur umrisshaft erkennbar sind.			
455	Steigernde Einflüsse sind nur noch in geringem Umfang zu erwarten: Weitere Optimierung von Sorten, Ackerbau und Herstellungsprozess, ausgehend von einem bereits hohen erreichten Standard.			
456	Senkende Einflüsse könnten dagegen in erheblichem Umfang wirksam werden: Optimierung hinsichtlich Einschränkungen beim Pflanzenschutz, Ökolandbau, Biodiversität.			
458	Biodiesel aus Import (+) / Export (-)	GWh/a	2.616 [459]	0 [468]
459	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus dem von den Energieverbrauchern Niedersachsens 2013 nach dem Solidar-Prinzip verursachten Biodiesel- und Pflanzenölverbrauch (größtenteils als Beimischung zum Dieselkraftstoff) gemäß [460], abzüglich der auf eigener Fläche erzeugten Menge [466]. Der Importanteil liegt bei 80,1 % vom Verbrauch.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
460	3.265 GWh Verbrauch an Biodiesel inklusive Pflanzenöl wurde in Niedersachsen 2013 nach dem Solidar-Prinzip verursacht, resultierend aus dem deutschen Verbrauch [461] und dem Einwohnerproporz (Verhältnis 'Energieverbraucher Niedersachsens nach dem Solidar-Prinzip' [52] zur deutschen Einwohnerzahl [59]).			
461	24.491 GWh Gesamtverbrauch an Biodiesel inklusive Pflanzenöl in Deutschland 2013, resultierend aus der Summe der Einzelverbräuche: Verkehrssektor 21.864 GWh [462], Verstromung 1.154 GWh [463], Landwirtschaft 1.473 GWh [464].			
462	21.864 GWh Verbrauch an Biodiesel (21.854 GWh) inklusive Pflanzenöl (10 GWh) im Verkehrssektor in Deutschland 2013 gemäß [9.57] S. 17.			
463	1.154 GWh Verbrauch an flüssigen Biobrennstoffen für Verstromung in Deutschland 2013 (unterstellt wird größtenteils Biodiesel und Pflanzenöl), resultierend aus einer Bruttostromerzeugung von 450 GWh gemäß [9.57], S. 9, mit einem Nutzungsgrad von 39,0% gemäß [482] .			
464	1.473 GWh Verbrauch an Biodiesel in der Landwirtschaft in Deutschland 2013, resultierend aus dem zusammengefassten Wert für 'Wärme inklusive Landwirtschaft' von 2.050 GWh gemäß [9.57], S. 13, abzüglich der Abwärme aus Verstromung von 577 GWh gemäß [465] .			
465	577 GWh Abwärme aus Verstromung flüssiger Biobrennstoffe in Deutschland 2013 (unterstellt wird größtenteils Biodiesel und Pflanzenöl), resultierend aus einem Verbrauch an flüssigen Biobrennstoffen für Verstromung von 1.154 GWh gemäß [463] und einem thermischen Nutzungsgrad von 50,0% gemäß [487] .			
466	Ein Anteil von 649 GWh am Biodiesel bzw. Pflanzenöl-Aufkommen stammte in Niedersachsen 2013 aus dem Anbau von Raps im Land, resultierend aus einer Anbaufläche von 45.012 ha [446] und einem Energieertrag von 14,4 MWh/ha/a [451] .			
468	- ZIEL-Ansatz: Ein Import von Pflanzenölprodukten für energetische Zwecke ist nicht vorgesehen, übereinstimmend mit der Leitstudie [469] und THGND [470]. Vor dem Hintergrund gravierender globaler Probleme erscheint die Inanspruchnahme von Anbauflächen im Ausland nicht sinnvoll: Welthungerproblem in Verbindung mit globalem Bevölkerungswachstum und Wüstenbildung, Verluste tropischer Wälder, Bodenschädigung durch Palmöplantagen.			
469	Leitstudie 2011 [9.51], S. 6: "Da das nachhaltig nutzbare globale Biomassepotenzial auf nur etwa 100 EJ geschätzt wird, stellt ein deutlicher Biomasseimport keine nachhaltige Strategie dar. Es werden daher in dieser Studie keine (Netto-)Importe an energetisch genutzter Biomasse angenommen."			
470	"Treibhausgasneutrales Deutschland 2050" [9.183], S. 44, 70: "Das Umweltbundesamt steht dem Anbau von Biomasse eigens zur energetischen Nutzung kritisch gegenüber, unter anderem aufgrund der zunehmenden Konkurrenz um fruchtbare Anbauflächen, der unverhältnismäßig hohen Flächenintensität der Energiegewinnung aus Anbaubiomasse im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energiequellen und der sozioökonomisch problematischen Verknüpfung mit den Lebensmittelpreisen am Weltmarkt." Auch ein Import von flüssigen Biobrennstoffen ist in der Studie nicht vorgesehen.			
472	Biodiesel - Anteil für Mobile Anwendungen	%	95,3 [473]	100,0 [475]
473	- STATUS-Ansatz: Resultiert nach dem Verusacher- bzw. Solidarprinzip aus dem Verhältnis des deutschen Biodiesel- und Pflanzenöl-Verbrauchs im Verkehrssektor von 21.864 GWh [462] plus Landwirtschaft von 1.473 GWh [464] zum Gesamtverbrauch von 24.491 GWh [461].			
475	- ZIEL-Ansatz: Biodiesel bzw. Pflanzenöl ist vorrangig als Kraftstoff für die Landwirtschaft und andere Mobile Anwendungen vorgesehen, da hier die Substitution der fossilen Kraftstoffe besonders anspruchsvoll ist. Dies trifft besonders auf den Luftverkehr zu, der wegen fehlender Elektrifizierungs-Möglichkeit wohl weitgehend auf Kraftstoffe - und hier aus verschiedenen Gründen (Platzbedarf, Handhabbarkeit, Sicherheit, Wandlungsverluste synthetischen Wasserstoffs) auf Kohlenwasserstoffe - angewiesen bleiben wird.			
477	Biodiesel - Anteil für Verstromung	%	4,7 [478]	0,0 [480]
478	- STATUS-Ansatz: Resultiert nach dem Verusacher- bzw. Solidarprinzip aus dem Verhältnis des deutschen Biodiesel- und Pflanzenöl-Verbrauchs für Verstromung von 1.154 GWh [463] zum Gesamtverbrauch von 24.491 GWh [461].			
480	- ZIEL-Ansatz: Auf die Verstromung von Bioiesel bzw. Pflanzenöl wird zugunsten der Mobilen Anwendungen verzichtet, da mit dem begrenzten Brennstoffangebot nur ein zu vernachlässigend geringer Beitrag zur Stromversorgung geleistet werden könnte, selbst bei Einsatz in Regelkraftwerken.			
482	Biodiesel-Verstromung - Nutzungsgrad	MWh/ha/a	39,0 [483]	39,0 [485]
483	- STATUS-Ansatz: Nach einer Studie zu BHKW-Kenndaten [9.42], S. 11, liegen die von den Herstellern angegebenen elektrischen Wirkungsgrade von Pflanzenöl-BHKW im Bereich von minimal 29% bis maximal 46%, der Durchschnitt liegt bei 39 %. Dieser Wert dient als Orientierung für den Jahresnutzungsgrad, der mit 39% angenommen wird.			
485	- ZIEL-Ansatz: Es ist davon auszugehen, dass bei der heutigen Blockheizkraftwerk-Technologie die Effizienzpotenziale weitgehend ausgeschöpft sind. Daher wird der Statuswert als Ziel übernommen.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
487	Biodiesel-Verstr. - Nutzungsg. KWK-Abwärme eff.	MWh/ha/a	50,0 [488]	50,0 [490]
488	- STATUS-Ansatz: Repräsentative Statistikdaten zum thermischen Jahresnutzungsgrad des tatsächlich als Gebäudewärme verwerteten Abwärmeanteils liegen nicht vor. Er dürfte wegen der meist stromgeführten Betriebsweise auch in Zeiten mit geringer Wärmenachfrage erheblich unter dem thermischen BHKW-Wirkungsgrad liegen. Hier wird eine vor diesem Hintergrund optimistische Annahme getroffen.			
490	- ZIEL-Ansatz: Es ist davon auszugehen, dass bei der heutigen Blockheizkraftwerk-Technologie die Effizienzpotenziale weitgehend ausgeschöpft sind. Daher wird der Statuswert als Ziel übernommen.			
492	Bioethanol			
494	Bioethanol - Anbaufläche	ha	15.004 [495]	0 [497]
495	- STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 23, lag die Anbaufläche für Bioethanol im Jahr 2013 bei 4,4 % der gesamten Energiepflanzen-Anbaufläche von 341.000 ha entsprechend 15.004 ha.			
497	- ZIEL-Ansatz: Energiepflanzenanbau für die Ethanolproduktion ist nicht mehr vorgesehen. Die Nutzung der begrenzten Energiepflanzen-Anbauflächen für Biogas erscheint wegen der erheblich höheren Flächenproduktivität [373] sinnvoller. Dies um so mehr, als der erhebliche Energieaufwand zur Ethanolherstellung zu einem stark reduzierten Netto-Energieertrag führt.			
499	Bioethanol - Energieertrag (brutto)	MWh/ha/a	27,3 [500]	21,8 [505]
500	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus einem durchschnittlichen Biodiesel-Ertrag aus Getreide- und Zuckerrübenanbau von 4.660 l/ha/a gemäß [501] (deutsches Anteilsverhältnis wird dabei auch für Niedersachsen angenommen), und einem Bioethanol-Heizwert von 21,1 MJ/l gemäß [503]: 98.132 MJ/ha/a entsprechend 27,3 MWh/ha/a.			
501	Gemäß [9.75] liegt der durchschnittliche Bioethanolertrag aus Weizen bei 2.760 l/ha/a, dieser Wert wird als Durchschnitt für Bioethanol aus Getreide genutzt (Mais liegt höher, andere Getreidesorten niedriger, deren Anteile sind nicht bekannt). Der Ertrag aus Zuckerrüben liegt danach bei 7.540 l/ha/a. Ein durchschnittlicher Bioethanolertrag von 4.660 l/ha/a resultiert aus dem gewichteten Mittel entsprechend der Anteile an der Bioethanolproduktion [502].			
502	Gemäß [9.201] stammten 60,3% (404.954 t) der deutschen Bioethanolproduktion 2013 aus Getreide, 39,7% (267.074 t) aus Zuckerrüben.			
503	Heizwert Bioethanol gemäß [9.75] S. 27: 21,06 MJ/l.			
505	- ZIEL-Ansatz: 21,8 MWh/ha/a entsprechend 80 % vom Status resultieren aus dem Versuch einer Abwägung der steigenden Einflüsse [506] und der senkenden Einflüsse [507] auf den Biodethanol-Ertrag, die aus heutiger Sicht nur umrisshaft erkennbar sind.			
506	Steigernde Einflüsse sind nur noch in geringem Umfang zu erwarten: Weitere Optimierung von Sorten, Ackerbau und Herstellungsprozess, ausgehend von einem bereits hohen erreichten Standard.			
507	Senkende Einflüsse könnten dagegen in erheblichem Umfang wirksam werden: Optimierung hinsichtlich Einschränkungen beim Pflanzenschutz, Ökolandbau, Biodiversität.			
509	Bioethanol aus Import (+) / Export (-)	%	776,3 [510]	0,0 [515]
510	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus dem von den Energieverbrauchern Niedersachsens 2013 nach dem Solidar-Prinzip verursachten Bioethanol-Verbrauch (vollständig als Beimischung zum Ottokraftstoff) gemäß [511], abzüglich der auf eigener Fläche erzeugten Menge [513]. Der Importanteil liegt bei 65,5 % vom Verbrauch.			
511	1.185 GWh Verbrauch von Bioethanol wurde in Niedersachsen 2013 nach dem Solidar-Prinzip verursacht, resultierend aus dem deutschen Verbrauch [512] und dem Einwohnerproporz (Verhältnis 'Energieverbraucher Niedersachsens nach dem Solidar-Prinzip [37] zur deutschen Einwohnerzahl [59]).			
512	8.891 GWh Verbrauch von Bioethanol im Verkehrssektor in Deutschland 2013 gemäß [9.57] S. 17.			
513	Ein Anteil von 409 GWh am Bioethanol-Aufkommen stammte in Niedersachsen 2013 aus dem Anbau von Getreide und Zuckerrüben im Land, resultierend aus einer Anbaufläche von 15.004 ha [495] und einem durchschnittlichen Energieertrag von 27,3 MWh/ha/a [500].			
515	- ZIEL-Ansatz: Ein Import von Bioethanol bzw. dessen Ausgangsprodukten für energetische Zwecke ist nicht mehr vorgesehen. Vor dem Hintergrund gravierender globaler Probleme erscheint die Inanspruchnahme von Anbauflächen im Ausland nicht sinnvoll: Welthungerproblem in Verbindung mit globalem Bevölkerungswachstum, Wüstenbildung.			
517	Umgebungswärme (Wärmepumpe)			
519	Wärmepumpen - Stromverbrauch jährlich	MWh/ha/a	133 [520]	8.810 [524]
520	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus der installierten Wärmepumpen-Anschlussleistung [521] und den Jahresvollbenutzungsstunden 483.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
521	Gemäß Umweltbericht des Niedersächsischen Umweltministeriums [9.139] wird die installierte Wärmepumpenleistung der oberflächennahen geothermischen Anlagen auf ca. 70 MW geschätzt. Dies wird hier als elektrische Anschlussleistung gewertet, da sich gasbetriebene Wärmepumpen noch im Pilotstadium befinden.			
522	Gemäß Bundesverband Wärmepumpe werden die Jahresvollbenutzungsstunden der Heizungswärmepumpen im Feldbestand Deutschlands (Jahr 2010) mit 1.900 h/a angegeben, dieser Wert wird für Niedersachsen 2013 übernommen.			
524	- ZIEL-Ansatz: Gewählt entsprechend dem Bedarf an Gebäudewärme, der nicht aus anderen Quellen (Abwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, Solarthermie, Brennstoffen, elektrische Widerstandsheizungen) gedeckt wird. Hier werden Wärmepumpen als ideale Lösung zur Schonung der begrenzten Brennstoffpotenziale und wegen der 3-4 fachen Wärmeausbeute auch zum Ersatz der strombetriebenen Widerstandsheizungen eingesetzt. Unter Annahme der Jahresvollbenutzungsstunden gemäß [525] resultiert eine elektrische Anschlussleistung von 5.182 MW .			
525	Nach Untersuchungen des Bundesverbandes Wärmepumpe hat eine bessere Wärmedämmung durch energetische Sanierung und zunehmenden Anteil energieeffizienter Neubauten einen senkenden Einfluss auf die Jahresvollbenutzungsstunden, 1.700 h/a werden für die neu installierten Wärmepumpen im Jahr 2030 prognostiziert [9.60] S. 27.			
527	Wärmep. - Anteil Anlagen mit Luftkopplung	%	45,7 [528]	72,0 [530]
528	- STATUS-Ansatz: Nach einer Auswertung der Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland von 1993 bis 2013 gemäß Bundesverband Wärmepumpe [9.60], S. 41, haben die luftgekoppelten Anlagen im Feldbestand Deutschlands einen Anteil von 45,7%, der Wert wird für Niedersachsen übernommen. Der übrige Anteil besteht aus Anlagen mit Erdreichkopplung (Erdkollektoren, Erdsonden) und Wasserkopplung (Brunnen), die von der Jahresarbeitszahl höher liegen und daher gesondert zu betrachten sind.			
530	- ZIEL-Ansatz: Nach Untersuchungen des Bundesverbandes Wärmepumpe [9.60], S. 41, wird ein künftig zunehmender Anteil luftgekoppelter Heizungswärmepumpen trotz geringerer Jahresarbeitszahlen prognostiziert, begründet durch die einfachere Installation und geringeren Kosten (keine Erdsonden bzw. Brunnen erforderlich). Für den betrachteten Prognosezeitraum 2015 bis 2030 wird ein Anteil von 72,0% angegeben, der als Zielwert für Niedersachsen übernommen wird.			
532	Wärmep. Luftkopplung - Jahresarbeitszahl	%	2,8 [534]	3,3 [536]
533	Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpen-Anlage gibt an, das wievielfache der eingesetzten Antriebsenergie als Nutzwärme bereit gestellt wird. Die Differenz zum Energieeinsatz = 1 (Antriebsenergie für die Wärmepumpe) resultiert aus gewonnener Umgebungswärme (aus dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Umgebungsluft).			
534	- STATUS-Ansatz: Nach einer Auswertung der Jahresarbeitszahlen der in Deutschland von 1993 bis 2013 abgesetzten Heizungswärmepumpen gemäß Bundesverband Wärmepumpe [9.60], S. 32, kommen die luftgekoppelten Anlagen im Feldbestand auf eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl (gewichtetes Mittel) von 2,8, der Wert wird für Niedersachsen übernommen.			
536	- ZIEL-Ansatz: 3,3 gemäß [537] erscheint aus Gutachtersicht erreichbar, die Branchenangabe gemäß [538] ist offensichtlich zu optimistisch.			
537	In einer Untersuchung des Fraunhofer ISE von Wärmepumpen im realen Betrieb [9.84], S. 30, Bild 19, übertrafen nur zwei von 18 untersuchten luftgekoppelten Anlagen die Jahresarbeitszahl 3,3, während der Bestwert nur ganz knapp bei 3,4 lag. Viel mehr als die heutigen Spitzenwerte dürften im Jahr 2050 im Rahmen der Lernkurve im Durchschnitt über alle Anlagen wohl kaum erreicht werden können.			
538	Nach Angaben des Bundesverbandes Wärmepumpe [9.60], S. 32, kann durch technische Weiterentwicklungen und niedrigere Vorlauftemperaturen besser gedämmter Gebäude mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Jahresarbeitszahl für luftgekoppelte Anlagen auf einen im Jahr 2020 erreichbaren Endwert von 3,8 gerechnet werden.			
540	Wärmep. Erdreich-/Wasserk. - Jahresarbeitszahl	%	3,4 [542]	4,4 [544]
541	Begriffsbestimmung siehe [533].			
542	- STATUS-Ansatz: Nach einer Auswertung der Jahresarbeitszahlen der in Deutschland von 1993 bis 2013 abgesetzten Heizungswärmepumpen gemäß Bundesverband Wärmepumpe [9.60], S. 32, kommen die Erdreich- und Wassergekoppelten Anlagen im Feldbestand auf eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl (gewichtetes Mittel) von 3,4, der Wert wird für Niedersachsen übernommen.			
544	- ZIEL-Ansatz: Nach Angaben des Bundesverbandes Wärmepumpe [9.60], S. 32, ist durch technische Weiterentwicklungen und niedrigere Vorlauftemperaturen besser gedämmter Gebäude mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Jahresarbeitszahl für Erdreich- und Wassergekoppelte Anlagen (letztere nur geringfügig höher, hier zusammengefasst) zu rechnen. Hier wird der für das Jahr 2030 prognostizierte Wert von 4,4 als Zielwert für Niedersachsen angenommen.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
546	Wärmeertrag Erdreich/Grundwasser (oberflächennah)	%	1.000 [547]	1.000 [549]
547	- STATUS-Ansatz: Für Erdreichgekoppelte Wärmepumpenanlagen wird in [9.117], S. 410, ein durchschnittliches Wärmeentzugspotenzial von jährlich 360 MJ/qm angegeben, entsprechend 100 kWh/qm bzw. 1.000 MWh/ha. Dieser Durchschnittswert dient im Szenario zur Abschätzung der für Wärmeentzug beanspruchten Fläche, um Überbeanspruchungen zu vermeiden. Gemäß [9.117], S. 452 können etwa 13% der Siedlungsflächen als geeignete Potenzialflächen für oberflächennahe Erdwärme angesehen werden.			
549	- ZIEL-Ansatz: Status-Wert wird übernommen, da der Wärmeertrag von der Bodenbeschaffenheit abhängt, die als konstant vorausgesetzt werden kann.			
551	Tiefen-Geothermie			
553	Tiefen-Geoth. - Netzanschlussleistung (elektrisch)	MW	0 [554]	500 [556]
554	- STATUS-Ansatz: Gemäß AEE [9.13] Zeile 37 bisher keine Stromerzeugung aus Tiefen-Geothermie (ebenfalls keine Wärmeerzeugung).			
556	- ZIEL-Ansatz:			
558	Tiefen-Geoth. - Vollbetriebsstunden (Stromerzeug.)	MWh/ha/a	0 [559]	8.500 [561]
559	- STATUS-Ansatz: (siehe [554])			
561	- ZIEL-Ansatz: Gemäß TAB [9.178], S. 52, "eignet sich die Geothermie vor allem für die Grundlastherzeugung, da es sich um eine Kapitalintensive Energiebereitstellungsoption handelt mit hohen Investitionskosten und niedrigen Betriebskosten."			
563	Tiefen-Geoth. - Nutzungsgrad (elektrisch)	%	0,0 [564]	10,0 [566]
564	- STATUS-Ansatz: (siehe [554])			
566	- ZIEL-Ansatz: Gemäß TAB [9.178], S. 52, beträgt bei der Stromerzeugung mit Tiefen-Geothermie der "...Wirkungsgrad der Stromerzeugung ca. 10% ...".			
568	Techn. Aquifer-Pot. Norddeutsches Becken	TWh	6.296 [569]	(n.r.)
569	Gemäß TAB [9.178], S. 35, liegt das in den Heißwasser-Aquiferen des norddeutschen Beckens gespeicherte technische Potenzial an Elektrischer Energie in der Größe von 6,8 EJ . Da auf Niedersachsen etwa ein Drittel des norddeutschen Beckens entfällt, wird dies hier vereinfachend auch für die Aquifere angenommen, dies entspricht 6.296 TWh . Mit einem Verstromungs-Wirkungsgrad von 10% [566] zurück gerechnet liegt das Heißwasser-Energiepotenzial bei 6.296 TWh . Diese Angabe dient im Sinne der Nachhaltigkeit zu der Abschätzung, nach welcher Betriebszeit das Potenzial erschöpft wäre (siehe dazu [570] und [571]).			
570	"Unter Nachhaltigkeitsaspekten sollte dieses (geothermische) technische Potenzial – auch vor dem Hintergrund seiner gewaltigen Dimensionen – nur innerhalb eines sehr langen Zeitraums erschlossen werden. Denn eine Regeneration der geothermischen Ressourcen infolge des natürlichen Wärmestroms ist über kürzere Zeiträume nicht möglich. Gründe hierfür liegen u. a. in der relativ geringen Eigenwärmeerzeugung des tieferen Untergrunds, in einem relativ kleinen Wärmestrom aus dem Erdinnern (im Bereich von rund 65 mW/m ²) und der im Allgemeinen vergleichsweise schlechten Wärmeleitfähigkeit von Gesteinen. Eine einmal vollständig abgekühlte Gesteinformation benötigt einige Jahrhunderte oder länger, um wieder die ursprüngliche Temperatur zu erreichen." [9.178] S. 51.			
571	"...bei der Ermittlung des technischen Angebotspotenzials (...) wird davon ausgegangen, dass das o.g. technische Potenzial über einen Zeitraum von 1.000 Jahren sukzessive erschlossen werden kann." [9.178] S. 51.			
573	Tiefen-Geoth. - Technisches Gesamtpot.Nds.	TWh	61.111 [574]	(n.r.)
574	Gemäß TAB [9.178], S. 39, liegt das im Kristallinen Gestein des norddeutschen Beckens gespeicherte technische Potenzial an Elektrischer Energie in der Größe von 66 EJ . Da auf Niedersachsen etwa ein Drittel des norddeutschen Beckens entfällt, wird dies hier vereinfachend auch für das Potenzial angenommen, dies entspricht 6.111 TWh . Mit einem Verstromungs-Wirkungsgrad von 10% [571] zurück gerechnet liegt das Heißwasser-Energiepotenzial bei 61.111 TWh . Diese Angabe dient im Sinne der Nachhaltigkeit zu der Abschätzung, nach welcher Betriebszeit das Potenzial erschöpft wäre (siehe dazu [575]).			
575	3.000.000 TWh Wärmepotenzial aus Geothermie sind in Deutschland über einen Zeitraum von 1000 Jahren zur Verstromung nutzbar, resultierend aus einer Abschätzung des TAB [9.178], S. 55: 300.000 TWh jährliches technisches Angebotspotenzial geothermischer Stromerzeugung, nutzbar mit einem Verstromungs-Wirkungsgrad von 10% [566]. Im Gestein gespeicherte Wärme macht mit 95% den größten Anteil aus.			
577	Tiefen-Geoth. - eff.Nutzungsgrad KWK-Abwärme	%	0,0 [578]	0,0 [580]
578	- STATUS-Ansatz: (siehe [554])			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
580	- ZIEL-Ansatz: Wegen des geringen Temperaturniveaus der geothermischen Wärmequellen (in Unterhaching z.B. 122°C) liegen die Wirkungsgrade bei der Stromerzeugung niedrig (brutto etwa 10-13%). Aus dem gleichen Grund ist die Abwärmenutzung aus der Verstromung (Kraft-Wärme-Kopplung) physikalisch nicht möglich, der Nutzungsgrad wird hier daher mit Null angesetzt. In realen Projekten mit Wärmelieferung (z.B. Geothermiekraftwerk Unterhaching) handelt es sich um parallele Zweige von Stromerzeugung und Wärmelieferung.			
582	Wasserstofferzeugung (als Brennstoff, für Kraftstoff- und Grundstoffsynthese)			
584	Wasserstofferzeugung - Stromeinsatz	GWh/a	<input type="text" value="0"/> [585]	<input type="text" value="55.000"/> [587]
585	- STATUS-Ansatz: Die elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff aus Wind- und Solarstrom ist eine Zukunftsoption zur Substitution der heute verwendeten fossilen Brennstoffe, Kraftstoffe und Grundstoffe für die Chemieindustrie.			
587	- ZIEL-Ansatz: Wurde so gewählt, dass der verbleibende Restbedarf an Brennstoffen, Kraftstoffen und Grundstoffen (nach Elektrifizierung und Abdeckung durch das begrenzte Angebot an Biobrennstoffen) gedeckt werden kann.			
589	Wasserelektrolyse - Nutzungsgrad	%	<input type="text" value="0,0"/> [590]	<input type="text" value="65,0"/> [592]
590	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].			
592	- ZIEL-Ansatz: Aus einem breiten Spektrum von Einschätzungen wird hier ein optimistischer Wert aus der Leitstudie 2011 verwendet [593].			
593	65% Wirkungsgrad bezogen auf den Heizwert Hi resultieren aus der Annahme eines bis 2050 erreichbaren Wirkungsgrades von 77% gemäß [9.51], S. 39, der allem Anschein nach auf den Brennwert bezogen ist, und einem Verhältnis von Brennwert Hs zu Heizwert Hi bei Wasserstoff von 1,182. Diese Anpassung ist zur Gewährleistung der Konsistenz notwendig, da sämtliche übrigen Brennstoffe mit ihrem Heizwert Hi in die Kalkulation eingehen (dieser Sachverhalt blieb in den meisten Studien bisher unberücksichtigt).			
595	Wasserstofferzeugung - Anteil für Prozesswärme	%	<input type="text" value="0,0"/> [596]	<input type="text" value="0,0"/> [598]
596	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].			
598	- ZIEL-Ansatz: Auf die Verwendung von Wind-/Solarwasserstoff für Prozesswärme wurde zugunsten der Mobilen Anwendungen [600] und der Grundstofferzeugung [611] verzichtet. Ein großer Teil der Prozesswärmeanwendungen wird sich auf Strom umstellen lassen, womit Wandlungsverluste vermieden werden. Für die auf Brennstoffe angewiesenen Prozesse sind die festen Biobrennstoffe vorgesehen [286][320]. Eine gewisse Optimierung wäre durch bivalente Prozessöfen möglich, die in Stromüberschussphasen mit Strom und in Mangelphasen mit Wasserstoff betrieben werden, dadurch entfallen die Rückverstromungsverluste.			
600	Wasserstofferz. - Anteil für Mobile Anwendungen	%	<input type="text" value="0,0"/> [601]	<input type="text" value="37,5"/> [603]
601	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].			
603	- ZIEL-Ansatz: Die Substitution der fossilen Kraftstoffe im Verkehrsbereich und bei den übrigen mobilen Anwendungen stellt eine besondere Herausforderung dar [XXX]. Für den nicht durch Elektrifizierung oder Biokraftstoffe abzudeckenden Restbedarf können synthetische Kraftstoffe auf Basis von Wind-/Solarwasserstoff dienen, was hier durch einen hohen Anteil berücksichtigt wurde.			
605	Kraftstoffsynthese - Nutzungsgrad	%	<input type="text" value="0,0"/> [606]	<input type="text" value="63,0"/> [608]
606	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].			
608	- ZIEL-Ansatz: Der Nutzungsgrad ist stark abhängig vom Mix der verschiedenen Kraftstoffe: Wasserstoff kann mit einem Nutzungsgrad von nahe 100 % bereitgestellt werden, für die Wasserstoff-Methanisierung zu tankbarem Autogas ist mit einem Nutzungsgrad von 80% [614] zu rechnen. Hier wird die Erzeugung von flüssigen Kraftstoffen Kerosin, Benzin und Diesel angenommen, die beispielsweise im Luftverkehr ohne Alternative sind. Der Nutzungsgrad der Kraftstoffgewinnung aus Wasserstoff liegt gemäß [609] bei 63 %.			
609	In einer Studie von LBST für den FVV [9.78], 3-62, werden für die Herstellung von Benzin, Kerosin und Diesel auf der Grundlage von Wasserstoff aus der elektrischen Wasserelektrolyse über den Methanopfad für den Produktmix folgende Gesamtwirkungsgrade angegeben: 47 % wenn CO2 aus Biogas verwendet werden kann, 41 % wenn CO2 aus der Verbrennung von Biomasse verwendet werden kann und 36 % wenn das CO2 aus der Luft gewonnen werden muss. Hier wird das Mittel über die drei Fälle angenommen, aus dem Wirkungsgrad von 41% und dem in der Studie angenommenen Elektrolyse-Wirkungsgrad von 65% resultiert ein Synthese-Wirkungsgrad von 63% .			
611	Wasserstoff-Methanisierung - Nutzungsgrad	%	<input type="text" value="0,0"/> [612]	<input type="text" value="80,0"/> [614]
612	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
614 - ZIEL-Ansatz: Aus einem breiten Spektrum von Einschätzungen wird hier ein optimistischer Wert aus der Leitstudie 2011 verwendet [615].			
615 Auf einen erreichbaren Wirkungsgrad von etwa 80 % für die Methanisierung von Wasserstoff kann aus den Angaben in [9.51], S. 39 gefolgert werden.			
617 Langzeitspeicherung Strom			
619 Langzeitspeicherung - Stromaufnahme	GWh/a	0 [624]	43.764 [626]
620 Mit steigenden Anteilen von Wind- und Solarstrom werden zum Ausgleich von Mangelphasen Stromspeicher erforderlich, die in Phasen mit Stromüberschuss entsprechende Energiemengen aufnehmen können. Neben dem Ausgleich kurzzeitiger Schwankungen im Sekunden-, Minuten- und Stundenbereich (siehe [664]) wird eine Langzeitspeicherung über Tage, Wochen und Monate hinweg erforderlich.			
621 Zur Schaffung der großen dafür erforderlichen Speicherkapazitäten kommt aus heutiger Sicht in Deutschland nur die stoffliche Speicherung in Form von Gas in Frage. Dazu wird überschüssiger Strom durch Wasser-Elektrolyse in Wasserstoff gewandelt, unter Druck in unterirdische Kavernen und Porenspeicher gepresst (in gleicher Weise wie heute Erdgas und Erdöl) und in Mangelphasen in Blockheizkraftwerken (durch Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen) wieder rückverstromt.			
622 Die stoffliche Speicherung von Strom ist vor allem durch Elektrolyse und Rückverstromung mit hohen Wandlungsverlusten verbunden, die durch entsprechend erhöhte Wind- und Solarstromeinspeisung ausgeglichen werden müssen. Im Interesse einer Minimierung der Wandlungsverluste wird auf eine zusätzliche Methanisierung des Wasserstoffs verzichtet und dafür ein wegen unterschiedlicher Energiedichte 3,3-faches Speichervolumen in Kauf genommen.			
623 Mit Hilfe einer Simulation wurden aufgrund der Szenario-Ansätze die täglichen Speicherflüsse und daraus Nutzungsgrad und die mindestens erforderliche Speicherkapazität ermittelt, wobei der Nutzungsgrad im Szenario kalkulatorisch berücksichtigt wird. Simulationsmodell, Parameter und Jahresgang dieser Simulation siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS].			
624 - STATUS-Ansatz: Die stark schwankende Einspeisung von Wind- und Solarstrom kann bislang vollständig durch entsprechende Regelung der Pumpspeicher- und fossilen Kraftwerke ausgeglichen werden. Die Speicherung von Stromüberschüssen zum Ausgleich von Mangelphasen über Tage und Wochen hinweg ist daher noch nicht erforderlich geworden.			
626 - ZIEL-Ansatz: 43.764 GWh an Überschuss-Strom müssen der Wasser-Elektrolyse zur Stromspeicherung während eines Jahres zugeführt werden, um ausreichend Gas zur Rückverstromung in Mangelphasen bereit stellen zu können (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]).			
628 Stromspeicherung gesamt - Nutzungsgrad	%	0,0 [629]	32,9 [631]
629 - STATUS-Ansatz: Lanzeitstromspeicherung bislang noch nicht relevant [624].			
631 - ZIEL-Ansatz: Ein Gesamt-Jahresnutzungsgrad der Strom-Langzeitspeicherung von 32,9 % als Verhältnis von der rückverstromten zu der der Elektrolyse zugeführten Strommenge resultiert aus der Simulation (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]) mit den folgenden Parametern [632]...[637]:			
632 Die Nennleistung der Wasser-Elektrolyse entspricht 100 % des durchschnittlichen Strom-Endverbrauchs (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]). An Tagen mit Erzeugungsspitzen, die über den Verbrauch plus Aufnahmefähigkeit der Elektrolyse hinausgehen, erfolgt eine entsprechende Abregelung des Wind- bzw. PV-Anlagenparks [648].			
633 Als Nutzungsgrad der Wasser-Elektrolyse wurde 65 % gewählt (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]). Aus einem breiten Spektrum von Einschätzungen wird hier ein optimistischer Wert aus der Leitstudie 2011 verwendet [593].			
634 Als Verlust der Wasserstoffspeicher wurde in Anlehnung an [9.204] 0,1 % der aktuellen Ladung pro Tag angenommen (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]). Nach anderen Einschätzungen liegen die Verluste wesentlich niedriger und könnten vernachlässigt werden.			
635 58,5% Nutzungsgrad für die Rückverstromung des Wasserstoffs in Mangelphasen resultiert aus der Annahme, dass sie jeweils zur Hälfte in Blockheizkraftwerken mit Wärmerückgewinnung und einem elektrischen Wirkungsgrad von 52% [636] erfolgt, zur anderen Hälfte in Spitzenlastkraftwerken ohne Wärmenutzung mit 65% [636].			
636 Wasserstoff-Rückverstromungs-Wirkungsgrade gemäß Leitstudie [9.51], S. 39: 52% elektrisch bei Blockheizkraftwerken mit 40% nutzbarer Abwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung als eine Variante, 65% elektrisch bei Spitzenlastkraftwerken zur kurzfristigen Leistungsbereitstellung ohne Wärmenutzung als andere Variante.			
638 Stromspeicher. Abwärme KWK - Nutzanteil eff.	%	0,0 [639]	12,7 [641]
639 - STATUS-Ansatz: Lanzeitstromspeicherung bislang noch nicht relevant [624].			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
641	- ZIEL-Ansatz: 12,7% tatsächlich genutzte Abwärme aus der Rückverstromung von Wasserstoff bezogen auf den aufgenommenen Elektrolysestrom [626] resultieren aus der Annahme, dass die Hälfte der Rückverstromung in Blockheizkraftwerken (Kraft-Wärme-Kopplung) erfolgt [635] und das gesamte Abwärmepotenzial (BHKW-Wirkungsgrad thermisch 40% [636]) zeitlich und örtlich vollständig (effektiv) als Gebäudewärme verwertet werden kann.			
643	Stromspeicherung - Gasspeicherkapazität min.	GWh	<input type="text" value="0"/> [644]	<input type="text" value="18.755"/> [646]
644	- STATUS-Ansatz: Lanzeitstromspeicherung bislang noch nicht relevant [624].			
646	- ZIEL-Ansatz: Die Strom-Langzeitspeicherung erfordert eine Mindestspeicherkapazität für Wasserstoff von 18.755 GWh, das resultiert aus der Simulation (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]).			
648	Abregelung von Wind- und Solarstrom	GWh/a	<input type="text" value="0"/> [649]	<input type="text" value="1.942"/> [651]
649	- STATUS-Ansatz: Lanzeitstromspeicherung bislang noch nicht relevant [624]. Hier nicht bewertet wird die Ausfallarbeit, die bereits im Jahr 2013 durch Abregelung vor allem bei Windenergieanlagen im Rahmen des Einspeisemanagements entstanden ist (Deutschlandweit 555 GWh, größtenteils in den nördlichen Bundesländern).			
651	- ZIEL-Ansatz: Aufgrund der begrenzten Kapazität der Wasser-Elektrolyse zur Strom-Langzeitspeicherung gemäß [632] kann an Tagen mit besonders hohem Wind- bzw. Solarstromangebot nicht die gesamte Strommenge verwertet werden, aus der Abregelung des Anlagenparks entsteht eine Ausfallarbeit von 1.942 GWh, das resultiert aus der Simulation (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]).			
653	Stromübertragung			
655	Stromeinfuhr (Erneuerbar) in Solidarbereich	GWh/a	<input type="text" value="0"/> [656]	<input type="text" value="0"/> [658]
656	- STATUS-Ansatz: Die Einfuhr von Strom aus erneuerbaren Quellen von außerhalb Deutschlands ist zurzeit nicht relevant. Sie wird als Zukunftsoption diskutiert, beispielsweise aus Solarthermischen Kraftwerken in der Sahara.			
658	- ZIEL-Ansatz: Die Einfuhr von Strom aus erneuerbaren Quellen von außerhalb Deutschlands wird hier nicht vorgesehen. Einer möglichen Entlastung der eigenen energetischen Flächenbeanspruchung stehen andere Aspekte entgegen, beispielsweise steigende Risiken für die Versorgungssicherheit oder der durch wirksamen Klimaschutz stark wachsende Bedarf an erneuerbaren Energien weltweit.			
660	Übertragungsverluste Stromnetz	%	<input type="text" value="5,2"/> [661]	<input type="text" value="15,2"/> [663]
661	- STATUS-Ansatz: Gemäß Energiebilanz Deutschland für das Jahr 2012 [9.31] (Aufbereitung siehe [8.22]) kommen zum Endverbrauch im Stromnetz 5,5% Übertragungsverluste im Stromnetz. Bezogen auf die Einspeisung ins Stromnetz entspricht das 5,2% Übertragungsverlusten, die hier auch für Niedersachsen angenommen werden.			
663	- ZIEL-Ansatz: Die künftige Netzstruktur und deren Eigenschaften sind aus heutiger Sicht schwer einschätzbar. Es wird hier davon ausgegangen, dass die spezifischen Netzübertragungsverluste keinen gravierenden Änderungen unterworfen sein werden, der Statuswert von 5,2% wird beibehalten. Zusätzlich werden hier 10% Verluste aus der künftig erforderlichen Kurzzeitspeicherung und Netzstabilisierung gemäß [664] berücksichtigt.			
664	Auf 10% relativ zur Einspeisung ins Stromnetz werden die Verluste durch Kurzzeitspeicherung von Strom zum Schwankungsausgleich jeweils innerhalb eines Tages und zur Netzstabilisierung nach einer eigenen überschlägigen Abschätzung veranschlagt. Dabei wird unterstellt, dass gut 30 % des Jahresstromverbrauchs zum Mangelausgleich aus Kurzzeitspeichern (Pumpspeicher-Kraftwerke, Batterien, adiabate Druckluftspeicherkraftwerke usw.) zugeführt werden müssen und diese einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 75 % aufweisen.			
666	Wirtschaftliche Entwicklung			
668	Betrachteter Zeitraum	Kal.-Jahr	<input type="text" value="2012"/> [671]	<input type="text" value="2050"/> [673]
669	Die jährliche Veränderungsrate für die wirtschaftliche Entwicklung [675] ist als Durchschnittswert für den Zeitraum vom Statusjahr bis zum Zieljahr angegeben:			
671	- STATUS-Ansatz: Gemäß Szenario-Rahmen [27].			
673	- ZIEL-Ansatz: Gemäß Szenario-Rahmen [27].			
675	Durchschnittliche Jahresrate BIP/Kopf	%	<input type="text" value="1,04"/> [676]	

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
676	Der Ansatz für die wirtschaftliche Entwicklung orientiert sich an drei Studien zur Energiezukunft Deutschlands. Für das Bruttoinlandsprodukt bzw. die Bruttowertschöpfung werden dort folgende durchschnittliche Wachstumsraten angenommen: 0,85 %/a in der BMU-Leitstudie 2011 [678], 0,7 %/a im WWF-Szenario [679] und ebenfalls 0,7 %/a in der UBA-Studie Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [680]. In diesem Szenario wird für das absolute Wachstum eine durchschnittliche Rate von 0,7%/a angenommen. Bei der angesetzten Bevölkerungsdegression [37] entspricht das einer durchschnittlichen pro-Kopf-Wachstumsrate von 1,04 %/a.			
677	HINWEIS: Der Nachweis einer umweltverträglichen und versorgungssicheren Energieversorgung mit 100% Erneuerbaren Energien (Zielprämissen) unter Fortschreibung des Wirtschaftswachstums wird mit diesem Szenario für das Jahr 2050 erbracht. Dazu wurden die vertretbaren bzw. zumutbaren Flächenpotenziale für Energiegewinnung und die Effizienzpotenziale weitgehend ausgeschöpft, ein über 2050 hinaus weiter steigender Energiebedarf wäre unter Einhaltung der Zielprämissen von der Fläche Niedersachsens nicht zu decken. Voraussetzung für weiteres Wirtschaftswachstum ist somit entweder eine vollständige Entkopplung des Energieverbrauchs oder der Import regenerativer Energien vom Weltmarkt, der prinzipiell allerdings ebenfalls begrenzt ist.			
678	BMU Leitstudie 2011 [9.51], S. 2: "In den Szenarien wächst das Bruttoinlandsprodukt (ausgehend vom Niveau 2010) bis zum Jahr 2050 real um über 40%." Das entspricht einer Wachstumsrate von 0,85%/a.			
679	WWF Modell Deutschland [9.204], S. 38: "Den Szenarien liegt ein durchschnittliches reales Wirtschaftswachstum von 0,7% p.a. zu Grunde."			
680	UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 29: Geht im Szenario davon aus, "...dass Deutschland im Jahre 2050 ein exportierendes Industrieland mit einem bis dahin durchschnittlichen jährlichen Wirtschaftswachstum von 0,7 % des Bruttoinlandsprodukts ist."			
682	BIP pro Kopf	€	33.569 [683]	(resultiert) [685]
683	- STATUS-Ansatz: Wirtschaftsleistung Deutschlands im Jahr 2012 als Bruttoinlandsprodukt pro Kopf gemäß STATISTA [9.169].			
685	- ZIEL-Ansatz: Nicht hier im Datenmodell erforderlich. Resultiert aus dem Statusansatz [683] und der durchschnittlichen Jahresrate für die Veränderung des Bruttoinlandsproduktes pro Kopf [675] im Betrachtungszeitraum [668]. Berechnung erfolgt in der Szenario-Tabelle nach der Zinseszins-Formel.			
687	Anteil Dienstleistungsbereiche an BIP/Kopf	%	68,6 [688]	68,6 [690]
688	- STATUS-Ansatz: Gemäß [9.166] für Deutschland im Jahr 2014. Dient der Abgrenzung der Dienstleistungsbereiche von produzierendem Gewerbe (Industrie) einschließlich Baugewerbe (produzierender Teil im Sektor 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, wie er in der Energiebilanz gefasst ist) zur Berechnung mit unterschiedlichen wirtschaftlichen Entwicklungen.			
690	- ZIEL-Ansatz: Dient der Abschätzung der wirtschaftlichen Entwicklung und des daraus resultierenden Energiebedarfs differenziert für den Industrie- und Dienstleistungsbereich. Er ist orientiert an folgender Überlegung: Einerseits war in der Vergangenheit eine Verschiebung vom Produzierenden bzw. verarbeitenden Gewerbe zu Handel/Dienstleistungen zu verzeichnen. Andererseits ist davon auszugehen, dass dieser Trend in Deutschland als Industrie- und Exportnation sich nicht beliebig fortsetzt. Hier wird von einem gleichbleibenden Anteil ausgegangen.			
692	Kraft, Licht, Inform./Komm., Kälte-Endenergieverbr. (KLIK)			
694	Anteil Haushalte an KLIK	%	17,0 [695]	17,0 [697]
695	- STATUS-Ansatz: Endenergieverbrauch der elektrischen Geräte in Haushalten für Kraft=Mechanische Energie, Licht=Beleuchtung, Informations-/Kommunikations-Kommunikations-Technologien, Kälte (Geräte für Gebäudewärme- und Prozesswärme-Bereitstellung sind unter GW bzw. PW gefasst und bleiben hier ausgespart). Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.90].			
697	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich 'Kraft, Licht, Informations-/Kommunikations-Technologien, Kälte' im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
699	Zieleinfluss Endgeräte-Effizienz Haushalte auf KLIK	%	100,0 [700]	73,0 [702]
700	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Strombedarf pro erbrachte Dienstleistung) der elektrischen Geräte in Haushalten für Kraft=Mechanische Energie, Licht=Beleuchtung, Informations-/Kommunikations-Kommunikations-Technologien, Kälte (Geräte für Gebäudewärme- und Prozesswärme-Bereitstellung sind unter GW bzw. PW gefasst und bleiben hier ausgespart). Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
702 - ZIEL-Ansatz: Orientiert an den Ergebnissen einer Studie des VDE [9.189], aufbereitet in [9.157], Absatz Ba72. 703 Die pessimistischere Aussage in [704] blieb hier unberücksichtigt.			
704 Nach den Aussagen eines Forschungsberichtes an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [9.148], S. 54 kann das Effizienz-Potenzial als marginal eingeschätzt werden: Wäschetrockner und Waschmaschinen werden auf 10% Bedarfsminderung (Wirtschaftliches Potenzial 2007-2016) geschätzt, Kochen und Backen bleiben, vermutlich wegen sehr geringer Potenziale, unbetrachtet.			
706 Anteil Handel/Dienstleistungen an KLIK	%	29,6 [707]	29,6 [709]
707 - STATUS-Ansatz: Endenergieverbrauch der elektrischen Geräte im Sektor Handel/Dienstleistungen (ohne produzierendes Gewerbe) für Licht=Beleuchtung, Informations-/Kommunikations-Technologien, Kälte (Geräte für Gebäudewärme-Bereitstellung sind unter GW gefasst und bleiben hier ausgespart). Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.91].			
709 - ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Kraft/Licht/Informations-u.Kommunikationstechnologien/Kälte im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, das sich ohne Volumen-, Effizienz-und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
711 Zieleinfl.Handels-/Dienstleist.-Vol./Pers.auf KLIK	%	100,0 [712]	148,2 [714]
712 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Stromverbrauchs für Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte im Durchschnitt über alle Prozesse im Dienstleistungsbereich (Sektor 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen' ohne den gewerblichen Anteil). Dient als Referenz für den im Ziel durch wirtschaftliche Entwicklung veränderten Energiebedarf.			
714 - ZIEL-Ansatz: Es wird angenommen, dass die wirtschaftliche Entwicklung im Handels-/Dienstleistungssektor sich proportional auf den Stromverbrauch in diesem Bereich auswirkt.			
716 Zieleinfluss Prozess-Effizienz Dienstleist. auf KLIK	%	100,0 [717]	73,0 [719]
717 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Stromverbrauchs für Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte im Durchschnitt über alle Prozesse im Dienstleistungsbereich (Sektor 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen' ohne den gewerblichen Anteil). Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf bei gleichem Leistungsumfang.			
719 - ZIEL-Ansatz: Orientiert an den Ergebnissen einer Studie des VDE [9.189], aufbereitet in [9.157], Absatz Ba72.			
722 Anteil Industrie + produzierendes Gewerbe an KLIK	%	53,4 [723]	53,4 [725]
723 - STATUS-Ansatz: Endenergieverbrauch der elektrischen Geräte im Sektor Industrie plus Gewerbeanteil im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen für Kraft=Mechanische Energie, Licht=Beleuchtung, Informations-/Kommunikations-Technologien, Kälte (Geräte für Gebäudewärme- und Prozesswärme-Bereitstellung sind unter GW bzw. PW gefasst und bleiben hier ausgespart). Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.92].			
725 - ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Prozesswärme im Sektor Industrie, das sich ohne Volumen-, Effizienz-und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
727 Zieleinfl.Materialdurchsatz/Pers.auf KLIK	%	100,0 [728]	124,1 [730]
728 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Stromverbrauchs für Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte im Durchschnitt über alle Prozesse im produzierenden Gewerbe (Sektoren Industrie einschließlich Baugewerbe als Teil des Sektors 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen'). Dient als Referenz für den im Ziel durch wirtschaftliche Entwicklung veränderten Energiebedarf.			
730 - ZIEL-Ansatz: Es wird angenommen, dass die wirtschaftliche Entwicklung im produzierenden Gewerbe (Sektor Industrie einschließlich Baugewerbe als Teil des Sektors Gewerbe/Handel/Dienstleistungen) sich mit halber Intensität auf den Stromverbrauch in diesem Bereich auswirkt. Hintergrund für diese Annahme ist eine weiter zurückgehende Materialintensität der künftigen Produktpalette, wie dies beispielsweise in der Datenverarbeitung mit dem Trend zu immer kleineren Geräten zu beobachten ist. Diese Annahme ist allerdings mit großen Unsicherheiten behaftet.			
732 Zieleinfluss Prozess-Effiz.prod.Gewerbe auf KLIK	%	100,0 [733]	73,0 [735]
733 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Stromverbrauchs für Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte im Durchschnitt über alle Prozesse produzierenden Gewerbe (Sektor 'Industrie') plus dem gewerblichen Anteil des Sektors 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen'. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf bei gleichem Leistungsumfang.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
735	- ZIEL-Ansatz: Orientiert an den Ergebnissen einer Studie des VDE [9.189], aufbereitet in [9.157], Absatz S. 72.			
738	Gebäudewärme-Endenergieverbrauch (GW)			
740	Anteil Haushalte an GW	%	67,3 [741]	67,3 [743]
741	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.90].			
743	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Gebäudewärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
745	Wohnfläche pro Person	qm/Person	43,2 [746]	49,1 [748]
746	- STATUS-Ansatz: 43,2 qm/Kopf resultieren aus einer linearen Interpolation der angegebenen Werte von 42,0 für 2010 und 44,11 für 2015 gemäß BMU Leitstudie 2011 [9.51], S. 47.			
748	- ZIEL-Ansatz: 49,1 qm/Kopf gemäß BMU Leitstudie 2011 [9.51], S. 47, die hier als realistisch erscheinende Grundlage verwendet wird.			
750	Anteil GHD + Industrie an GW	%	32,7 [751]	32,7 [753]
751	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.91] + [7.92].			
753	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Gebäudewärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
755	Zieleinfluss Erwerbstätigkeit auf GW	%	100,0 [756]	91,3 [758]
756	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Bedarfs an Gebäudewärme in gewerblich genutzten Gebäuden. Dient als Referenz für den im Ziel durch Entwicklung der Erwerbstätigkeit veränderten Energiebedarf.			
758	- ZIEL-Ansatz: 91,3 % des heutigen Bedarfs an Gebäudewärme in gewerblich genutzten Gebäuden resultieren aus der Entwicklung der Anzahl Beschäftigter und der Nutzfläche pro Beschäftigtem [759].			
759	In der BMU Leitstudie 2011 [9.51], S.47, wird von einem Rückgang der Beschäftigtenzahlen auf 78% , aber von einem Anstieg der Nutzfläche pro Beschäftigtem auf 117% ausgegangen.			
761	Anteil Raumwärme an GW	%	85,3 [762]	85,3 [764]
762	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.44].			
764	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Gebäudewärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
766	Spez. Raumwärmeverbrauch	kWh/qm/a	124,8 [767]	45,2 [770]
767	- STATUS-Ansatz: Gemäß co2online [9.108] wird für Niedersachsen 2013 ein Heizenergieverbrauch von 137kWh/qm/a angegeben. Dieser liegt nahe am deutschen Durchschnittswert von 134 kWh/qm/a . Die Raumwärme hatte daran einen Anteil von 124,8 kWh/qm/a (errechnet mit [768]), der Rest dient der Warmwasserbereitung. Hier wird angenommen, dass der für Wohnungen ermittelte Wert ohne großen Fehler auch für gewerbliche und für Dienstleistungen genutzte Räume angesetzt werden kann.			
768	91,1% beträgt der Anteil Raumwärme am Heizenergieverbrauch der Wohnungen in Deutschland 2012, resultierend aus den Anwendungsbilanzen gemäß [9.28].			
770	- ZIEL-Ansatz: Unter der Annahme, dass 33% des künftigen Gebäudebestandes auf Passivhausstandard gebracht werden können und die übrigen Gebäude zukunftsfähig saniert werden [771], resultiert am Ende ein durchschnittlicher Raumwärmeverbrauch von 45,2kWh/qm/a, der hier angenommen wird. Dieser Ansatz liegt somit zwischen dem sehr optimistisch erscheinenden Ansatz in UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [772] und dem konservativen Ansatz in BMU Leitstudie 2011 [773].			
771	15 kWh/qm/a können nach eigenen Recherchen [9.157] als Raumwärmebedarf von Bauten im Passivhausstandard angenommen werden, 60 kWh/qm/a für zukunftsfähig sanierte Gebäude.			
772	UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 76: Geht im zielkonformen Szenario V1 von einer energetischen Gebäudesanierungsrate von 2,7%/a aus, wobei 82% des Bestandes auf einen durchschnittlichen Nutzwärmebedarf von 30 kWh/qm/a gebracht werden und 18 % durch Neubauten mit einem Nutzwärmebedarf von 10 kWh/qm/a ersetzt werden. Daraus resultiert ein Nutzwärmebedarf von 26 kWh/qm/a.			
773	BMU Leitstudie 2011 [9.51], S. 63: "In den Szenarien 2011 wird davon ausgegangen, dass der spezifische Endenergieverbrauch für Raumwärme in Wohngebäuden bis 2050 um über 57% auf 63 kWh/(m ² · a) im Jahr 2050 sinken wird.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
775	Gebäude-Sanierungs-/Ersatzrate	%	2,64	[776]
776	In Anlehnung an UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [772] wird hier die Sanierungsrate so gewählt, dass bis 2050 praktisch der gesamte Gebäudebestand auf einen zukunftsfähigen Wärmeschutz gebracht ist.			
778	Gebäudesanierungs-Zeitraum	Jahr:	2012	2050 [781]
779	- STATUS-Ansatz: Hier wurde aus Konsistenzgründen das allgemein für die Statusbetrachtung angenommene Referenzjahr [27] angenommen. Die die Sanierungsrate zurzeit aber sehr viel niedriger liegt, muss dies durch eine zweitweilig entsprechend erhöhte Sanierungsrate ausgeglichen werden.			
781	- ZIEL-Ansatz: Entsprechend [27].			
783	Anteil Warmwasser an GW	%	14,7	14,7 [786]
784	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.44].			
786	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Gebäudewärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
788	Zieleinfluss Verwend./Proz.Effizienz Warmwasser	kWh/qm/a	100,0	80,0 [791]
789	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status als Bezug für den künftig gesenkten Energiebedarf durch Effizienzsteigerung im Bereich der Warmwasser-Verwendung in Haushalten (z. B. Sparbrause) und verringerten Warmwasserbedarf durch optimierte Prozesse im gewerblichen und Dienstleistungsbereich.			
791	- ZIEL-Ansatz: Pauschale Annahme für die Senkung des Energiebedarfs für Warmwasser durch effiziente Anwendung in Haushalten (z. B. Sparbrause), Wärmerückgewinnung und Wassersparende Prozesse im gewerblichen Bereich.			
793	Anteil Strom an GW	%	4,5	(resultierend) [796]
794	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.37].			
796	- ZIEL-Ansatz: Resultiert aus 100% abzüglich Anteil Brennstoffe [804] abzüglich Anteil Wärme [798]. Begründung für den großen Anteil: Für Gebäudewärme lässt sich der universell einsetzbare und daher besonders wertvolle Energieträger Strom durch den Einsatz von Wärmepumpen um den Faktor 3-4 effizienter nutzen [524] als durch Direktwärme in Widerstandsheizungen (z. B. Nachtspeicherheizungen, Heizlüfter, Heizstrahler usw.).			
798	Anteil Wärme an GW	%	16,9	77,6 [801]
799	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.39].			
801	- ZIEL-Ansatz: Ansatz in Anlehnung an IWES [802] und UBA [808] aufgrund folgender Überlegung: Neben der Nutzung von Abwärme kann ein hoher Anteil mit Wärmepumpen gewonnener Umgebungswärme im Gebäudebereich zur Schonung der begrenzten Brennstoffpotenziale für kritische Anwendungen (z. B. Kraftstoffe, Prozesswärme) und zum effizienten Umgang mit Strom beitragen (siehe [524]).			
802	IWES Geschäftsmodell Energiewende [9.90], S. 14: "(...) hohe Durchdringung von 75% Wärmepumpen im Niedertemperaturbereich für Raumwärme und Warmwasser (...)".			
804	Anteil Brennstoffe an GW	%	78,5	0,0 [807]
805	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.41].			
807	- ZIEL-Ansatz: Die Nutzung von Biomasse zur Substitution der fossilen Brennstoffe als heutige Hauptquelle für Gebäudewärme liegt zwar nahe. Allerdings sind die Potenziale eng begrenzt und sie stehen in Konkurrenz mit Anwendungen, bei denen eine Substitution aus anderen Quellen technisch noch ungünstiger wäre (z. B. Kraftstoffe oder Brennstoffe in Industrieprozessen). Hier wird daher in Anlehnung an Variante 1 in Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [808] auf den Einsatz von Brennstoffen für Gebäudewärme verzichtet.			
808	UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 77: Ein Variantenvergleich zur Beheizung der Wohngebäude ergibt für die ausschließliche Anwendung von Wärmepumpen (V1 Energieziel 2050) einen Energieverbrauch von 27,3 TWh, bei Gasheizkesseln in den sanierten Gebäuden (V3) mit 63,5 TWh mehr als das Doppelte.			
810	Nutzungsgrad Endanwend. Brennstoffe für GW	%	80,0	85,0 [813]
811	- STATUS-Ansatz: Schätzwert für den durchschnittlichen Nutzungsgrad aller mit Brennstoff befeuerten Industrieöfen und gewerblichen Verbrennungsprozesse (Nutzenergie / Heizwert). Dient dazu, reduzierte Wandlungsverluste und damit die Bedarfsminderung bei der Endenergie für Prozesswärme zu ermitteln, die durch Effizienzgewinne und durch Verschiebung des Energiemix auf die verlustarm zu nutzenden Energieträger Strom und Wärme zu erreichen ist.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
813 - ZIEL-Ansatz: Annahme einer leichten Verbesserung durch Effizienzsteigerung bei Heizungskesseln und Öfen, der durch hohe Temperaturen und unvermeidliche Rauchgas-Verluste allerdings enge technische Grenzen gesetzt sind.			
815 Prozesswärme-Endenergieverbrauch (PW)			
817 Anteil Haushalte an PW	%	7,5 [818]	7,5 [820]
818 - STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.90].			
820 - ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Prozesswärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
822 Zieleinfluss Anwendungs-Effiz. Haushalte auf PW	%	100,0 [823]	90,0 [825]
823 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Prozesswärmebedarf pro erbrachte Dienstleistung) der thermischen Prozesse in Haushalten (Wäsche trocknen, Wäsche waschen, Kochen, Backen usw). Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.			
825 - ZIEL-Ansatz: Orientiert an den Aussagen eines Forschungsberichtes an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [9.148], S. 54. Danach kann das Effizienz-Potenzial als marginal eingeschätzt werden: Wäschetrockner und Waschmaschinen werden auf 10% Bedarfsminderung (Wirtschaftliches Potenzial 2007-2016) geschätzt, Kochen und Backen bleiben, vermutlich wegen sehr geringer Potenziale, unbetrachtet.			
827 Anteil Industrie und Gewerbe an PW	%	92,5 [828]	92,5 [830]
828 - STATUS-Ansatz: 92,5 % Industrie plus 0,0 % Gewerbe vom Endenergieverbrauch für Prozesswärme im Jahr 2012 gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.92]. (Der verbleibende Restanteil ist den Haushalten zuzuordnen).			
830 - ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Prozesswärme in den Sektoren Industrie und Gewerbe, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
832 Zieleinfl.Materieldurchsatz/Pers.auf PW	%	100,0 [833]	124,1 [835]
833 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Prozesswärmeverbrauchs im Durchschnitt über alle Prozesse im produzierenden Gewerbe (Sektoren Industrie einschließlich Baugewerbe als Teil des Sektors 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen'). Dient als Referenz für den im Ziel durch wirtschaftliche Entwicklung veränderten Energiebedarf.			
835 - ZIEL-Ansatz: Es wird angenommen, dass die wirtschaftliche Entwicklung im produzierenden Gewerbe (Sektor Industrie einschließlich Baugewerbe als Teil des Sektors Gewerbe/Handel/Dienstleistungen) sich mit halber Intensität auf den Prozesswärmebedarf in diesem Bereich auswirkt. Hintergrund für diese Annahme ist eine weiter zurückgehende Materialintensität der künftigen Produktpalette, wie dies beispielsweise in der Datenverarbeitung mit dem Trend zu immer kleineren Geräten zu beobachten ist. Diese Annahme ist allerdings mit großen Unsicherheiten behaftet.			
837 Zieleinfluss Prozess-Effizienz Ind./Gew. auf PW	%	100,0 [838]	80,0 [840]
838 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Prozesswärmebedarf pro Güterproduktion) im Durchschnitt über alle industriellen und gewerblichen Prozesse. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.			
840 - ZIEL-Ansatz: Die Übernahme der Ergebnisse eines älteren Forschungsberichtes mit einem ermittelten technischen Gesamtpotenzial bei Prozesswärme von 35,6% [842] wird wegen des nahezu abgelaufenen Betrachtungshorizonts verworfen. Es ist davon auszugehen, dass die wesentlichen Teile des Potenzials im Statusjahr 2012 bereits erschlossen waren. Die im Bereich Prozesswärme weniger detailliert gestaltete Folgestudie [841] lässt vermuten, dass die über den Betrachtungshorizont 2016 hinausgehenden weiteren Potenziale deutlich geringer sind. Da zurzeit konkret verwertbare Erkenntnisse nicht vorliegen, wird hier eine moderate Bedarfsminderung um 20% auf 80% im Zieljahr geschätzt.			
841 Ein Forschungsvorhaben für die nationale Klimainitiative der Bundesregierung [9.105] ergab für die Zeitspanne von 2010 bis 2030 erhebliche, bereits unter heutigen Bedingungen wirtschaftliche Effizienzpotenziale. Eine direkte Nutzung der Studienergebnisse war wegen methodischer Unterschiede und mangelnder Detailinformationen bisher nicht möglich. Die auf S. 76 gezeigte "Landkarte der bis 2030 realisierbaren Effizienzpotenziale" deutet aber darauf hin, dass die Hauptpotenziale im Bereich Gebäudesanierung und effizienter PKW liegt. Die Potenziale für Prozesswärme nehmen sich dagegen eher bescheiden aus.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
842	Ein Forschungsbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [9.148] kommt zu dem Ergebnis, dass durch Effizienzsteigerung der verschiedenen thermischen Prozesse in der Industrie bis zum Jahr 2016 insgesamt ein technisches Minderungspotenzial von 35,6 Prozent besteht, wobei 20,2 Prozent aus Sicht der Autoren (2006) bereits unter derzeitigen Bedingungen als wirtschaftlich bewertet wurden. Dieses Gesamtpotenzial setzt sich aus Einzelmaßnahmen [843] und Systemoptimierung [844] zusammen.			
843	Durch Einzelmaßnahmen zur Effizienzsteigerung der thermischen Prozesse in der Industrie (Maßnahmen 10, 11, 12, 13) gemäß [9.148] besteht ein technisches Minderungspotenzial von 13,6 Prozent, wobei 6,2 Prozent als wirtschaftlich bewertet wurden (Stand 2006).			
844	Durch Prozess- und Systemoptimierung, die über Einzelmaßnahmen hinausgeht, ist gemäß [9.148] ein weiteres Potenzial von 22 Prozent erschließbar, davon wurden 14 Prozent als wirtschaftlich erachtet (2006).			
846	Anteil Brennstoffe an PW	%	72,7 [847]	44,1 [849]
847	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.41].			
849	- ZIEL-Ansatz: Aufgrund folgender Überlegung: Die Nutzung von Biomasse zur Substitution der fossilen Brennstoffe als heutige Hauptquelle für Prozesswärme liegt zwar nahe. Allerdings sind die Potenziale eng begrenzt und sie stehen in Konkurrenz mit Anwendungen, bei denen eine Substitution aus anderen Quellen technisch noch ungünstiger wäre (z. B. Kraftstoffe für mobile Anwendungen im Verkehrsbereich). Hier bleibt die Brennstoff-Substitution daher auf die festen Biobrennstoffe beschränkt, der übrige Bedarf wird durch Strom abgedeckt [849].			
851	Nutzungsgrad Endanwend. Brennstoffe für PW	%	70,0 [852]	80,0 [854]
852	- STATUS-Ansatz: Schätzwert für den durchschnittlichen Nutzungsgrad aller mit Brennstoff befeuerten Industrieöfen und gewerblichen Verbrennungsprozesse (Nutzenergie / Heizwert). Dient dazu, reduzierte Wandlungsverluste und damit die Bedarfsminderung bei der Endenergie für Prozesswärme zu ermitteln, die durch Effizienzgewinne und durch Verschiebung des Energiemix auf die verlustarm zu nutzenden Energieträger Strom und Wärme zu erreichen ist.			
854	- ZIEL-Ansatz: Annahme einer leichten Verbesserung durch Effizienzsteigerung bei den Industrieöfen, der durch hohe Temperaturen und unvermeidliche Rauchgas-Verluste allerdings enge technische Grenzen gesetzt sind. Die zusätzliche Abwärmenutzung, z. B. für Gebäudewärme, ist nicht in diesem Wert enthalten, sie wird unter Wärmequellen gesondert erfasst.			
856	Anteil Wärme (Hoch-Temp.) an PW	%	11,0 [857]	0,0 [859]
857	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.39].			
859	- ZIEL-Ansatz: Aufgrund folgender Überlegung: Die Nutzung von Abwärme als Prozesswärme ist grundsätzlich sinnvoll und lässt sich vermutlich noch ausweiten. Im Gegensatz zur Anwendung im Gebäudebereich dürfte das noch ungenutzte Potenzial wegen des höheren Temperaturniveaus allerdings überschaubar sein. Andere Quellen (z. B. Solarthermie mit Konzentratoren) erscheinen in Deutschland wenig aussichtsreich.			
861	Anteil Strom an PW	%	16,3 [862]	(resultierend) [864]
862	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.37].			
864	- ZIEL-Ansatz: Resultiert aus 100% abzüglich Anteil Brennstoffe [846] abzüglich Anteil Wärme [856]. Begründung für den großen Anteil: Der künftige Hauptenergieträger Strom wird den Anteil der heute überwiegend fossilen Prozesswärmebereitstellung übernehmen müssen, der weder durch Wärmelieferung (z. B. Abwärme) [856] noch durch das begrenzte Angebot an erneuerbaren Brennstoffen [846] substituiert werden kann.			
866	Mobile Anwendungen (MA)			
868	MA am Boden			
870	Anteil Personenverkehr (PVk) am EEV MA Boden	%	68,1 [871]	68,1 [874]
871	- STATUS-Ansatz: Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [872].			
872	Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [9.192], S. 13, 10: Die aus Verkehrsleistung und spezifischem Verbrauch (Tank-to-Wheel) der verschiedenen Verkehrsmittel ermittelten Endenergie-Verbräuche für Deutschland im Jahr 2013 ergeben rund 389 TWh für den Personenverkehr auf Straße und Schiene und 571 TWh insgesamt einschließlich Güterverkehr. Daraus resultiert ein Anteil von 68,1% am Endenergieverbrauch der mobilen Anwendungen am Boden.			
874	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Prozesswärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.			
876	Zieleinfluss Entwicklung PVk	%	100,0 [877]	99,3 [879]

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)	Einheit	STATUS	ZIEL
877 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Personenkilometer) im Durchschnitt über den Modal-Mix der Personenverkehrsmittel. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.			
879 - ZIEL-Ansatz: Gemäß BMU-Leitstudie [880] wird davon ausgegangen, dass die Personenkilometerzahl pro Kopf auf gleichem Stand wie heute liegt.			
880 In der BMU Leitstudie 2011 [9.51], S.47, ist man gemäß der Ansätze in früheren Leitstudien von einer Entwicklung der Personenverkehrsleistung in Deutschland von 13.829 Perosonenkilometern pro Kopf im Jahr 2010 auf 13.734 pkm/Kopf im Jahr 2050 entsprechend 99,3% ausgegangen.			
882 Anteil Elektrotraktion am Endverbrauch im PVk	%	2,3 [883]	87,9 [886]
883 - STATUS-Ansatz: Eigene Berechnungen nach VDV-Statistik [884].			
884 Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [9.192], S. 13, 10: Die aus Verkehrsleistung und spezifischem Verbrauch (Tank-to-Wheel) der verschiedenen Verkehrsmittel ermittelten Endenergie-Verbräuche für Deutschland im Jahr 2013 ergeben rund 389 TWh für den Personenverkehr auf Straße und Schiene, davon 8,8 TWh Strom für Fernbahn, Regionalbahn, Stadtbahn, U-Bahn und Straßenbahn (Elektro-Straßenfahrzeuge waren noch vernachlässigbar). Damit hatte die Elektrotraktion einen Anteil von 2,3% am Endenergieverbrauch des Personenverkehrs auf Straße und Schiene.			
886 - ZIEL-Ansatz: Ein hoher Anteil Elektrotraktion im Personenverkehr wurde einmal wegen der ca. dreifach höheren Effizienz des Elektroantriebs gegenüber Verbrennungsmotoren gewählt, zum anderen wegen des sehr begrenzten Potenzials an biogenen Kraftstoffen. Der Ansatz ist am IWES Geschäftsmodell Energiewende orientiert [889], der über den Ansatz in UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [888] deutlich hinaus geht (dort ist der Import großer Mengen an synthetischen Kraftstoffen aus Wind-/Solarstrom vorgesehen, der durch unseren Ansatz bis auf Luftverkehrs-Kraftstoffe vermieden werden kann).			
887 Bei dieser Betrachtung wurde keine Änderung im Modalsplit vorgesehen, der hohe Anteil von Individualverkehr am Personenverkehr bleibt erhalten. Allerdings erscheint es als wahrscheinlich, dass der Anteil der Bahn am Modalsplit zumindest im Fernverkehr zunehmen könnte. Wegen des Effizienzvorteils der Bahnen gegenüber PKW würde dies zu einer weiteren Senkung des Energiebedarfs führen.			
888 UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 114: "(...) bei den Pkw bis zum Jahr 2050 57 % der Fahrleistung elektrisch erbracht wird (...)"			
889 IWES Geschäftsmodell Energiewende [9.90], S. 14, sieht "100% E-Mobilität im PKW-Bereich" vor und erfasst damit den weitaus größten Teil des Personenverkehrs.			
891 Zieleinfluss 100% Elektrotraktion auf Endverbr. PVk	%	0,0 [892]	-65,8 [894]
892 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status Quo der möglichen Verbrauchsminderung, die sich durch Erhöhung des Anteils elektrisch betriebener PKW, Bahnen und Busse erreichen lässt. Dient als Referenz für die im Ziel erreichbare Bedarfsminderung.			
894 - ZIEL-Ansatz: Ein gegenüber [895] etwas verminderter Zieleinfluss von -65,8 % auf den Endenergieverbrauch im Personenverkehr würde aus dem vollständigen Ersatz sämtlicher verbrennungsmotorisch betriebenen PKW und Bahnen gemäß [895] resultieren (2,3% des Verbrauchs entfällt heute bereits auf den effizienten elektrischen Bahnverkehr [882]).			
895 Ein um 67,3% reduzierter Endenergieverbrauch resultiert aus dem Ersatz von Fahrzeugen mit Otto- und Dieselmotor (je zur Hälfte gemäß den gegenwärtigen Anteilen an der deutschen PKW-Flotte) durch batteriebetriebene Elektrofahrzeuge, wenn man die Nutzungsgrade gemäß [896] zugrunde legt.			
896 In einer Betrachtung der TU München zur Energieeffizienz durch Elektromobilität [9.195], S. 17, werden Fahrzeug-Nutzungsgrade (Verhältnis Nutzenergie zu der als Kraftstoff getankten bzw. zur Batterieladung aufgenommenen Endenergie) abhängig vom Antriebstyp gegenübergestellt: Ottomotor 24% , Dieselmotor 27% , Elektromotor mit Batterie 78% .			
898 Zieleinfluss PVk-Effizienz auf Kraftstoffverbr.	%	100,0 [899]	88,6 [901]
899 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Personenkilometer) im Durchschnitt über die verbrennungsmotorisch betriebenen Personenverkehrsmittel. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.			
901 - ZIEL-Ansatz: Orientiert an dem Einsparpotenzial von 11,4% gemäß IFEU Effizienzstrategie [902] im PKW-Bereich, die den größten Anteil am Personenverkehr ausmachen.			
902 IFEU Effizienzstrategie für Deutschland [9.102], S. 19: "Durch Einführung von effizienten Fahrzeugen, insbesondere durch effiziente PKW, können etwa 175 PJ eingespart werden." Bezogen auf den Endenergieverbrauch 2012 von 1.534 PJ, der auf PKW entfällt (2419,6 PJ Mobile Anwendungen am Boden [BS.4.20] * 68,1% Anteil Personenverkehr * 93,1% Anteil PKW), entspricht das einem Einsparpotenzial von 11,4% .			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)		Einheit	STATUS	ZIEL
904	Zieleinfluss Entwicklung Güterverkehr (GVk)	%	100,0 [905]	158,0 [907]
905	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Tonnenkilometer) im Durchschnitt über die verbrennungsmotorisch betriebenen Güterverkehrsmittel. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.			
907	- ZIEL-Ansatz: Gemäß BMU-Leitstudie [908] wird davon ausgegangen, dass die Tonnenkilometerzahl pro Kopf auf 158 % gegenüber 2012 steigt.			
908	In der BMU Leitstudie 2011 [9.51], S.47, ist man gemäß der Ansätze in früheren Leitstudien von einer Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland von 7.643 Tonnenkilometern pro Kopf im Jahr 2010 auf 12.075 tkm/Kopf im Jahr 2050 entsprechend 158% ausgegangen.			
910	Anteil Elektrotraktion am Endverbrauch im GVk	%	1,6 [911]	87,9 [914]
911	- STATUS-Ansatz: Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [912].			
912	Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [9.192], S. 13, 10: Die aus Verkehrsleistung und spezifischem Verbrauch (Tank-to-Wheel) der verschiedenen Verkehrsmittel ermittelten Endenergie-Verbräuche für Deutschland im Jahr 2013 ergeben rund 181 TWh für den Güterverkehr auf Straße, Schiene und Binnenwasserstraßen, davon 2,9 TWh Strom für die Bahn. Damit hatte die Elektrotraktion einen Anteil von 1,6% am Endenergieverbrauch des Güterverkehrs.			
914	- ZIEL-Ansatz: Ein hoher Anteil Elektrotraktion im Güterverkehr wurde einmal wegen der ca. dreifach höheren Effizienz des Elektroantriebs gegenüber Verbrennungsmotoren gewählt, zum anderen wegen des sehr begrenzten Potenzials an biogenen Kraftstoffen. Der Ansatz ist am IWES Geschäftsmodell Energiewende orientiert [916], der im Gegensatz zu UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [915] steht (dort ist der Import großer Mengen an synthetischen Kraftstoffen aus Wind-/Solarstrom vorgesehen, der durch unseren Ansatz vermieden werden kann).			
915	Bei dieser Betrachtung wurde keine Änderung im Modalsplit vorgesehen, der hohe Anteil der LKW am Güterverkehr wird fortgeschrieben. Allerdings erscheint es als wahrscheinlich, dass der Anteil der Bahn am Modalsplit auch im Güterverkehr zunehmen könnte. Wegen des Effizienzvorteils der Bahnen gegenüber PKW würde dies zu einer weiteren Senkung des Energiebedarfs führen.			
916	UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 114: "(...) die Restriktionen beim Schwerlastverkehr sowie der Einsatz von stromgenerierten Kraftstoffen bei den übrigen Verkehrsmitteln (insbesondere bei Flugzeugen) zu einem hohen Anteil von Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben führen (...)".			
917	IWES Geschäftsmodell Energiewende [9.90], S. 14, sieht "Ausbau der vielbefahrenen Autobahnstrecken für Oberleitungs-LKW [SRU 2012]" vor und eröffnet so eine realistische Möglichkeit für einen hohen Elektrifizierungsanteil des LKW-Verkehrs.			
919	Zieleinfluss 100% Elektrotraktion auf Endverbr. GVk	%	0,0 [920]	-64,4 [922]
920	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status Quo der möglichen Energieeinsparung, der sich durch Erhöhung des Anteils elektrisch betriebener Güterverkehrsmittel erreichen lässt. Dient als Referenz für die im Ziel erreichbare Bedarfsminderung.			
922	- ZIEL-Ansatz: Ein gegenüber [923] etwas verminderter Zieleinfluss von -64,4 % auf den Endenergieverbrauch im Güterverkehr würde aus dem vollständigen Ersatz sämtlicher verbrennungsmotorisch betriebenen LKW und Bahnen gemäß [923] resultieren (1,6% des Verbrauchs entfällt heute bereits auf den effizienten elektrischen Bahnverkehr [910]).			
923	Ein um 65,4% reduzierter Endenergieverbrauch resultiert aus dem Ersatz von Fahrzeugen mit Dieselmotor (im Güterverkehr die dominierende Antriebsform) durch batteriebetriebene Elektrofahrzeuge, wenn man die Nutzungsgrade gemäß [924] zugrunde legt. Hier wird vereinfachend angenommen, dass eine Reduktion in dieser Größenordnung auch im Güterverkehr erreichbar wäre, wobei an die Stelle der batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge vielmehr auf Autobahnen über Obereitung versorgte Hybrid-LKW [917], aber auch Verlagerung auf die Schiene treten.			
924	In einer Betrachtung der TU München zur Energieeffizienz durch Elektromobilität [9.195], S. 17, werden Fahrzeug-Nutzungsgrade (Verhältnis Nutzenergie zu der als Kraftstoff getankten bzw. zur Batterieladung aufgenommenen Endenergie) abhängig vom Antriebstyp gegenübergestellt: Dieselmotor 27% , Elektromotor mit Batterie 78% .			
926	Zieleinfluss GVk-Effizienz auf Kraftstoffverbr.	%	100,0 [927]	88,6 [929]
927	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Tonnenkilometer) im Durchschnitt über die verbrennungsmotorisch betriebenen Güterverkehrsmittel. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.			
929	- ZIEL-Ansatz: Die Senkung des Kraftstoffverbrauchs im Güterverkehrsbereich durch Effizienzsteigerung der Verbrennungsmotoren, vor allem bei LKW, wird hier von der Effizienzsteigerung um 11,4% bei PKW [902] abgeleitet.			

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

Einheit STATUS ZIEL

931 **MA Luftverkehr**933 **Zieleinfluss Luftverkehrs-Entwicklung** % [934] [936]

934 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Personenkilometer) im Durchschnitt der Luftfahrzeuge. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.

936 - ZIEL-Ansatz: Für die weitere Entwicklung des Luftverkehrs (größtenteils Personenverkehr) wird Annahme für die Entwicklung des Personenverkehrs allgemein [880] zugrunde gelegt.

938 **Zieleinfl.Luftverkehrs-Effizienz auf Kraftstoffverbr.** % [939] [941]

939 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Personenkilometer) im Durchschnitt über die Luftfahrzeuge. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.

941 - ZIEL-Ansatz: Orientiert sich an einer vom BMU beauftragten Studie [942].

942 Vom BMU beauftragte Studie zu den Effizienzpotenzialen bei Flugzeugen [9.93], S. 57: "Kurz- und mittelfristig könnte sich der spezifische Kraftstoffverbrauch der weltweiten Flotte von 4,8 Liter pro 100 Pkm heute auf 3,8 Liter pro 100 Pkm im Jahr 2015 reduzieren. Bis zum Jahr 2026 könnte der spezifische Kraftstoffverbrauch auf 3 Liter pro 100 Pkm sinken (Airbus 2007)". Bezogen auf den linear für 2012 interpolierten Verbrauchswert von 4,2 l/100km resultiert ein auf 71,9% verminderter Energieverbrauch.

D.7.VerbrauchStatus - Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

4
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44

Endverbrauch Anteile Energieträger je Anwendungsbereich

Energieträger % von Anwendungsber.	Anwendungsbereich				
	Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozess- wärme	Mobile Anwend.
		Raumw.	Warmwas.		
Strom	100,0	4,5		16,3	2,1
		1,6	2,9		
Wärme	0,0	16,9		11,0	0,0
		15,3	1,6		
Brennstoffe	0,0	78,5		72,7	97,9
		68,3	10,2		
Gesamt	100,0	100,0		100,0	100,0
		85,3	14,7		

Errechnet aus [51] bis [61].

46
47

BS.2.a Endenergie-Verbrauch+ / Einwohner (direkt/indirekt)

Endenergie (kWh)	Anwendung	insgesamt	Nicht-energet.						
				Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozess- wärme	Mobile Anwend.	
				Raumw.	Warmwas.	Boden+	Luft		
Strom	4.697	493	1.055	205	205			6.449	
		175	318	205	0				[BS.2.8]
Brennst.gasförm.	0	4.974	2.859	81	81			7.914	323
		4.225	749	81	0				[BS.2.9]
Brennst.flüssig	0	2.389	334	9.385	8.061			12.108	2.962
		2.056	333	8.061	1.324				[BS.2.10]
Brennst.fest	0	1.190	1.503	0	0			2.693	83
		1.158	32	0	0				[BS.2.11]
Wärme	0	1.843	710	0	0			2.553	
		1.671	172	0	0				[BS.2.12]
insgesamt	4.697	10.889	6.460	9.670	31.716			3.367	[BS.2.13]

9.285 1.605

66

BS.2.b Wärme-Endverbrauch pro Einwohner nach Quellen

Endenergie in kWh	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	fossil	erneuerb.	fossil	erneuerb.
Wärme	1.843		710	
Fernheizwerke fossil	343		0	
erneuerbar		81	0	0
Fern-HeizKRAFTwerke	952	301	404	0
Nahwärme Abw./erneuerb.	-	167	306	0

75
76

BS.2.c Jahresnutzungsgrade Endenergie-Anwendung im Wärmebereich

Jahresnutzungsgrad in %	Gebäudewärme	Prozesswärme
Strom	100,0	100,0
Brennst.gasförmig	85,0	90,0
Brennst.flüssig	80,0	85,0
Brennst.fest	75,0	80,0
Wärme-Endverbr.	100,0	100,0

84
85

BS.2.d Endverbrauch Anteile Sektoren je Anwendungsbereich

Sektoren % von Anwendungsber.	Anwendung					
	Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozess- wärme	Mobile Anwend.	
		Raumw.	Warmwas.		Boden+	Luft
Haushalte	17,0	67,3	7,5	0,0		
Handel/Dienstl.(ohne Gewer)	29,6	24,4	0,0	0,0		
Industrie+prod.Gewerb	53,4	8,3	92,5	0,0		
Verkehr	0,0	0,0	0,0	100,0		

93

D.8.Kennzahlen Deutschland zum Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

4

5 Übernommen aus:

6 BS.3. Kennzahlen Energieversorgung Deutschland 2012

7

8 BS.3.a Strommix und Jahresnutzungsgrad (JNG) Kraftwerke

	Mix- Anteil (%)	JNG (NV+/UE) (%)	[BS.3.5]
Fossil/atomar	100,0		[BS.3.6]
Braunkohle	33,4	34,8	[BS.3.7]
Steinkohle	24,2	34,9	[BS.3.8]
Kernenergie	20,7	30,5	[BS.3.9]
Naturgase	15,9	37,1	[BS.3.10]
Erdöl	1,6	44,4	[BS.3.11]
Abfall u.sonst.	4,3	27,7	[BS.3.12]

18

19

20 BS.3.b Strom: Leitungsverluste / Verbrauch im Umwandlungsbereich

		(%)	[BS.3.17]
Leitungsverluste	LV/EV	5,5	[BS.3.18]
Verbr.im Umwandlungsbereich (\	VU/NV	2,5	[BS.3.19]

24

25

26 BS.3.d Gasversorgung

		(%)	[BS.3.23]
Leitungsverluste	LV/EV+	0,0	[BS.3.24]
Fackelverluste	FV/NV.fos	0,9	[BS.3.25]
Verbr.im Umwandlungsbereich	VU/NV.fos	3,8	[BS.3.26]
Jahresnutzungsgrad Umwandl.	NV+/PEV	100,00	[BS.3.27]

32

33

34

35 BS.3.e Mineralölversorgung

		(%)	[BS.3.32]
Leitungsverluste	LV/EV+	0,0	[BS.3.33]
Fackelverluste	FV/NV.fos	0,0	[BS.3.34]
Verbr.im Umwandlungsbereich	VU/NV.fos	2,8	[BS.3.35]
Jahresnutzungsgrad Umwandl.	NE/UE	82,83	[BS.3.36]

41

42

D.8.Kennzahlen Deutschland zum Szenario 'Niedersachsen 100%EE' (150826)

4

BS.3.c Braun-/Steinkohleversorgung

44	Kohle-Mix		Braunk.	Steink.	[BS.3.40]
45	Gebäudewärme (%)		57,8	42,2	[BS.3.41]
46	Prozesswärme (%)		18,09	81,9	[BS.3.42]

47

48	Umwandlung (%):		Braunk.	Steink.	[BS.3.44]
49	Leitungsverluste	LV/EV+	0,0	0,0	[BS.3.45]
50	Fackelverluste	FV/NV.fos	0,0	0,0	[BS.3.46]
51	Verbr.im Umwandlungsbereich	VU/NV.fos	11,2	0,7	[BS.3.47]
52	Jahresnutzungsgrad Umwandl.	NV+/PEV	100,00	97,72	[BS.3.48]

53

54

BS.3.f Fernheizwerke: Fossiler Brennstoffmix

56	Mix fossiler Brennstoffe:		(%)	[BS.3.52]
57	Fossile		100,0	[BS.3.53]
58	Braunkohle		1,8	[BS.3.54]
59	Steinkohle		20,7	[BS.3.55]
60	Erdgas		55,5	[BS.3.56]
61	Mineralölprodukte		4,4	[BS.3.57]
62	nicht erneuerb.Abfälle		17,5	[BS.3.58]

63

64	Umwandlung:		(%)	[BS.3.60]
65	Leitungsverluste	LV/EV	9,4	[BS.3.61]
66	Verbr.im Umwandlungsbereich	VU/NV.fos	9,9	[BS.3.62]
67	Jahresnutzungsgrad Umwandl.	NV+.fos/UE.fos	71,4	[BS.3.63]

68

69

BS.3.g Brennstoff-Endverbrauch: Fossiler Brennstoffmix

71	Mix fossiler Brennstoffe (%):		GW	PW	[BS.3.67]
72	Fossile		100,0	100,0	[BS.3.68]
73	Braunkohle		2,0	5,0	[BS.3.69]
74	Steinkohle		1,5	22,8	[BS.3.70]
75	Erdgas		65,2	64,6	[BS.3.71]
76	Mineralölprodukte		31,3	7,5	[BS.3.72]

77

D.9. Datenmodell Niedersachsen 100%EE' (150826) - Quellen

- 4 3N KOMPETENZZENTRUM (2014): "Biogas in Niedersachsen - Inventur 2014". Zugriff am 03.03.2015.
5 http://www.3-n.info/download.php?file=pdf_files/InfomaterialDownloadsBiogas/biogasinventur_niedersachsen_2014.pdf
- 7 3N KOMPETENZZENTRUM (2014): "Feuerstättenzählung Niedersachsen 2013". Zugriff am 10.08.2015.
8 http://www.3-n.info/download.php?file=pdf_files/InfomaterialDownloadsFestbrennstoffe/feuerstaettenzaehlung_niedersachsen_2013.pdf
- 10 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Bioenergie Niedersachsen"; Zugriff am 07.01.2015, 03.03.2015.
11 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/bioenergie/ausgabe/download>
- 13 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Geothermie Niedersachsen"; Zugriff am 08.03.2015.
14 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/erdwaerme/ausgabe/download>
- 16 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Solar Niedersachsen"; Zugriff 07.01.2015.
17 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/solar/ausgabe/download>
- 19 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Wasserkraft Niedersachsen"; Zugriff 11.02.2015.
20 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/wasser/ausgabe/download>
- 22 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Wind Niedersachsen"; Zugriff 07.01.2015.
23 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/wind/ausgabe/download>
- 25 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (2013): "Forschungsradar Erneuerbare Energien - Studienvergleich: Die Auslastung von Kraftwerken im Zuge der Energiewende"; Zugriff 05.02.2015.
26 http://www.forschungsradar.de/uploads/media/AEE_Dossier_Studienvergleich_Volllaststunden_juli13.pdf
27
- 28 AGE B - ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V. (November 2013): "Anwendungsbilanzen für die Energiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012".
29 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_endbericht_anwendungsbilanzen_2011-2012_endg.pdf
30
- 31 AGE B - ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V. (2014): "Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2012". Stand 12.07.2014.
32 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx
33
- 34 AGORA ENERGIEWENDE (2013): "Entwicklung der Windenergie in Deutschland". Studiendurchführung Fraunhofer IWES. Zugriff am 23.04.2015
35 <http://www.agora-energiewende.de/service/publikationen/publikation/pub-action/show/pub-title/entwicklung-der-windenergie-in-deutschland/>
36
- 37 AIRBUS OPERATIONS (Hrsg.), 3N-KOMPETENZZENTRUM, KRALEMANN M. (2014): "Nachhaltige Biokerosin-Produktion auf Basis von Biogas aus unterschiedlichen Quellen in der südlichen Metropolregion Hamburg/Niedersachsen (Biogas-to-Kerosene).
38
- 39 ALPHA VENTUS (2012): "FACT-SHEET alpha ventus".
40 http://www.alpha-ventus.de/fileadmin/user_upload/av_Factsheet_de_Dez2012_2.pdf
41
- 42 ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR SPARSAMEN UND UMWELTFREUNDLICHEN ENERGIEVERBRAUCH e. V. (2011): "BHKW-Kenndaten 2011". Zugriff am 06.03.2015."
43 <http://asue.de/cms/upload/broschueren/2011/bhkw-kenndaten/asue-bhkw-kenndaten-0311.pdf>
44

D.9. Datenmodell Niedersachsen 100%EE' (150826) - Quellen

- 45 BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (2013): "Wildpflanzen als Biogassubstrat";
Fachvortrag Dr. Birgitt Vollrath zum Projekt 'Energie aus Wildpflanzen'. Zugriff am 13.02.2014.
46 http://www.bioenergie-wendland-elbetal.de/fileadmin/bilder/Vortr%C3%A4ge/Retmar_Vollrath_09.08.2013_Kurzversionpdf.pdf
47
- 48 BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT BMEL (Oktober 2014): "Der Wald in
Deutschland - Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur". Zugriff 11.08.2015.
49 https://bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/BMEL_Wald_Broschuere.pdf
50
- 51 BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT BMU (Hrg.), DLR,
FRAUNHOFER IWES, IFNE (2012) "Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien
in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global" (Leitstudie 2011 - Schlussbericht an das
BMU). Zugriff am 29.03.2015.
52 http://www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/bilder/portal/portal_2012_1/leitstudie2011_bf.pdf
53
- 54 BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT BMU (2007) "Nationale
Strategie zur biologischen Vielfalt". Zugriff am 29.03.2015.
55 http://www.biologischiervielfalt.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf
56
- 57 BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2014): "Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale
und Internationale Entwicklung 2013". Zugriff am 05.02.2015.
58 http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen.pdf?__blob=publicationFile&v=5
59
- 60 BUNDESVERBAND WÄRMEPUMPE e. V. (2014) Online-Portal: "Immer mehr Bauherren setzen auf
Wärmepumpen". Zugriff am 07.03.2015.
61 <http://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/article/immer-mehr-bauherren-setzen-auf-waermepumpe.html>
62
- 63 BUNDESVERBAND WINDENERGIE e. V. / FRAUNHOFER IWES (2011): "Potenzial der Windenergienutzung an
Land"; Langfassung; ISBN: 978 3 94257993.
64 <http://www.wind-energie.de/shop-potenzial-der-windenergienutzung-land>
65
- 66 DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SOLARENERGIE DGS, Online-Portal ENERGYMAP (2015): "Niedersachsen".
Zugriff am 03.03.2015.
67 <http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/116.html>
68
- 69 DEUTSCHE WINDGUARD (2014): "Ausbau der Offshore-Windenergie in Deutschland - in 2013 gehen 240 MW ans
Netz"; Pressemitteilung vom 29.1.2014, Zugriff am 05.02.2015.
70 http://www.windguard.de/_Resources/Persistent/2a1574c37ee9b45a46c5755a5d3b0e18c19242cd/Pressemitteilung-Status-Offshore-2013-2014-01-29.pdf
71
- 72 ENERGIEAGENTUR NRW: "Online-Rechner Photovoltaik"; Zugriff am 30.01.2015.
73 <http://www.energieagentur.nrw.de/photovoltaik/themen/online-rechner-photovoltaik-15111.asp>
74
- 75 FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e. V. (2014): "Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014".
Zugriff 15.02.2015.
76 http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/b/a/basisdaten_9x16_2014_web_v02.pdf
77
- 78 FORSCHUNGSVEREINIGUNG VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN e. V. (2013): "Zukünftige Kraftstoffe für
Verbrennungsmotoren und Gasturbinen". Zugriff am 13.04.2015.
79 http://www.fvv-net.de/cms/upload/Download/FVV-Kraftstoffstudie_LBST_2013-10-30.pdf
80
- 81 FÖRDERGESELLSCHAFT WINDENERGIE UND ANDERE ERNEUERBARE ENERGIEN FGW e. V. (2015):
"Veröffentlichung der EEG-Referenzerträge". Exemplarisch wurde die Tabelle der ENERCON-Anlagen genutzt.
Zugriff am 23.04.2015.
82 http://www.wind-fgw.de/eeg_referenzertrag.htm
83

D.9. Datenmodell Niedersachsen 100%EE' (150826) - Quellen

- 84 FRAUNHOFER ISE (2011) "Wärmepumpen Effizienz - Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb". Kurzfassung.
85 http://wp-effizienz.ise.fraunhofer.de/download/wp_effizienz_endbericht_kurzfassung.pdf
86
- 87 FRAUNHOFER IWES (2013): "Energiewirtschaftliche Bedeutung der Offshore-Windenergie"; Zugriff am 05.02.2015.
88 <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/forschungsthemen/energie/Energiewirtschaftliche-Bedeutung-von-Offshore-Windenergie.pdf>
89
- 90 FRAUNHOFER IWES (2013): "Geschäftsmodell Energiewende"; Zugriff am 30.03.2015.
91 <http://www.energie.fraunhofer.de/de/bildmaterial/pdf/studie-geschaeftsmodell-energiewende.pdf>
92
- 93 GMELIN T. C., HÜTTING G., LEHMANN O. (2008): "Zusammenfassende Darstellung der Effizienzpotenziale bei Flugzeugen unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen Triebwerkstechnik sowie der absehbaren mittelfristigen Entwicklungen". Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Zugriff am 01.04.2015.
94 http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/workshop_effizienz_flugverk_studie.pdf
95
- 96 HORLACHER Prof. H.-B. (2003): "Globale Potenziale der Wasserkraft" - Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 "Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit"; Zugriff am 11.02.2015.
97 http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/ig2003/wbgu_ig2003_ex03.pdf
98
- 99 IFEU - INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG (2008): "Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland". Zugriff 16.02.2015.
100 <http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/IFEU%20-%20Positionspapier%20Stroh.pdf>
101
- 102 IFEU, FRAUNHOFER ISI, GWS, PROGNOSE (2009): "Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland". Gefördert durch BMU.
103 http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Klimaschutz_Energieeffizienz_undBeschaeftigung.pdf
104
- 105 IFEU, FRAUNHOFER, ISI, PROGNOSE, GWS et al. (2011): "Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative". Endbericht. Gefördert durch BMU.
106 https://www.ifeu.de/energie/pdf/NKI_Endbericht_2011.pdf
107
- 108 JAHNKE K., CO2ONLINE (2014): "Trendreport Energie 1". Zugriff am 15.03.2015.
109 <http://www.co2online.de/service/publikationen/trendreport-energie/heizenergieverbrauch/>
110
- 111 JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (2012): "Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht". Zugriff 16.02.2015.
112 http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/bitv/dn050857.pdf
113
- 114 JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (Hg. 2012): "Thünen-Report 17 - Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2012". Zugriff 25.02.2015.
115 http://www.ti.bund.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen-Report_17.pdf
116
- 117 KALTSCHMITT M., STREICHER W., WIESE A. (2006): "Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte".
118
- 119 LANDKREIS OSNABRÜCK (2012): "Solardachkataster"; Zugriff am 24.10.2014.
120 <http://www.solardachkataster-ikos.de/#!menubar/stats.html>
121
- 122 NETZ-TRANSPARENZ.DE (Internetplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber: 50HERTZ, AMPRION, TENNET, TRANSNET BW) (2015): "EEG-Anlagenstammdaten Gesamtdeutschland zur Jahresabrechnung 2013". Zugriff am 02.04.2015.
123 <http://www.netztransparenz.de/de/Anlagenstammdaten.htm>

D.9. Datenmodell Niedersachsen 100%EE' (150826) - Quellen

- 124
- 125 NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN (201?) "Waldschutz in niedersächsischen Wäldern - Naturwälder". Online-Veröffentlichung, Zugriff am 29.03.2015.
- 126 <http://www.landesforsten.de/Naturwaelder.2131.98.html>
- 127
- 128 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (November 2013): "Bundesziel wird derzeit verfehlt - Beitrag für biologische Vielfalt". Zugriff am 29.03.2015.
- 129 http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=1810&article_id=118824&psmand=7
- 130
- 131 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2014): "Der Wald in Niedersachsen - Ergebnisse der Bundeswaldinventur 3". Zugriff am 15.02.2015.
- 132 http://www.ml.niedersachsen.de/download/90884/Download_Broschuere_Der_Wald_in_Niedersachsen_Ergebnisse_der_Bundeswaldinventur_3.pdf
- 133
- 134 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (November 2014): "Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2014". Zugriff am 27.02.2015.
- 135 http://www.ml.niedersachsen.de/download/91912/Die_niedersaechsische_Landwirtschaft_in_Zahlen_2014.pdf
- 136
- 137 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (06.08.2015): Hinweise Herr Dr. Höher.
- 138
- 139 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (2014): Online-Portal "Umweltbericht - Erneuerbare Energien". Zugriff am 07.03.2015.
- 140 http://www.umwelt.niedersachsen.de/umweltbericht/nutzungsfelder/energie/stand_und_entwicklung/erneuerbare_energien/erneuerbare-energien--89139.html
- 141
- 142 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (2015): "Stellungnahmen und Anmerkungen der Mitglieder des Runden Tisches zum Szenario 1 des Gutachtens Energieszenarien 2050". Online-Portal, Zugriff 11.08.2015.
- 143 <http://www.umwelt.niedersachsen.de/energie/rundertisch/dokumente/stellungnahmen-135092.html>
- 144
- 145 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (2011): Online-Portal "Abschlussbericht des Arbeitskreises Flächenverbrauch und Bodenschutz". Zugriff am 07.03.2015.
- 146 http://www.umwelt.niedersachsen.de/download/62952/Abschlussbericht_Flaechenverbrauch_und_Bodenschutz_Dez_2011_.pdf
- 147
- 148 PROGNOSE, SEEFELD F. et al (2007).; "Endbericht 18/06 - Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen"; Forschungsbericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie von prognos, protrans und basics; 31.08.2007. Zugriff am 24.02.2015.
- 149 http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/prognos_Effizienzpotenzial_070915_final.pdf
- 150
- 151 R2B ENERGY CONSULTING GMBH (2013): "Jahresprognose 2014 und Mittelfristprognose bis 2018 zur deutschlandweiten Stromerzeugung aus EEG geförderten Kraftwerken".
- 152 https://www.netztransparenz.de/de/file/r2b_EEG_Mittelfristprognose_11112013.pdf
- 153
- 154 RÜTHER B. et al., NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (2007): "Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen". Zugriff 15.02.2015.
- 155 <http://www.ml.niedersachsen.de/download/3458>
- 156
- 157 SCHMIDT-KANEFENDT, H.-H. (2013): "Basisdaten allgemein für 100%-Szenarien".
- 158 <http://skn.privat.t-online.de/wattweg/media/files/BA130306.pdf>
- 159
- 160 SCHMIDT-KANEFENDT, HANS-HEINRICH (2013): "Holz - Basisdaten für 100%-Szenarien" (130306).
- 161 <http://skn.privat.t-online.de/wattweg/media/files/Ho130306.pdf>
- 163 STADTWERKE LEIPZIG (2009): "Holzlogistik - Transport von Energieholz bei den Stadtwerken Leipzig". Zugriff 16.02.2015.

D.9. Datenmodell Niedersachsen 100%EE' (150826) - Quellen

- 164 <http://www.holzlogistik.iff.fraunhofer.de/media/pdf/2009/4.pdf>
- 165
- 166 STATISTA - STATISTIKPORTAL (2015): "Anteil der Wirtschaftsbereiche am Bruttoinlandsprodukt (BIP)* in Deutschland im Jahr 2014 ". Zugriff am 01.03.2015.
- 167 <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/36846/umfrage/anteil-der-wirtschaftsbereiche-am-bruttoinlandsprodukt/>
- 168
- 169 STATISTA - STATISTIKPORTAL (2015): "Bruttoinlandsprodukt (BIP) je Einwohner in Deutschland von 1991 bis 2014". Zugriff am 01.03.2015.
- 170 <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1252/umfrage/entwicklung-des-bruttoinlandsprodukts-je-einwohner-seit-1991/>
- 171
- 172 STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER: "Regionaldatenbank Deutschland"; Online-Angebot GENESIS.
- 173 <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/logon>
- 174
- 175 STATISTISCHES BUNDESAMT (2015): "12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung". Zugriff am 13.02.2015.
- 176 <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Bevoelkerungsvorausberechnung.html>
- 177
- 178 TAB - BÜRO FÜR TECHNOLOGIEFOLGEN-ABSCHÄTZUNG BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG (Hrg.), PASCHEN H., OERTEL D., GRÜNWALD R. (2003): "Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland". TAB-Bericht 84. Zugriff am 08.03.2015.
- 179 <http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/Service/Publikationen/Tab84.pdf>
- 180
- 181 TRETTER H. (2010): "Schweden - Biogas als leitungsbebundener Energieträger und Kraftstoff für Fahrzeuge". Zugriff am 11.03.2010.
- 182
- 183 UMWELTBUNDESAMT (2014): "Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050". Zugriff am 29.03.2015.
- 184 <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgasneutrales-deutschland-im-jahr-2050-0>
- 185
- 186 UNITED NATIONS (DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION 2013): "Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung bis 2100". Zugriff über Portal 'statista' am 20.02.2015.
- 187 <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/>
- 188
- 189 VDE (2008): „Effizienz- und Einsparpotentiale elektrischer Energie in Deutschland“.
- 190 http://en-q.de/media/links/VDE_Effizienz-_und_Einsparpotentiale_in_Deutschland.pdf
- 191
- 192 VERBAND DEUTSCHER VERKEHRSUNTERNEHMEN e.V. (2014): "2013 Statistik"; Zugriff 23.02.2015.
- 193 <https://www.vdv.de/statistik-2013.pdf?forced=true>
- 194
- 195 WAGNER U., DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT e. V. / TU MÜNCHEN (2012): "Energieeffizienz durch Elektromobilität". Zugriff am 02.04.2015.
- 196 <https://www.vde.com/de/regionalorganisation/bezirksvereine/suedbayern/facharbeit%20regional/akenergietechnik/documents/vortrag%2015112012%20elektromobilit%C3%A4t%20und%20energieeffizienz.pdf>
- 197
- 198 WIRTH, Dr. Harry, FRAUNHOFER ISE (2012): "Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland".
- 199 <http://www.zsd-solar.de/wp-content/uploads/2013/02/Fakten-zur-PV-Fraunhofer-ISE-120202.pdf>
- 200
- 201 WIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG ZUCKER (2015): "Biokraftstoff Ethanol". Zugriff am 06.03.2015.
- 202 <http://www.zuckerverbaende.de/ruebe-zucker/bioethanol.html>
- 203
- 204 WWF DEUTSCHLAND (Hrg.), ÖKO-INSTITUT, PROGNOSE (2009): "Modell Deutschland - Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken".
- 205 http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Modell_Deutschland_Endbericht.pdf

BS.1. Erläuterungen

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

4 **Basis-Strukturen für 100%-Szenarien**

5 Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt, Januar 2015

6

7 **Abschnitte**

8 BS.1. Erläuterungen

9 BS.1a. Diagramm: Endenergieverbrauch Deutschland 2012

10 BS.2. Energieverbrauch Deutschland 2012

11 BS.3. Kennzahlen Energieversorgung Deutschland 2012

12 BS.4. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 - Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar

13 BS.5. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Energieträger / Anwendung

14 BS.6. Erneuerbare Energien Deutschland 2012

15 BS.7. Verkehr Deutschland 2012 differenziert

16 BS.8. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Energieträgern

17 BS.9. Struktur der Stromversorgung Deutschland 2012

18 BS.10. Struktur der Gas-Versorgung Deutschland 2012

19 BS.11. Struktur der Mineralöl-Versorgung Deutschland 2012

20 BS.12. Struktur der Braun- und Steinkohle-Versorgung Deutschland 2012

21 BS.13. Fernwärme und Nahwärme Deutschland 2012

22 BS.14. Emissionsfaktoren

23 BS.15. Verweise - Abkürzungen - Glossar

24

25 **A. Konzept für Szenario-Bewertung**

26 **A.1. Bedeutung und Anforderungen**

27 Die Methodik '100prosim' ist darauf hin konzipiert, durch das Entwickeln von Energieszenarien eine Zielvorstellung von einem physisch/technisch möglichen und - innerhalb dieses Rahmens - wünschenswerten postfossilen Energiesystem zu erlangen. Weiterhin sind Betrachtungen von Bedeutung, auf welchen Wegen diese Zielvorstellung am besten erreicht werden könnte.

28 Um dabei im Rahmen der natürlichen und technischen Möglichkeiten zu bleiben und innerhalb dieser Grenzen ein wünschenswertes Optimum zu finden, ist eine Bewertung der getroffenen Szenario-Ansätze erforderlich.

29 Bei der Bewertung geht es um die Erkenntnis, welche Veränderungen zu einzelnen Ansätzen und dem Szenario insgesamt erforderlich wären bzw. daraus resultieren würden - unter anderem für Flächen- und Materialbeanspruchung, für das Ökosystem, für einzelne Energiedienstleistungen und letztlich das Wohlstandsniveau insgesamt.

30 Zur Bewertung von Veränderungen ist eine Vergleichsgrundlage notwendig, wobei der wohlbekannteste heutige Zustand in der Regel dafür verwendet wird und am besten geeignet erscheint.

31 Daher dient auch in 100prosim ein Status-Modell des bestehenden Energiesystems als Entwicklungsgrundlage und Bewertungsreferenz.

32 Bei der Modellbildung wurde ein sinnvoller Kompromiss zwischen einer möglichst guten Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse und einer auf ein handhabbares Maß reduzierten Komplexität auf Basis verfügbarer Daten angestrebt.

33

BS.1. Erläuterungen

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

34 **A.2. Bewertungs-Maßstab**

35 Zentrale Frage bei der Szenario-Bewertung ist, inwieweit mit den getroffenen Ansätzen der heutige Energieverbrauch als ein maßgeblicher Faktor für das erreichte Wohlstandsniveau künftig abgedeckt oder vielleicht sogar übertroffen werden könnte, einerseits durch erneuerbare Energien und andererseits durch Verbrauchsminderungen.

36 Aus diesem Grund dient der heutige Energieverbrauch in 100prosim als Maßstab für die Deckungsbeiträge von erneuerbaren Energien und von Verbrauchsminderungs-Maßnahmen, wobei je nach Szenario-Ziel Deckungslücken vorübergehend auch noch durch Restanteile fossiler Energien geschlossen werden können.

37 Über den direkten Energieverbrauch in den privaten Haushalten hinaus sind die indirekten Energieverbräuche in den Sektoren Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Verkehr relevant, da das Wohlstandsniveau entscheidend auch darauf beruht.

38

39 **A.3. Erfassung des Energieverbrauchs**

40 Standardmethode zur Erfassung des heutigen Energieverbrauchs für 100prosim-Szenarien ist das **Verursacher-Prinzip** (auch als Verbraucher-Konzept bezeichnet). Der von den Einwohnern der Region verursachte Energieverbrauch ergibt sich dabei aus dem Produkt des durchschnittlichen deutschen Pro-Kopf-Verbrauchs und der Einwohnerzahl. Der Einfluss auf den künftigen Energieverbrauch durch im Rahmen der demoskopischen Entwicklung angenommene Veränderungen der Einwohnerzahl können auf diese Weise einfach berücksichtigt werden.

41 Das **Solidar-Prinzip** als Erweiterung des Verursacher-Prinzips erlaubt darüber hinaus eine systematische und angemessene Berücksichtigung des interregionalen Austauschs zwischen den dicht besiedelten Ballungsgebieten und den dünn besiedelten ländlichen Regionen Deutschlands aufgrund der Bevölkerungsdichte. Dazu wird der deutsche Pro-Kopf-Verbrauch anstatt mit der tatsächlichen Einwohnerzahl mit derjenigen Bevölkerungszahl multipliziert, die sich rechnerisch bei deutscher Bevölkerungsdichte auf der Fläche der Zielregion ergibt.

42 Das häufig angewendete Territorial-Prinzip, dem der physisch erfasste, tatsächliche Energieverbrauch in der betrachteten Region zu Grunde liegt, erscheint dagegen einerseits unnötig aufwändig und andererseits als Grundlage für die Zielbetrachtung wenig geeignet: Die ermittelten Energieverbräuche in den Sektoren Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Verkehr wären, sofern sie überhaupt für die Zielregion verfügbar gemacht werden können, stark von der gegenwärtigen Wirtschaftsstruktur der Region geprägt. Sie würden wegen der in den meisten Regionen unausgeglichenen Import-/Export-Bilanz von grauer Energie nur im Ausnahmefall dem für das Wohlstandsniveau der Einwohner relevanten Energieverbrauch entsprechen. Außerdem ist die räumliche Verteilung der Wirtschaftsstruktur und damit des Energieverbrauchs in den nächsten Jahrzehnten sicher größeren, kaum absehbaren Veränderungen unterworfen und kann daher nicht als konstant angenommen

43

44 **A.4. Bewertungsebene Endenergie / Nutzenergie**

45 Letztendlich entscheidend für die Bewertung des Zielszenarios ist die Nutzenergie, mit der bestimmte Energiedienstleistungen (zum Beispiel Kraft, Licht, Wärme) als Beitrag zum Wohlstandsniveau erbracht werden. Aus Mangel an einer ausreichend geschlossenen Datengrundlage ist die Struktur der Nutzenergie allerdings nicht direkt verfügbar.

46 Daher dient in 100prosim der heutige **Endenergieverbrauch** als Bewertungsmaßstab, mit dem durch verschiedene Wandlungen dann die entsprechenden Energiedienstleistungen auf Nutzenergie-Ebene erbracht werden.

47 Im Anwendungsbereich Kraft / Licht / Informations- u. Kommunikations-Technologien / Kälte (Abkürzung: KLIK), der heute nahezu vollständig auf Strom basiert, und im Anwendungsbereich Mobile Anwendungen, der heute nahezu vollständig auf flüssigen Brennstoffen basiert, erscheint dies ohnehin sinnvoll. Eine Bewertung auf Nutzenergie-Ebene würde wegen der unterschiedlichen physikalischen Erscheinungsformen der erbrachten Dienstleistungen eine Differenzierung nach einzelnen Anwendungsarten erforderlich machen, verbunden mit drastisch ansteigender Komplexität.

BS.1. Erläuterungen

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

48 Dagegen würde in den Anwendungsbereichen Gebäudewärme und Prozesswärme eine Beschränkung der Bewertung auf die Endenergie-Ebene zu erheblichen Fehleinschätzungen führen, da der heute eingesetzte Mix an Brennstoffen mit verbraucherseitigen Wandlungsverlusten in Öfen und Kesseln verbunden ist, die erheblichen Anteile von Strom und Fern- bzw. Nahwärme aber nur minimale und damit vernachlässigbare Wandlungsverluste aufweisen.

49 Aus diesem Grund wird in 100prosim bei den **Wärme-Anwendungsbereichen** die Nutzenergie-Ebene mit in die Bewertung einbezogen, wobei der Bewertungsmaßstab aus dem Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers und Annahmen für den durchschnittlichen Jahresnutzungsgrad resultiert. Letztere werden zu diesem Zweck bereit gestellt.

50

51 A.5. Energieträger und Energieverwendung

52 Die Struktur des Endenergieverbrauches nach Energieträgern, Verbrauchssektoren und Anwendungen wird für Deutschland von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. jährlich in umfassenden, belastbaren Statistiken erfasst und veröffentlicht [125] [131] [134], die als Grundlage hervorragend geeignet sind.

53 Mit Hilfe der deutschen Bevölkerungszahl werden in 100prosim die entsprechenden Pro-Kopf-Werte als Grundlage zur Berechnung des Endenergieverbrauches in der Zielregion gemäß Verursacher- bzw. Solidar-Prinzip bereit gestellt.

55 In 100prosim wird der gesamte Verbrauch auf Endenergieebene in einer Matrix nach Energieträgern und Anwendungsbereichen differenziert, siehe als Beispiel die Matrix für Deutschland [4.4].

Eine zusätzliche Differenzierung nach Verbrauchssektoren wird partiell in den Fällen vorgenommen, in denen die wirtschaftliche Entwicklung unterschiedlichen Einfluss auf den Energieverbrauch hat: Haushalte, produzierendes Gewerbe, Dienstleistungsbereich.

57

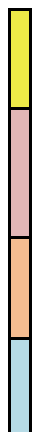
58 Die Differenzierung nach **Endenergieträgern** erfolgt einerseits, um bei der zu erwartenden Verschiebung von Brennstoffen zu Strom als Hauptenergieträger die teilweise stark unterschiedlichen Anwendungseigenschaften und Wandlungswirkungsgrade in Nutzenergie berücksichtigen zu können, andererseits als Grundlage zur Ermittlung der Treibhausgas-Emissionen der fossilen Anteile (s. rechts die verwendeten Kennfarben):

59 - **Strom**60 - **Brennstoffe gasförmig** (Erdgas, Grubengas, Biogas, Klärgas, elektrolytisch erzeugter Wasserstoff usw.)61 - **Brennstoffe flüssig** (Mineralölprodukte, Pflanzenöl und Biodiesel, Ethanol usw.)62 - **Brennstoffe fest** (Braun- und Steinkohle-Produkte, Brennholz, Stroh, feste Abfälle usw.)63 - **Wärme direkt** (Fernwärme aus Heizwerken, Abwärme aus Kraftwerken und industriellen Prozessen, Solarwärme, von Wärmepumpen bereitgestellte Umgebungswärme usw.)

64

65 Die Differenzierung nach **Anwendungsbereichen** erfolgt wegen deren stark unterschiedlichen Ansprüchen an die eingesetzten Energieträger (s. rechts die verwendeten Kennfarben):66 - Unter '**Kraft/Licht/IKT/Kälte stationär**' (**KLIK**) sind solche ortsfesten Anwendungen für mechanische Energie, Beleuchtung, Informations- und Kommunikations-Technologien und Kälte gefasst, die heute und aller Wahrscheinlichkeit nach auch in Zukunft nahezu vollständig mit Strom67 - Unter **Gebäudewärme** sind Anwendungen zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser gefasst, die mit einem Temperaturniveau von unter 100°C auskommen und somit auch für die Verwertung von Abwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, von Solarwärme oder Umgebungswärme geeignet sind.68 - Unter **Prozesswärme** sind Wärmeanwendungen in Produktionsprozessen gefasst, die größtenteils ein Temperaturniveau oberhalb 100°C erfordern und daher auf bestimmte, hochwertigere Energieträger beschränkt sind, mit denen dieses Temperaturniveau erreichbar ist.69 - Unter **Mobile Anwendungen** sind alle nicht ortsfesten Anwendungen, vor allem im Verkehrsbereich, gefasst, die besondere Anforderungen an mobile Verfügbarkeit der Energieträger im Fahrzeug bzw. in der Maschine stellen.

70



BS.1. Erläuterungen

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

71 **A.6. Energiemix-Status**

72 Im Status-Modell wird davon ausgegangen, dass der nicht durch Erneuerbare Energien aus regionalen Quellen abgedeckte Bedarfsanteil durch allgemein verfügbare fossile bzw. atomare Energien gedeckt wird, wobei für den Mix dieser fossilen Energieträger die durchschnittliche Verteilung in Deutschland angenommen wird.

73 Dazu wird der regionale Verbrauch und der Mix an fossilen Energien nach dem Verursacher- bzw. Solidar-Prinzip aufgrund des durchschnittlichen deutschen Pro-Kopf-Verbrauchs ermittelt. Dem liegt die Annahme überregional transportfähiger und damit deutschlandweit verfügbarer Energieträger zugrunde. Dies trifft zum einen auf Strom und Erdgas zu (Netztransport), zum anderen auf Mineralöl und Kohle (Fahrzeugtransport).

76

77 **A.7. Datenquellen und Zusammenführung**

78 Grundlage zur Ermittlung der Maßstäbe für den Deckungsgrad nach dem Verursacher- bzw. Solidarprinzip in 100prosim bildet die Matrix mit dem durchschnittlichen jährlichen Endenergieverbrauch pro Einwohner Deutschlands, siehe Tabelle [2.4] und Diagramm [1a.].

79 Die Werte dieser Matrix beruhen auf statistischen Daten aus verschiedenen Quellen, die schrittweise zusammengeführt wurden. Über die Verweise lässt sich der Weg bis zur Quelle zurückverfolgen, Hinweise zum Verweiskonzept siehe [15.4].

80

81 Der Differenzierung nach Endenergieträgern und Anwendung liegt die Statistik der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zugrunde [134].

82 Die nach Verbrauchssegmenten differenzierten Statistikdaten sind im Abschnitt [5.] nach stationären Anwendungen und nach mobilen Anwendungen im Verkehr zusammengefasst und geordnet.

83

84 Der Anteil aus erneuerbaren Quellen ist in der übernommenen Statistik allerdings jeweils nur als Summenwert angegeben, es fehlt die Differenzierung nach Endenergieträgern, die zur Ermittlung des gesamten Endenergiebedarfs je Energieträger erforderlich ist.

85 Als zusätzliche Datenquelle zur Differenzierung der Erneuerbaren Anteile nach Energieträger in Abschnitt [6.] dient eine Veröffentlichung des Bundesministeriums für Umwelt [139].

86 Die Differenzierung der Matrix 'Endenergieträger/Anwendung' nach fossilem und erneuerbarem Anteil erfolgt auf dieser Grundlage im Abschnitt [4.]

87

88 Beim Wärmeverbrauch werden zusätzlich zu den direkt aus fossilen und erneuerbaren Quellen erzeugten Anteilen die KWK-Beiträge genutzter Abwärme aus fossilen und erneuerbaren Heizkraftwerken gesondert ausgewiesen. Die Differenzierung erfolgt in [4.107] auf Basis Abschnitt [13.] und wird in [4.58] übernommen.

89 Gemäß der Studie 'KWK-Bilanz' [137] ist in den AGEB-Statistik-Daten nicht die gesamte genutzte Abwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung ausgewiesen, es fehlen die Beiträge aus Micro-KWK und aus industriellen Heizkraftwerken. Diese in der Studie ausgewiesenen Zusatzbeiträge werden auf Basis Abschnitt [13.] in Tabelle [4.107], Zeile [4.115] ergänzt und in [4.58] übernommen.

90

91 Gemäß Energiebilanz wird die dort gesondert ausgewiesene Hochseebunkerung von Mineralölen für den Hochsee-Schiffsverkehr in Tabelle [4.58] zum Endverbrauch mobiler Anwendungen [4.68] addiert. In der Tabellenbezeichnung wird dem durch die Bezeichnung 'End-Verbrauch+' Rechnung getragen.

92

93 In Tabelle [4.27] werden auf Basis von Tabelle [4.58] folgende Anpassungen vorgenommen:

94 - Der minimale Beitrag von gasförmigen Brennstoffen für 'Kraft/Licht/IKT/Kälte' wird dem Verkehr zugeschlagen, wegen dieser Erweiterung erhält der Anwendungsbereich die Benennung 'Mobile Antriebe'. Angemessen erscheint diese Zuordnung, da die gegenüber Elektroantrieben aufwändigeren Verbrennungsmotoren nur bei mobilen Anwendungen abseits des Stromnetzes sinnvoll erscheinen und nur dort Anwendung finden dürften (Beispiel: Gasbetriebene Produktionsfahrzeuge).

95 - Der relativ geringe Beitrag von flüssigen Brennstoffen für 'Kraft/Licht/IKT/Kälte' wird dem Verkehr zugeschlagen, wegen dieser Erweiterung erhält der Anwendungsbereich die Benennung 'Mobile Antriebe'. Angemessen erscheint diese Zuordnung, da die gegenüber Elektroantrieben aufwändigeren Verbrennungsmotoren nur bei mobilen Anwendungen abseits des Stromnetzes sinnvoll erscheinen und nur dort Anwendung finden dürften (Beispiele: Ackerschlepper, Rasenmäher, Kettensägen).

BS.1. Erläuterungen

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

96 - Zur Bestimmung der Nutzenergieverbräuche aus den Endenergieverbräuchen der Anwendungsbereiche 'Gebäudewärme' und 'Prozesswärme' in 100prosim werden die Jahresnutzungsgrade [2.34] bereit gestellt (siehe [49]).

97

98 In Tabelle [4.4] werden die aus Tabelle [4.27] übernommenen Daten zur Gebäudewärme (Referenzjahr 2012, nicht temperaturbereinigt) nach Raumwärme und Warmwasser differenziert, die Daten zu 'Mobile Anwendungen' nach Boden und Luft. Grundlage für die Differenzierung der Gebäudewärme bildet die Tabelle [5.95]. Grundlage für die Differenzierung von Luftverkehr und Binnenschiffahrt innerhalb der mobilen Anwendungen bildet die Tabelle [7.4].

99

100 In Tabelle [2.4] werden schließlich die durchschnittlichen Energieverbrauchswerte pro Einwohner aus dem Gesamtverbrauchswerten Deutschland 2012 [4.4] errechnet.

101

102 B. Konzept für Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen

103 Obwohl im Zentrum der Betrachtungen zu einer postfossilen Energieversorgung die erneuerbaren Energien stehen, werden auch der Primärenergieverbrauch fossiler / atomarer Brennstoffe und die damit verbundenen Treibhausgas-Emissionen differenziert bewertet. In Form von Entwicklungsstufen ist so die Darstellung der Fortschritte auf dem Weg zum 100%-Ziel möglich.

104 Grundlage bilden aber in jedem Fall die Potenziale an erneuerbaren Energien konkret in der betrachteten Region. Um Erkenntnisse zu deren erforderlichem Ausbau gewinnen zu können, wird als Vergleichsgrundlage der Status der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen in der Region modelliert. Wenn möglich werden dazu regionsspezifische Statistiken genutzt, ersatzweise werden Abschätzungen aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten und überregionaler Erfahrungswerte getroffen.

105 Aus der Differenz zwischen dem Status des Energieverbrauchs gemäß Verursacher- bzw. Solidarprinzip und dem Status der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen in der Region ergibt sich der regionale Verbrauchsanteil, der gegenwärtig noch mit fossilen/atomaren Energien abzudecken ist. Diese werden als überregional frei verfügbar angenommen.

106 Für den dafür eingesetzten Energiemix wird angenommen, dass er dem deutschen Mix an fossil/atomar gewonnenen Energien entspricht. Um dabei den unterschiedlichen Deckungsgraden der breiten aus erneuerbaren Quellen gewonnenen Energieträger in der Region Rechnung zu tragen, wird die Abdeckung durch fossil-/atomare Energien für jede Energieträger-/Anwendungs-Kombination gesondert ermittelt.

107

108 Die schrittweise Berechnung des verursachten Primärenergieverbrauchs im Status-Modell geht von dem mit fossilen / atomaren Brennstoffen erbrachten Endenergieverbrauch aus, und zwar gesondert für die Endenergieträger Strom, Naturgase, Mineralöl, Braunkohle, Steinkohle und Wärme:

109 1. Leitungsverluste im Strom- und im Fernwärmebereich ergeben zusammen mit dem End-Verbrauch den Netto-Verbrauch.

110 2. Fackelverluste (Gasbereich) plus Verbrauch und Umwandlungseinsatz in anderen energiebedingten Umwandlungsprozessen (nahezu vollständig fossil) ergibt zusammen mit dem Netto-Verbrauch den Netto-Verbrauch+.

111 3. Umwandlungsverluste (bei der Erzeugung von Strom, Mineralölprodukten, Briketts, Koks Fernwärme) werden berücksichtigt durch den Jahresnutzungsgrad; Division von Netto-Verbrauch+ durch den Jahresnutzungsgrad des Umwandlungsprozesses ergibt den Verbrauch für den jeweiligen Primärenergieträger (Erd-/Grubengas, Erdöl, Braunkohle, Steinkohle, Kernbrennstoff).

112 Darüber hinaus sind im Fall von Strom und Fernwärme die Anteile des zur Umwandlung eingesetzten Brennstoff-Mixes von Belang.

113

114 Im Abschnitt [3.] werden für jeden Energieträger verschiedene, aus der Energiebilanz [128] ermittelte Kennzahlen bereit gestellt, die für die Abbildung des verursachten fossil-/atomaren Primärenergieverbrauchs im Statusmodell der Zielregion und für die Ermittlung der energetischen Treibhausgasemissionen erforderlich sind:

115 - Leitungsverluste relativ zum End-Verbrauch (Strom [3.18], Fernwärme [3.61]).

116 - Fackelverluste relativ zum Netto-Verbrauch (Gas [3.25]).

BS.1. Erläuterungen

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

- 117 - Verbrauch & Umwandlungseinsatz im Energiebereich relativ zum Netto-Verbrauch+ (Strom [3.19], Gas [3.26], Mineralöl [3.35], Braun-/Steinkohle [3.47], Fernheizwerke [3.62]).
- 118 - Jahresnutzungsgrad der Umwandlung als Verhältnis von Netto-Erzeugung zu Umwandlungseinsatz bzw. Netto-Verbrauch zu Primärenergieverbrauch (Strom differenziert nach Brennstoffen [3.8]-[3.13], Gas [3.27], Mineralöl [3.36], Braun-/Steinkohle [3.48], Fernheizwerke [3.63]).
- 119 - Anteile der zur Umwandlung eingesetzten Brennstoffe am Mix (Strom [3.8]-[3.13], Fernheizwerke [3.54]-[3.58]).
- 120 - Anteile von Braunkohle und Steinkohle am Endverbrauch für Gebäudewärme [3.41] und Prozesswärme [3.42].
- 121 - Die brennstoffbezogenen Treibhausgas-Emissionsfaktoren [3.75] aufgrund der UBA-Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention [142].

122

Quellen:

123

124

125 AGE (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (12.05.2014): "Bilanz 2011".

126 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=druck_eb2011_23042013.xlsx

127

128 AGE (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (2014): "Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2012". Stand 12.07.2014.

129 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx

130

131 AG ENERGIEBILANZEN e. V. (07.2013): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2012.

132 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ausw_06082013ov.xls

133

134 AGE (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (November 2013): "Anwendungsbilanzen für die Energiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012".

135 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_endbericht_anwendungsbilanzen_2011-2012_endg.pdf

136

137 BATEN T., BUTTERMANN H.-G, NIEDER T. (2014): Gesamtbilanz der Kraft-Wärme-Kopplung 2003 bis 2012. Erschienen in: ENERGIE WIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 64. Jg. (2014) Heft 5.

138

139 BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (07.2013): "Entwicklung Erneuerbare Energien in Zahlen".

140 http://www.bv-agrار.de/sites/default/files/pdf/info/statistik/bmu_eeg_update_dez2013.pdf

141

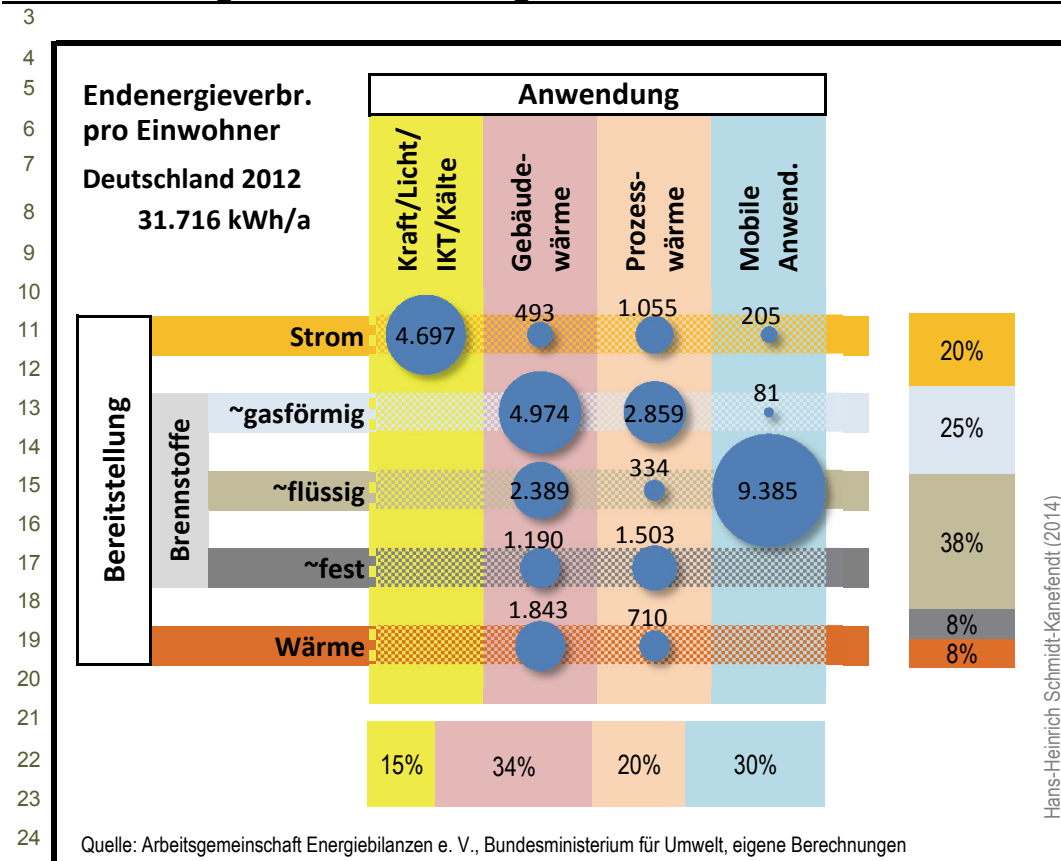
142 UMWELTBUNDESAMT (2014): "Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2012". Climate Change 24/2014. Seite 784 - 786 von 963.

143 http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/climate-change_24_2014_nationaler_inventarbericht.pdf

BS.1.



BS.1a. Diagramm: Endenergieverbrauch Deutschland 2012



Daten übernommen von Tabelle [2.4]

BS.2. Energieverbrauch Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

BS.2.a Endenergie-Verbrauch+ / Einwohner (direkt/indirekt)

Endenergie (kWh)	Anwendung						insgesamt	Nicht-energet.
	Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozess- wärme	Mobile Anwend.			
		Raumw.	Warmwas.		Boden+	Luft		
Strom	4.697	493		1.055	205		6.449	
		175	318		205	0		
Brennst.gasförm.	0	4.974		2.859	81		7.914	323
		4.225	749		81	0		
Brennst.flüssig	0	2.389		334	9.385		12.108	2.962
		2.056	333		8.061	1.324		
Brennst.fest	0	1.190		1.503	0		2.693	83
		1.158	32					
Wärme	0	1.843		710	0		2.553	
		1.671	172					
insgesamt	4.697	10.889		6.460	9.670		31.716	3.367

errechnet aus der Tabelle [4.4] mit:

3,6	PJ/TWh
1.000.000.000	kWh/TWh
80.523.746	Einwohner Deutschland am 31.12.2012

BS.2.b Wärme-Endverbrauch pro Einwohner nach Quellen

Endenergie in kWh	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	fossil	erneuerb.	fossil	erneuerb.
Wärme	1.843		710	
Fernheizwerke fossil	343		0	
erneuerbar		81		0
Fern-HeizKRAFTwerke	952	301	404	0
Nahwärme Abw./erneuerb.	-	167	306	0

übernommen aus [4.42] bis [4.46] und umgerechnet mit [20], [21] und [22].

BS.2.c Jahresnutzungsgrade Endenergie-Anwendung im Wärmebereich

Jahresnutzungsgrad in %	Gebäudewärme	Prozesswärme
Strom	100,0	100,0
Brennst.gasförmig	85,0	90,0
Brennst.flüssig	80,0	85,0
Brennst.fest	75,0	80,0
Wärme-Endverbr.	100,0	100,0

Zur Ermittlung d.Nutzungsgraden bei Gebäude- und Prozesswärme aus der Endenergie werden Annahmen zu Jahresnutzungsgraden getroffen (Schätzung).

BS.2.d Endverbrauch Anteile Sektoren je Anwendungsbereich

Sektoren	Anwendungsbereich			
	Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme	Prozess- wärme	Mobile Anwend.
% von Anwendungsb.				
Haushalte	17,0	67,3	7,5	0,0
Handel/Dienstl.(ohne Gew)	29,6	24,4	0,0	0,0
Industrie+prod.Gewerbe	53,4	8,3	92,5	0,0
Verkehr	0,0	0,0	0,0	100,0

übernommen aus [4.158] bis [4.160], Verkehr stellt den größten Teil der mobilen Anwend., sonstige vernachlässigbar.

BS.3. Kennzahlen Energieversorgung Deutschland 2012

4 BS.3.a Strommix und Jahresnutzungsgrad (JNG) Kraftwerke

	Mix-Anteil (%)	JNG (NV+/UE) (%)
Fossil/atomar	100,0	
Braunkohle	33,4	34,8
Steinkohle	24,2	34,9
Kernenergie	20,7	30,5
Naturgase	15,9	37,1
Erdöl	1,6	44,4
Abfall u.sonst.	4,3	27,7

Übernommen aus Tabelle [9.4].

16 BS.3.b Strom: Leitungsverluste / Verbrauch im Umwandlungsbereich

	(%)
Leitungsverluste LV/EV	5,5
Verbr.im Umwandlungsbereich (VI VU/NV	2,5

Übernommen aus Tabelle [9.4], Zeilen [9.23], [9.24].

22 BS.3.d Gasversorgung

	(%)
Leitungsverluste LV/EV+	0,0
Fackelverluste FV/NV.fos	0,9
Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	3,8
Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+/PEV	100,00

Übernommen aus Tabelle [10.4].

Die Leitungs-/Fackelverluste gem.Energiebilanz werden hier ausschl.als Fackelverluste angenomm.

31 BS.3.e Mineralölversorgung

	(%)
Leitungsverluste LV/EV+	0,0
Fackelverluste FV/NV.fos	0,0
Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	2,8
Jahresnutzungsgrad Umwandl. NE/UE	82,83

Übernommen aus Tabelle [11.4]; keine Leitungs- und Fackelverluste laut Energiebilanz.

38

BS.3. Kennzahlen Energieversorgung Deutschland 2012

39 BS.3.c Braun-/Steinkohleversorgung

40	Kohle-Mix	Braunk.	Steink.
41	Gebäudewärme (%)	57,8	42,2
42	Prozesswärme (%)	18,09	81,9

43 Übern.aus Tab.[12.4], Zeilen [12.7], [12.8].

44	Umwandlung (%):	Braunk.	Steink.
45	Leitungsverluste LV/EV+	0,0	0,0
46	Fackelverluste FV/NV.fos	0,0	0,0
47	Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	11,2	0,7
48	Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+/PEV	100,00	97,72

49 Übern.aus Tab.[12.4], Zeilen [12.13], [12.17]; keine Leitungs- und Fackelverluste laut Energiebilanz.

51 BS.3.f Fernheizwerke: Fossiler Brennstoffmix

52	Mix fossiler Brennstoffe:	(%)
53	Fossile	100,0
54	Braunkohle	1,8
55	Steinkohle	20,7
56	Erdgas	55,5
57	Mineralölprodukte	4,4
58	nicht erneuerb.Abfälle	17,5

59 Übernommen aus Tabelle [13.13].

60	Umwandlung:	(%)
61	Leitungsverluste LV/EV	9,4
62	Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	9,9
63	Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+.fos/UE.fos	71,4

64 Übernommen aus Tabelle [13.4].

66 BS.3.g Brennstoff-Endverbrauch: Fossiler Brennstoffmix

67	Mix fossiler Brennstoffe (%):	GW	PW
68	Fossile	100,0	100,0
69	Braunkohle	2,0	5,0
70	Steinkohle	1,5	22,8
71	Erdgas	65,2	64,6
72	Mineralölprodukte	31,3	7,5

73 Übernommen aus Tabelle [4.168].

75 BS.3.h Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren

76		t CO ₂ -Äqu./TJ	t CO ₂ -Äqu./GWh
77	Braunkohle	110	396
78	Steinkohle	95	342
79	Mineralöle	73	263
80	Gase	56	202
81	Abfall	85	306

82 Übernommen aus Tabelle [14.5]

BS.4. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 - Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar

4 **BS.4.a End-Verbrauch+ Träger / Anwendung differenziert**

siehe Zeile:

(PJ)		Endenergie-Anwendung					insgesamt	Nicht-energet.	
		Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäude-Wärme [23] Raum- wärme Warm- wasser		Prozess-Wärme	Mobile Anwend. [24] Boden+ Luft			
Endenergie-Träger	Strom	1.361,5	142,8		305,8	59,4		1.869,5	
			50,7	92,1		59,4	0,0		
	Brennst.gasförmig	0,0	1.442,0		828,7	23,4		2.294,1	93,5
			1.224,8	217,2		23,4	0,0		
	Brennst.flüssig	0,0	692,6		96,7	2.720,5		3.509,8	858,7
			596,1	96,5		2.336,8	383,7		
Brennst.fest	0,0	344,9		435,7	0,0		780,6	23,9	
		335,5	9,4						
Wärme direkt	0,0	534,3		205,7	0,0		740,0		
			484,4	50,0					
insgesamt		1.361,5	3.156,6		1.872,6	2.803,3		9.194,0	976,2
			2.691,5	465,1		2.419,6	383,7		
Anteilig [%]			85,3	14,7		86,3	13,7		

22 Werte der Hauptanwendungsbereiche in der jeweils oberen Zeile übernommen aus Tabelle [27].

23 Differenzierung der Gebäudewärme nach Raumwärme und Warmwasser in der jeweils unteren Zeile errechnet über Anteile aus Tabelle [5.95].

24 Flüssige Brennstoffe für Mobile Anwendungen differenziert nach Luftfahrt gemäß [7.19] und den übrigen Anwendungen am Boden inkl. Binnenschifffahrt.

25 Anwendungen am Boden: Straßenverkehr, Schienenverkehr, Binnenschifffahrt, Hochseeschifffahrt (EV+), kraftstoffbetriebene Maschinen.

26

BS.4. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 - Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar

27 **BS.4.b End-Verbrauch+ Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar**

siehe Zeile:

(PJ)		Endenergie-Anwendung				insgesamt	% von En.träger
		Kraft/Licht/ IKT/Kälte stat.	Gebäude- Wärme	Prozess- Wärme	Mobile Anwend.		
Endenergie-Träger	Strom	1361,5	142,8	305,8	59,4	1.869,5	100,0
	fossil/atomar	988,1	103,6	221,9	43,1	1.356,8	72,6
	erneuerbar	373,4	39,2	83,9	16,3	512,7	27,4
	Brennst.gasförmig	0,0	1.442,0	828,7	23,4	2.294,1	100,0
	fossil	(13,2)	1.442,0	828,7	22,1	2.292,8	99,9
	erneuerbar	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	0,1
	Brennst.flüssig	0,0	692,6	96,7	2.720,5	3.509,8	100,0
	fossil	(105,1)	692,6	96,7	2.594,8	3.384,1	96,4
	erneuerbar	0,0	0,0	0,0	125,7	125,7	3,6
	Brennst.fest	0,0	344,9	435,7	0,0	780,6	100,0
fossil	0,0	77,1	357,2	0,0	434,3	55,6	
erneuerbar	-	267,8	78,5	-	346,3	44,4	
Wärme	0,0	534,3	205,7	0,0	740,0	100,0	
Fernheizwerke fossil	0,0	99,4	0,0	0,0	99,4	13,4	
Fernheizw.erneuerb.		23,4	0,0		23,4	3,2	
Fern-HeizKRAFTwerke		275,9	87,3	117,0	392,9	87,3	
Nahwärme Abw./erneuerb.	0,0	-	48,3	88,7	137,0	18,5	
insgesamt	1.361,5	3.156,6	1.872,6	2.803,3	9.194,0	100,0	
fossil	988,1	2.414,7	1.504,5	2.660,0	7.567,4	82,3	
erneuerbar	373,4	741,9	368,0	143,3	1.626,6	17,7	
% v. Anwendung fossil	72,6	76,5	80,3	94,9	82,3		
% v. Anwend.ern.KWK	27,4	23,5	19,7	5,1	17,7		

[52]

[53]

[55]

Werte aus Tabelle [58] mit statistischen Werten [62] bis [77] übernommen, mit den folgenden Anpassungen:

- Subsummierung der fossilen Gase für KLIK und Verkehr [65] unter 'Mobile Anwendungen' [37].

Begründung: Annahme, dass der größte Teil der gasförm.Brennstoffe für Kraft usw. außerhalb des Verkehrsbereichs auch für mobile Anwend.verwendet wird.

- Subsummierung der fossilen Flüssigbrennstoffe (Mineralölprodukte) für KLIK und Verkehr [68] unter 'Mobile Anwendungen' [37].

Begründung: Annahme, dass der größte Teil der Flüssigkraftstoffe für Kraft usw. außerhalb des Verkehrsbereichs auch für mobile Anwend.verwendet wird.

BS.4. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 - Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar

58 **BS.4.c End-Verbrauch+ fossil/erneuerbar) original aus Statistiken**

(PJ)		Endenergie-Anwendung				insgesamt	% von En.träger
		Kraft/Licht/ IKT/Kälte stat.	Gebäude- Wärme	Prozess- Wärme	Mobile Anwend.		
Endenergie-Träger	Strom	1.361,5	142,8	305,8	59,4	1.869,5	[84] 100,0
	fossil/atomar	988,1	103,6	221,9	43,1	1.356,8	[85] 72,6
	erneuerbar	373,4	39,2	83,9	16,3	512,7	[86] 27,4
	Brennst.gasförmig	13,2	1.442,0	828,7	10,2	2.294,1	[88] 100,0
	fossil	13,2	1.442,0	828,7	8,9	2.292,8	[89] 99,9
	erneuerbar	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	[91] 0,1
	Brennst.flüssig	105,1	692,6	96,7	2.615,4	3.509,8	[88] 100,0
	fossil	105,1	692,6	96,7	2.489,7	3.384,1	[93] 96,4
	erneuerbar	0,0	0,0	0,0	125,7	125,7	[95] 3,6
	Brennst.fest	0	344,9	435,7	0	780,6	[88] 100,0
	fossil	0,0	77,1	357,2	0,0	434,3	[97] 55,6
	erneuerbar	-	267,8	78,5	-	346,3	[99] 44,4
	Wärme		534,3	205,7		740,0	[88] 100,0
Fernheizwerke fossil		99,4	0,0		99,4	[101] 13,4	
Fernheizw.erneuerb.			23,4	0,0	23,4	[102] 3,2	
HeizKRAFTwerke		275,9	87,3	117,0	480,2	[103] 64,9	
Nahwärme Abw./erneuerb.		-	48,3	88,7	137,0	[105] 18,5	
insgesamt	1479,8	3.156,6	1.872,6	2.685,0	9.194,0	100,0	
fossil	1.106,4	2.414,7	1.504,5	2.541,7	7.567,4	82,3	
erneuerbar KWK	373,4	741,9	368,0	143,3	1.626,6	17,7	
% v. Anwendung fossil	74,8	76,5	80,3	94,7	82,3		
% v. Anwend.ern.KWK	25,2	23,5	19,7	5,3	17,7		

84 Aus AGEStatistik zum Strom-Endverbrauch [5.40] bis [5.43] Summen für Anwendungen (farblich gekennzeichnet) übernommen.

BS.4. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 - Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar

- 85 Die Werte für 'fossil/atomar' resultieren jeweils aus 'Strom' [61] abzüglich Anteil 'erneuerbar' [63].
- 86 Insgesamt-Wert für Strom aus erneuerbaren Quellen aus BMU-Statistik zu Erneuerbaren Energien [6.19] übernommen,
- 87 für jede Anwendung prozentualen Anteil am Stromverbrauch und damit den erneuerbaren Stromanteil proportional ermittelt.
- 88 Anwendungs-Summen jeweils aus dem fossilen [65] und dem erneuerbaren [66] Anteil.
- 89 Aus AGEB-Statistik zum Endenergieverbr. stationärer Anwend. die gasförm. Brennstoffe [5.8] nach Anwendung (farblich gekennz.) summiert und übernommen.
- 90 Aus AGEB-Statistik zum Endenergieverbrauch im Verkehr den Wert für gasförmige Kraftstoffe [5.21] übernommen.
- 91 Annahme: keine Verwendung von biogenen Gasen für KLIK, Gebäude- bzw. Prozesswärme direkt ohne KWK.
- 92 Aus EE-Statistik die gasförm. Brennstoffe aus erneuerbaren Quellen für Verkehr [6.35] übernommen.
- 93 Aus AGEB-Statistik zum Verbr. stationärer Anwend. die Mineralöle als flüssigen Brennst. [5.7] nach Anwendung (farblich gekennz.) summiert und übernommen.
- 94 Aus AGEB-Statistik zum Endenergieverbrauch im Verkehr den Wert für Mineralöl als flüssige Brennstoffe zuzügl. Hochseebunkerung [5.30] übernommen.
- 95 Annahme: keine Verwendung von biogenen Flüssigbrennstoffen für KLIK, Gebäude- bzw. Prozesswärme direkt ohne KWK.
- 96 Aus EE-Statistik die flüssigen Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen für Verkehr [6.32], [6.33], [6.34] übernommen.
- 97 Aus AGEB-Statistik zum Verbr. stationärer Anwend. Kohle als feste Brennst. [5.11] nach Anwendung (farbl. gekennz.) summiert und übernommen.
- 98 Aus AGEB-Statistik zum Endenergieverbrauch im Verkehr den Wert für Kohle als feste Kraftstoffe [5.24] übernommen.
- 99 Aus EE-Statistik die festen Brennstoffe aus erneuerbaren Quellen für Gebäudewärme [6.20] und Prozesswärme [6.21] übernommen.
- 100 Werte für feste Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen sind in der Erneuerbaren-Statistik [6.4] nicht enthalten.
- 101 Übernahme der mit fossilen Brennstoffen ohne KWK erzeugten Fernheizwärme aus [112].
- 102 Übernahme der mit erneuerbaren Brennstoffen ohne KWK erzeugten Fernheizwärme aus [112].
- 103 Übernahme der mit fossilen und erneuerbaren Brennstoffen in HeizKRAFTwerken zur Stromgewinnung für Fernheizung genutzten Abwärme [114].
- 104 plus die laut KWK-Bilanz in der Energiebilanz fehlenden Mengen [115].
- 105 Übernahme der Nahwärme, sowohl erneuerbar (solarthermisch, Wärmepumpen) als auch fossiler Abwärme aus Industrieprozessen [116].
- 106

BS.4. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 - Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar

107 BS.4.d Wärme-Endverbrauch: Differenzierung nach Fernwärme/erneuerbar, Heizwerk/KWK

108 (PJ)	Gebäude-Wärme	Prozess-Wärme		insgesamt	
109 Wärme	534,3	205,7		740,0	[121]
110 Fernwärme	486,0	117,0		603,0	[122]
111 davon Fernheizwerke	122,8	0,0		122,8	[123]
112 davon foss./erneu.	99,4	23,4	0,0	0,0	[124]
113 davon HKW Abwärme	363,2	117,0		480,2	[125]
114 davon foss./erneu.	275,9	84,4	0,0	0,0	[126]
115 zusätzlich.It. KWK-Bilanz	0,0	2,9	117,0	0,0	[128]
116 Nahwärme fossile Abwärme / eneuerb.	-	48,3	88,7	0,0	[129]
117 Statistische Abweichung:					[131]
118 Summe Strom- und Brennstoff-Endverbrauch (AGEB+EE in Zahlen):				8.454,0	[133]
119 Endenergieverbrauch+ gesamt (AGEB) inklusive Hochseebunkerung:				9.015,6	[134]
120 Wärme-Endverbrauch (unvollständig):				561,6	[135]

121 Wärme-Endverbrauch: Summe Fernwärme [110] und Nahwärme (fossil und erneuerbar) [116].

122 Summe Fernwärme aus Heizwerken ohne KWK [111] und HeizKRAFTwerken mit KWK [113].

123 Summe fossile und erneuerbare Beiträge der Fernwärme aus Heizwerken ohne KWK [112].

124 Übernahme der Beiträge Fernheizwerke fossil [13.81] und erneuerbar [6.22] (Annahmen: ohne KWK, komplett Gebäude-W.).

125 Summe fossile und erneuerb.Beiträge d.Fernwärme aus HeizKRAFTwerken [114]+[115] (Abwärme aus Biogasverstrom. wird auch unter Fernwärme geführt).

126 Übern.d.Beiträge HeizKRAFTw.fossil [13.86] und erneuerbar (Biogas [6.24], Klärgas [6.25], Deponiegas [6.26], Abfall [6.27], Tiefen-Geotherm. [6.29]).

127 (Annahme: komplett Gebäude-Wärme)

128 Übern.d.Beiträge HeizKRAFTw. Industrie fossil [13.91] (Ann.: kompl. Prozessw.) und Micro-KWK erneuerbar [6.23] (Annahme: komplett Gebäude-W.).

129 Übern.d.Beiträge Solarthermie [6.28] , Umgebungswärme (Wärmepumpen) [6.29] (Annahme: komplett Gebäude-W.).

130 Sonstige [5.66] (steht in der Anwendungsbilanz für Abwärme aus industriellen Prozessen, Annahme: Verwendung komplett als Prozess-Wärme) .

131 Statistische Abweichung? 1. Die verwendeten Haupt-Datenquellen Energiebilanzen [1.128] und EE in Zahlen [1.139] sind nicht vollkommen konsistent.

132 2. In der Haupt-Datenquelle Energiebilanzen [1.128] fehlen Mikro-KWK und Industrie-Heizkraftwerke.

133 Summe Endverbräuche gemäß Hauptdantequellen von Strom [BS.4.61] und Brennstoffen gasförmig [BS.4.64], flüssig [BS.4.67], fest [BS.4.70].

134 Endenergieverbrauch insgesamt gemäß Hauptdatenquellen als Summe des Verbrauchs stationärer Anwendungen [5.13] und dem Verkehr [5.31].

135 Endverbrauch in Form von Wärme: verbleibender Rest des Gesamtverbrauchs [BS.4.119] nach Abzug von Strom und Brennstoffen [BS.4.118].

136 Der gesamte Wärme-Endverbrauch gemäß Hauptdatenquellen liegt mit 561,6 PJ deutlich unter dem tatsächlichen Wert von 740,0 PJ.

BS.4. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 - Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar

137

138 BS.4.e Nichtenergetischer Verbrauch

	(PJ)
140 Brennst.gasförmig	93,5 [143]
141 Brennst.flüssig	858,7 [144]
142 Brennst.fest	23,9 [145]

143 Übernahme der nichtenergetisch verwendeten gasförmigen Brennstoffe [10.41].

144 Übernahme der nichtenergetisch verwendeten flüssigen Brennstoffe [11.42].

145 Übernahme der nichtenergetisch verwendeten gasförmigen Brennstoffe [12.12].

146

147 BS.4.f Endverbrauch stationär: Haushalte, Handel/Dienstleist., Industrie+prod.Gewerbe

148 Sektor	149 Endenergie-Anwendung						
	Kraft/Licht/ IKT/Kälte stat.		Gebäude- Wärme		Prozess- Wärme		
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	
150 Haushalte	252,1	17,0	2.034,7	67,3	144,7	7,5	[5.50]
151 GHD	550,9	37,2	737,2	24,4	108,6	5,6	[5.51]
152 prod. Gewerbe	112,7	7,6	0,0	0,0	108,6	5,6	[162]
153 Handel/Dienstleist.	438,2	29,6	737,2	24,4	0,0	0,0	[5.52]
154 Industrie	676,9	45,7	251,8	8,3	1.669,8	86,8	[5.52]
155 Endenergie stationär	1.479,9	100,0	3.023,7	100,0	1.923,1	100,0	[166]

157

158 Haushalte	17,0	67,3	7,5	[151]
159 Handel/Dienstleist.	29,6	24,4	0,0	[154]
160 Industrie+prod.Gewerbe	53,4	8,3	92,5	[153] + [155]
161 Endenergie stationär	100,0	100,0	100,0	

162 Annahmen für die Differenzierung nach produzierendem Gewerbe und Handel/Dienstleistungen (H/D):

163 Kraft/Licht/IKT/Kälte: Mechanische Energie [5.76] größtenteils im prod. Gewerbe, übrige Anwendungen größtenteils in H/D.

164 Gebäude-Wärme: Größtenteils in H/D, prod. Gewerbe vernachlässigbar.

BS.4. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 - Träger/Anwendung - fossil/erneuerbar

165 Prozess-Wärme: Größtenteils im prod. Gewerbe, H/D vernachlässigbar.

166 Abweichungen der Absolutwerte zu [47] wegen Zuordnung zu mobilen Anwendungen, Einfluss auf Relativwerte vernachlässigbar.

167

168 **BS.4.g Brennstoff-Endverbrauch: Fossiler Brennstoffmix**

	Gebäude-Wärme		Prozess-Wärme		
	PJ	%	PJ	%	
171 Fossile	2.211,7	100,0	1.282,6	100,0	
172 <i>Kohle</i>	77,1	3,5	357,2	27,8	[40]
173 Braunkohle	44,5	2,0	64,6	5,0	[172] [3.41] [3.42]
174 Steinkohle	32,6	1,5	292,6	22,8	[172] [3.41] [3.42]
175 Erdgas	1.442,0	65,2	828,7	64,6	[34]
176 Mineralölprodukte	692,6	31,3	96,7	7,5	[37]

BS.4. ○

BS.5. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Energieträger / Anwendung**4 BS.5.a End-Verbrauch+ stationäre Anwendungen (Energieträger / Anwendung)**

Energieträger (PJ)	Wärmeanwendungen			Kälteanwendungen				Mechan. Energie	IKT	Beleuch- tung	End- Energie- Verbr.
	Raum- wärme	Warm- wasser	sonst. Prozess- wärme	Wärme gesamt	Klima- kälte	sonst. Prozess- kälte	Kälte gesamt				
Mineralöl	596,1	96,5	96,7	789,3	0	0	0	105,1	0	0	894,4
Gase	1224,8	217,2	828,7	2270,7	2,6	0,1	2,7	10,5	0	0	2283,9
Strom	50,7	92,1	305,8	448,5	28,4	159,7	188,1	677	200,5	295,9	1810
Fernwärme	261,8	27	150,8	439,7	0	0	0	0	0	0	439,7
Kohle	75	2,1	357,2	434,3	0	0	0	0	0	0	434,3
Erneuerbare	343,9	34,3	97,6	475,8	0	0	0	0	0	0	475,8
GESAMT	2552,3	469,2	1836,8	4858,3	31	159,8	190,8	792,6	200,5	295,9	6338,1

14 Summen der jeweil. Werte in den Sektor-spez. Tabellen: 'Industrie' [57], 'Gewerbe/Handel/Dienstleist.' [71] und 'Haushalte' [83].

15 Farbmarkierung: 'Gebäudewärme' 'Prozesswärme'

'Kraft/Licht/Inform.-Kommun.-T./Kälte'

17 BS.5.b End-Verbrauch+ Verkehr (Energieträger / Anwendung)

Energieträger (PJ)	Wärmeanwendungen			Kälteanwendungen				Mechan. Energie	IKT	Beleuch- tung	End- Energie- Verbr.
	Raum- wärme	Warm- wasser	sonst. Prozess- wärme	Wärme gesamt	Klima- kälte	sonst. Prozess- kälte	Kälte gesamt				
Mineralöl	9,5	0	0	9,5	2,4	0	2,4	2355	7,2	9,3	2383,4
Gase	0	0	0	0	0	0	0	8,8	0	0	8,9
Strom	3	0	0	3	0,1	0	0,1	50,3	3	3	59,4
Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kohle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerbare	0,5	0	0	0,5	0,1	0	0,1	118,1	0,4	0,5	119,5
GESAMT	13,1	0	0	13,1	2,6	0	2,6	2532,2	10,5	12,8	2571,2

27 Übernommen von Anwendungsbilanzen [108], Tabelle 15.

28 Farbmarkierung: 'Verkehr'

Mineralöl für Hochseebunkerung	106,3
Mineralöl inkl. Hochseebunkerung	2489,7
GESAMT 'End-Verbrauch+' inkl. Hochseebunkerung und Erneuerbare	2677,5

32 Im End-Verbrauch der Anwendungsbilanzen ist bei Mineralöl die Hochseebunkerung ausgespart, diese wird unten ergänzt.

33 Mineralölverbrauch für Hochseebunkerung (Hochseeschifffahrt) gemäß [11.44].

34 Mineralöl-Endverbrauch [20] plus Hochseebunkerung [29].

35 Gesamter End-Verbrauch inkl. Erneuerbare [26] plus dem Mineralölverbrauch für Hochseebunkerung [29].

37 BS.5.c Strom-Endverbrauch (Sektoren / Anwendung)

Sektor (PJ)	Wärmeanwendungen			Kälteanwendungen				Mechan. Energie	IKT	Beleuch- tung	End- Energie- Verbr.
	Raum- wärme	Warm- wasser	sonst. Prozess- wärme	Wärme gesamt	Klima- kälte	sonst. Prozess- kälte	Kälte gesamt				
Industrie	3,3	2,9	145,6	151,8	17,3	18,9	36,2	552	33,3	39,4	812,7
GHD	15,8	20,6	19,1	55,5	11,1	35,7	46,8	112,7	78,4	210,6	504,1
Haushalte	31,6	68,6	141,1	241,2	0	105,1	105,1	12,3	88,8	45,9	493,3
Verkehr	3	0	0	3	0,1	0	0,1	50,3	3	3	59,4
Endenergie ges.	53,7	92,1	305,8	451,5	28,5	159,6	188,2	727,4	203,5	298,9	1869,5

45 Übernommen von Anwendungsbilanzen [108], Tabelle 22.

46

BS.5. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Energieträger / Anwendung**BS.5.d Endverbrauch (Sektoren / Anwendung)**

Sektor (PJ)	Wärmeanwendungen			Kälteanwendungen			Mechan. Energie	IKT	Beleuch- tung	End- Energie- Verbr.	
	Raum- wärme	Warm- wasser	sonst. Prozess- wärme	Wärme gesamt	Klima- kälte	sonst. Prozess- kälte					Kälte gesamt
Haushalte	1664,4	370,3	144,7	2179,4	0	105,1	105,1	12,3	88,8	45,9	2431,5
GHD	662	75,2	108,6	845,8	13,7	35,8	49,5	212,4	78,4	210,6	1396,7
Industrie	227,9	23,9	1669,8	1921,6	17,3	18,9	36,2	568	33,3	39,4	2598,5
Verkehr	13,1	0	0	13,1	2,6	0	2,6	2532,2	10,5	12,8	2571,2
Endenergie ges.	2567,4	469,4	1923,1	4959,9	33,6	159,8	193,4	3324,9	211	308,7	8997,9

BS.5.e Endenergieverbrauch Industrie (Energieträger / Anwendung)

Energieträger (PJ)	Wärmeanwendungen			Kälteanwendungen			Mechan. Energie	IKT	Beleuch- tung	End- Energie- Verbr.	
	Raum- wärme	Warm- wasser	sonst. Prozess- wärme	Wärme gesamt	Klima- kälte	sonst. Prozess- kälte					Kälte gesamt
Mineralöl	22,6	1,9	68,2	92,7	0	0	0	5,5	0	0	98,2
Gase (fossil)	132,8	12,5	784,5	929,8	0	0	0	10,5	0	0	940,2
Strom	3,3	2,9	145,6	151,8	17,3	18,9	36,2	552	33,3	39,4	812,7
Fernwärme	29,7	2,8	137	169,5	0	0	0	0	0	0	169,5
Kohlen	8,4	0,8	357,2	366,4	0	0	0	0	0	0	366,4
Erneuerbare	29	2,7	91,1	122,8	0	0	0	0	0	0	122,8
Sonstige	2,2	0,2	86,3	88,7	0	0	0	0	0	0	88,7
GESAMT	227,9	23,9	1669,8	1921,6	17,3	18,9	36,2	568	33,3	39,4	2598,5
%-Anteile	9%	1%	64%	74%	1%	1%	1%	22%	1%	2%	100,00%

Übernommen von Anwendungsbilanzen [108], Tabelle 1.

BS.5.f Endenergieverbrauch Gewerbe/Handel/Dienstl. (Energieträger / Anwendung)

Energieträger (PJ)	Wärmeanwendungen			Kälteanwendungen			Mechan. Energie	IKT	Beleuch- tung	End- Energie- Verbr.	
	Raum- wärme	Warm- wasser	sonst. Prozess- wärme	Wärme gesamt	Klima- kälte	sonst. Prozess- kälte					Kälte gesamt
Mineralöl	151,5	14,2	28,5	194,2	0	0	0	99,6	0	0	293,8
Gase	365,4	27,8	40,6	433,8	2,6	0,1	2,7	0	0	0	436,5
Strom	15,8	20,6	19,1	55,5	11,1	35,7	46,8	112,7	78,4	210,6	504,1
Fernwärme	77,8	5,7	13,8	97,4	0	0	0	0	0	0	97,4
Kohle	15,6	0	0	15,6	0	0	0	0	0	0	15,6
Erneuerbare	35,9	6,9	6,5	49,3	0	0	0	0	0	0	49,3
GESAMT	662	75,2	108,6	845,8	13,7	35,8	49,5	212,4	78,4	210,6	1.396,70

Übernommen von Anwendungsbilanzen [108], Tabelle 4.

BS.5.g Endenergieverbrauch Haushalte (Energieträger / Anwendung)

Energieträger (PJ)	Wärmeanwendungen			Kälteanwendungen			Mechan. Energie	IKT	Beleuch- tung	End- Energie- Verbr.	
	Raum- wärme	Warm- wasser	sonst. Prozess- wärme	Wärme gesamt	Klima- kälte	sonst. Prozess- kälte					Kälte gesamt
Mineralöl	422	80,4	0	502,4	0	0	0	0	0	0	502,4
Gase	726,6	176,9	3,6	907,1	0	0	0	0	0	0	907,1
Strom	31,6	68,6	141,1	241,2	0	105,1	105,1	12,3	88,8	45,9	493,3
Fernwärme	154,3	18,5	0	172,8	0	0	0	0	0	0	172,8
Kohle	51	1,3	0	52,3	0	0	0	0	0	0	52,3
Erneuerbare	279	24,7	0	303,7	0	0	0	0	0	0	303,7
GESAMT	1664,4	370,3	144,7	2179,4	0	105,1	105,1	12,3	88,8	45,9	2431,5

Übernommen von Anwendungsbilanzen [108], Tabelle 12.

BS.5. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Energieträger / Anwendung

94

95 BS.5.h Gebäudewärme Anwendung differenziert

Anteile in %	Gebäude-Wärme	
	Raumwärme	Warmwasser
Strom	35,5	64,5
Brennst.gasförmig	84,9	15,1
Brennst.flüssig	86,1	13,9
Brennst.fest	97,3	2,7
Wärme direkt	90,7	9,3
Über alle Energieträger	84,5	15,5

104 Anteile errechnet aus Absolutwerten in Tabelle [BS.5.4].

105

106 Literatur

107

108 AGEB (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (November 2013): "Anwendungsbilanzen für die Energiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012".

109 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_endbericht_anwendungsbilanzen_2011-2012_endg.pdf

110

BS.5. ○

BS.6. Erneuerbare Energien Deutschland 2012

4 BS.6.a Erneuerbare Energien Endverbrauch

	aus 'Erneuerbare Energien in Zahlen' [61] übernommen	Endenergie 2012	Anteil erneuer- barer Energien	vermeidene THG- Emissionen	Endenergie 2011	Endenergie 2012	
		[GWh]	[%]	[1.000 t]	[GWh]	[PJ]	
Strom	Wasserkraft 1)	21.793	am Bruttostromverbrauch 8)	3,6	17.911	17.671	78,5
	Windenergie	50.670		8,4	39.571	48.883	182,4
	an land	49.948		8,2	39.007	48.315	179,8
	auf See (Offshore)	722		0,1	564	568	2,6
	Photovoltaik	26.380		4,4	18.883	19.599	95,0
	biogene Festbrennstoffe	11.600		1,9	9.200	11.296	41,8
	biogene flüssige Brennstoffe	400		0,1	199	363	1,4
	Biogas	24.800		4,1	9.927	19.281	89,3
	Klärgas	1.300		0,2	1.024	1.280	4,7
	Deponiegas	550		0,1	433	628	2,0
	biogener Anteil des Abfalls 2)	4.900		0,8	3.985	4.755	17,6
	Geothermie	25,4		0	15	18,8	0,1
	Summe	142.418		23,5	101.148	123.775	512,7
Wärme	biogene Festbrennstoffe (Haushalte 3)	74.400	am EEV für Wärme 9)	5,4	22.155	67.500	267,8 [51]
	biogene Festbrennstoffe (Industrie 4)	21.800		1,6	6.056	21.942	78,5 [52]
	biogene Festbrennstoffe (HW/HKW 5)	6.500		0,5	1.448	5.788	23,4 [53]
	biogene flüssige Brennstoffe	800		0,1	192	722	2,9 [54]
	Biogas	12.100		0,9	2.455	9.883	43,6 [55]
	Klärgas 6)	1.800		0,1	535	1.770	6,5 [55]
	Deponiegas	100		0,01	30	113	0,4 [55]
	biogener Anteil des Abfalls 2)	9.100		0,7	2.651	7.969	32,8 [56]
	Solarthermie	6.700		0,5	1.778	6.440	24,1 [57]
	tiefe Geothermie	340		0,02	90	307	1,2 [57]
	oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme 7)	6.730		0,5	582	5.990	24,2 [57]
Summe	140.370	10,2	37.972	128.424	505,3		
Kraftstoffe	Biodiesel	25.459	am Kraftstoff- verbrauch 10)	4,1	4.047	24.920	91,7
	Pflanzenöl	258		0,04	45	205	0,9
	Bioethanol	9.207		1,5	1.291	9.091	33,1
	Biomethan	350		0,1	59	190	1,3
	Summe	35.274		5,7	5.443	34.406	127,0
gesamt	318.062	am EEV 11)	12,7	144.563	286.605	1.145,0	
1)	bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss						
2)	biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt						
3)	überwiegend Holz einschließlich Holzpellets						
4)	Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des verarbeitenden Gewerbes, nach § 8 EnStatG						
5)	nach §§ 3 und 5 EnStatG						
6)	enthält Wert zur Wärmenutzung in den Kläranlagen						
7)	durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen)						
8)	bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2012 von 605,6 TWh, nach AgEb [64]						
9)	EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2012 von 1.380 TWh, nach ZSW [1]						
10)	bezogen auf den Kraftstoffverbrauch (ohne Flugkraftstoff, Militär und Binnenschifffahrt) 2012 von 616,3 TWh, ZSW [1] nach BaFa [16]						
11)	bezogen auf den Endenergieverbrauch (EEV) 2012 von 2.499 TWh (8.998 PJ) nach AgEb [2]						

49 BMU-Statistik übernommen aus [61], Seite 12.

BS.6. Erneuerbare Energien Deutschland 2012

- 50 Annahmen für die Zuordnung der einzelnen Beiträge zu den Anwendungen Gebäudewärme und Prozesswärme, unterteilt nach Energieträgern:
- 51 - Biogene Festbrennstoffe werden in Haushalten näherungsweise vollständig für Gebäudewärme angewendet.
- 52 - Biogene Festbrennstoffe werden in der Industrie näherungsweise vollständig für Prozesswärme angewendet.
- 53 - Vereinfachend komplett als Heizwerk verbucht (im Gegenzug biogener Ant.d. Abfalls [27] kompl.als HeizKRAFTwerk), vollst.Gebäude-W.
- 54 - Biogene flüssige Brennstoffe werden näherungsweise vollständig in Mikro-BHKW verwendet, als HeizKRAFTwerk erfasst, vollst.Gebäude-W.
- 55 - Biogas, Deponiegas, Klärgas werden näherungsweise vollständig in BHKW verstromt, Abwärmenutzung als HeizKRAFTwerk, vollst.Gebäudew.
- 56 - Vereinfachend komplett als HeizKRAFTwerk verbucht (im Gegenzug biogene Festbr.st. [22] kompl.als Heizwerk), vollst.Gebäude-W.
- 57 - Wärme aus Solarthermie, Tiefen-Geothermie und Umweltwärme wegen des niedrigen Temperaturniveaus näherungsw.vollst.Gebäudewärme.

58

Literatur

59

60

61 BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (07.2013): "Entwicklung Erneuerbare Energien in Zahlen".

62 http://www.bv-agrar.de/sites/default/files/pdf/info/statistik/bmu_eeg_update_dez2013.pdf

63 (Zugriff am 09.11.2014 verweist auf eine aktualisierte Fassung mit leicht erhöhten Werten, alte Fassung beibehalten)

BS.6. ○

BS.7. Verkehr Deutschland 2012 differenziert

4 BS.7.a Endverbrauch nach Energieträgern und Verkehrsträgern

Anaben in PJ	Insgesamt	Straße	Luftverkehr	Bahn	Binnen-schifffahrt
Kraftstoffe	2.511,8	2.112,2	370,6	15,2	13,9
Fossile Kraftstoffe	2.392,3	1.994,5	370,6	14,1	13,1
Motorenbenzin	740,2	740,2	0,0	0,0	0,0
Dieselkraftstoff	1.248,0	1.220,8	0,0	14,1	13,1
Flugturb.kraftst., Flugbenzin	370,6	0,0	370,6	0,0	0,0
Flüssiggas	24,6	24,6	0,0	0,0	0,0
Gase	8,9	8,9	0,0	0,0	0,0
Bio-Kraftstoffe	119,5	117,7	0,0	1,0	0,8
Biodiesel	86,2	84,4	0,0	1,0	0,8
Pflanzenöl	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0
Bioethanol	31,2	31,2	0,0	0,0	0,0
Biomethan	1,2	1,2	0,0	0,0	0,0
Strom	59,4	0,0	0,0	59,4	0,0
Insgesamt	2.571,2	2.112,2	370,6	74,6	13,9
Anteile (in %)	121,7	100,0	17,5	3,5	
Anteil Dieselkraftstoff		57,8		18,9	
Anteil Ottokraftstoff		42,2		0,0	
Anteil Strom		0,0		79,7	
Anteil Erneuerbare	5,0	5,5	0,0	14,1	
Anteil Biodiesel an Biokr.st.	72,9				
Anteil PÖL an Biokraftst.	0,7				
Anteil Bioethanol an Biokr.	26,4				

28 Endverbrauch von Kraftstoffen im Verkehrsbereich: Summe aus fossilen [7] und Bio-Kraftstoffen [13].

29 Endverbrauch von fossilen Kraftstoffen im Verkehrsbereich: Summe der Kraftstoffsarten [8] bis [12].

30 Gesamtwert für Motorbenzin von [8.20] übernommen, Annahme: ausschließlich im Straßenverkehr.

31 Gesamtwert für Dieselkraftstoff von [8.21] übernom., Hauptanwend. Straßenverkehr abzügl. Bahn und Binnenschiff.

32 Anteile Bahn und Binnen-/Küstenschifffahrt übernommen aus Anwendungsbilanzen [59], Tabelle 17.

33 Gesamtwert für Flug-Kraftst. von [8.22] übernom., vernachlässigb. Abweich. zu Anwend. bil. [59], Tab. 17 (371,117 PJ).

34 Gesamtwert für Flüssiggas von [8.23] übernommen, Annahme: ausschließlich im Straßenverkehr.

35 Gesamtwert für Gase von [8.27] übernommen, Annahme: ausschließlich im Straßenverkehr.

36 Endverbrauch von Bio-Kraftstoffen im Verkehrsbereich: Summe der Kraftstoffsarten [14] bis [17].

37 Gesamtwert für Biodiesel von [48] übernom., Hauptanwendung Straßenverkehr abzüglich Bahn und Binnenschiff.

38 Anteile Bahn und Binnen-/Küstenschifffahrt übernommen aus Anwendungsbilanzen [7.59], Tabelle 17.

39 Gesamtwert für Pflanzenöl von [49] übernommen, Annahme: ausschließlich im Straßenverkehr.

40 Gesamtwert für Bioethanol von [50] übernommen, Annahme: ausschließlich im Straßenverkehr.

41 Gesamtwert für Biomethan von [51] übernommen, Annahme: ausschließlich im Straßenverkehr.

42 Anwend. von Strom als Traktionsenergie zurzeit praktisch nur im Schienenverkehr gemäß [BS.7.59], Tabelle 17.

43 Endenergieverbrauch im Verkehrsbereich: Summe aus Kraftstoffen [6] und Strom [18].

44

BS.7. Verkehr Deutschland 2012 differenziert

45 BS.7.b Biokraftstoffe differenziert

	EE in Zahlen			AGEB
	GWh	PJ	%	PJ*
48 Biodiesel	25.459	91,65	72,2	86,25
49 Pflanzenöl	258	0,93	0,7	0,87
50 Bioethanol	9.207	33,15	26,1	31,19
51 Biomethan	350	1,26	1,0	1,19
52 Summe Biokraftstoffe	35.274	126,99	100,0	119,50 ^[55]
53 Anteil am Kraftstoffverbrauch	5,1%			4,8%

54 Kraftstoffbereitstell.aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2012 [6.4] übernommen, Zeilen [6.32] bis [6.35].

55 Wg.einer statistischen Abweichung erfolgt prozentuale Verteilung der AGEB-Summe aus [5.25] EE in Zahlen.

56

57 Literatur

58

59 AGEB (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (November 2013): "Anwendungsbilanzen für die Energiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012".

60 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_endbericht_anwendungsbilanzen_2011-2012_endg.pdf

61

BS.7. ○

BS.8. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Energieträgern**4 BS.8.a Endenergieverbrauch nach Energieträgern insgesamt**

*) Vorläufige Angaben; Stand: 31.07.2013 (PJ)	Gesamt	Summe Einzeltab.	verarb.Gew. [42]	Haushalte [74]	GHD [95]	Verkehr [116]
Steinkohle			173,8	27,7	15,3	
Steinkohlenkoks	124,3	124,3	122,6	1,4	0,3	
Steinkohlenbriketts	4,1	4,1		4,1	0,0	
Rohbraunkohle	5,9	5,9	5,9			
Braunkohlenbriketts	25,3	25,3	6,3	19,1	0,0	
Braunkohlenkoks	0,0	0,0	0,0			
Staub- und Trockenkohle	57,9	57,9	57,9			
Biomasse und erneuerbare Abfälle ¹⁾	547,7	428,3	122,7	266,0	39,5	
Nichterneuerb. Abfälle, Abwärme u.a.	88,7	88,7	88,7	0,0	0,0	
Sonstige erneuerbare Energien ²⁾	46,2	46,2	0,0	37,6	8,5	
Übrige feste Brennstoffe ³⁾	1,3	1,3	0,0	0,0	1,3	
Kraftstoffe aus Mineralöl	2.486,8	2.383,4				2.383,4
davon:						
Motorenbenzin		740,2				740,2
Dieselkraftstoff		1.248,0				1.248,0
Flugturb. kraftstoff, Flugbenzin		370,6				370,6
Flüssiggas		24,6				24,6
Heizöl	774,0	774,0	81,2	498,6	194,2	
darunter: leichtes Heizöl	750,4	750,4	57,8	498,6	194,1	
Übrige Mineralölprodukte	17,0	120,4	17,0	3,8	99,6	0,0
Gase	2.292,8	2.292,8	940,2	907,1	436,5	8,9
darunter: Naturgase	2.122,7	2.113,8	812,7	883,6	417,5	
Strom ⁴⁾	1.869,4	1.869,4	812,7	493,2	504,1	59,4
Biokraftstoffe		119,5				119,5
Fernwärme ⁵⁾	439,7	439,7	169,5	172,8	97,4	
Insgesamt	8.781,1	8.997,9	2.598,5	2.431,4	1.396,7	2.571,2

¹⁾ In den Jahren 1990 bis 1994 werden hier die Energieträger Brennholz, Brenntorf und Klärschlamm, Müll u.a. erfasst, in den Jahren 1995 bis 1999 Müll und sonstige Biomasse.
Ab dem Jahr 2000 wird hier nur noch der regenerative Anteil von Müll (50 %) erfasst.

²⁾ Geothermie, Solarthermie und Wärmepumpen.

³⁾ Verbrauch von festen Brennstoffen abzüglich Biomasse und erneuerbare Abfälle, nichterneuerb. Abfälle, Abwärme u.a. und sonstige erneuerbare Energien.

⁴⁾ Einschließlich mit erneuerbaren Energien erzeugtem Strom.

⁵⁾ Einschließlich mit erneuerbaren Energien erzeugter Fernwärme.

Übernahme der AGEBAuswertungstabelle 4. [137] (Spalte 'Gesamt') und Zusammenführung mit Sektor-Einzeltabellen.

In Spalte 'Gesamt' sind die Biokraftstoffe enthalten, die in den Einzeltabellen beim Verkehr gesondert ausgewiesen sind.

In Spalte 'Gesamt' sind 'Übrige Mineralöle' mit enthalten, die in den Einzeltab.beim Verkehr gesondert ausgewiesen sind.

41

BS.8. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Energieträgern

42 BS.8.b Bergbau und verarbeitendes Gewerbe

43 **Tabelle 4.1: Endenergieverbrauch des übrigen Bergbaus und des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland**

44	Angaben in PJ	2012 *
45	Steinkohle	174
46	Steinkohlenkoks	123
47	Rohbraunkohle	6
48	Braunkohlenbriketts	6
49	Braunkohlenkoks	0
50	Staub- und Trockenkohle	58
51	Biomasse und erneuerbare Abfälle ²⁾	123
52	Nichtererneuerbare Abfälle, Abwärme u.a.	89
53	Sonstige erneuerbare Energien ³⁾	0
54	Übrige feste Brennstoffe ⁴⁾	0
55	Heizöl	81
56	darunter: leichtes Heizöl	58
57	Übrige Mineralölprodukte	17
58	Gase ⁵⁾	940
59	darunter: Naturgase ⁶⁾	813
60	Strom ⁷⁾	813
61	Fernwärme ⁸⁾	169
62	Insgesamt	2599

63 ²⁾ In den Jahren 1990 bis 1994 werden hier die Energieträger Brennholz und Klärschlamm, Müll u.a. erfasst, in den Jahren 1995 bis
64 1999 Müll und sonstige Bio-masse. Ab dem Jahr 2000 ist hier nur noch der regenerative Anteil von Müll (50%) enthalten.

65 ³⁾ Geothermie, Solarthermie und Wärmepumpen (bisher nur geringe Werte).

66 ⁴⁾ Verbrauch von festen Brennstoffen abzüglich Biomasse und erneuerbare Abfälle, nichterneuerb. Abfälle, Abwärme u.a. und sonstige erneuerbare

67 ⁵⁾ Flüssiggas, Raffineriegas, Kokerei- u. Stadtgas, Gicht- u. Konvertergas, Erdgas, Erdölgas und Grubengas.

68 ⁶⁾ Erdgas, Erdölgas und Grubengas.

69 ⁷⁾ Einschließlich mit erneuerbaren Energien erzeugtem Strom.

70 ⁸⁾ Einschließlich mit erneuerbaren Energien erzeugter Fernwärme.

71 *) Vorläufige Angaben; Stand: 31.07.2013

72 Übernahme der AGEBAuswertungstabelle 4.1 [137].

74 BS.8.c Haushalte

75 **Tabelle 4.2.1 Endenergieverbrauch der Haushalte in Deutschland**

76	Angaben in PJ	2012 *
77	Steinkohle	28
78	Steinkohlenkoks	1
79	Steinkohlenbriketts	4
80	Braunkohlenbriketts	19
81	Biomasse und erneuerbare Abfälle ²⁾	266
82	Nichtererneuerbare Abfälle, Abwärme u.a.	0
83	Sonstige erneuerbare Energien ³⁾	38
84	Übrige feste Brennstoffe ⁴⁾	0
85	Heizöl	499
86	darunter: leichtes Heizöl	499
87	Übrige Mineralölprodukte	4
88	Gase ⁵⁾	907
89	darunter: Naturgase ⁶⁾	884
90	Strom ⁷⁾	493
91	Fernwärme ⁸⁾	173
92	Insgesamt	2431

93 Übernahme der AGEBAuswertungstabelle 4.2.1 [137], Fußnoten siehe [63] bis [71].

94

BS.8. Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Energieträgern

95

BS.8.d Gewerbe/Handel/Dienstleistungen

96 **Tab. 4.2.2 Endenergieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen in Deutschland (einschl. militärische Dienststellen)**

97	Angaben in PJ	2012 *
98	Steinkohle	15
99	Steinkohlenkoks	0
100	Steinkohlenbriketts	0
101	Braunkohlenbriketts	0
102	Biomasse und erneuerbare Abfälle ²⁾	39
103	Nichterneuerbare Abfälle, Abwärme u.a.	0
104	Sonstige erneuerbare Energien ³⁾	9
105	Übrige feste Brennstoffe ⁴⁾	1
106	Heizöl	194
107	darunter: leichtes Heizöl	194
108	Übrige Mineralölprodukte	100
109	Gase ⁵⁾	437
110	darunter: Naturgase ⁶⁾	417
111	Strom ⁷⁾	504
112	Fernwärme ⁸⁾	97
113	Insgesamt	1397

114 Übernahme der AGEB-Auswertungstabelle 4.2.2 [137], Fußnoten siehe [63] bis [71].

115

116 BS.8.e Verkehr

117 **Tabelle 4.3 Endenergieverbrauch des Verkehrs in Deutschland**

118	Energieträger	2012 *
119	Steinkohle	0
120	Kraftstoffe aus Mineralöl:	2383
121	davon:	
122	Motorenbenzin	740
123	Dieselkraftstoff	1248
124	Flugturbo. kraftstoff, Flugbenzin	371
125	Flüssiggas	25
126	Übrige Mineralölprodukte	0
127	Gase	9
128	Strom ¹⁾	59
129	Biokraftstoffe	119
130	Insgesamt	2571

131 ¹⁾ Einschließlich mit erneuerbaren Energien erzeugtem Strom.

132 *) Vorläufige Angaben; Stand: 31.07.2013

133 Übernahme der AGEB-Auswertungstabelle 4.3 [137].

134

135 Literatur

136

137 AG ENERGIEBILANZEN e. V. (07.2013): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2012.

138 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ausw_06082013ov.xls

BS.8. ○

BS.9. Struktur der Stromversorgung Deutschland 2012**4 BS.9.a Fossil-/atomarer Strom-Mix nach verwendeten Energieträgern**

Angaben in PJ	PEV [31]	UE/PEV (%) [30]	NV+/UE (%) [29]	NV+ [27]	NV [26]	EV [25]	Mix.fat (%) [28]	NV+/PEV
GESAMT				2.021,5	1.972,1	1.869,5		
Fossil/atomar	4.486,7			1.508,8	1.459,4	1.356,8	100,0	
Braunkohle	1.446,0	100,0	34,8	503,7	487,2	452,9	33,4	34,8
Steinkohle	1.071,1	97,7	34,9	364,8	352,9	328,1	24,2	34,1
Kernenergie	1.023,4	100,0	30,5	311,9	301,7	280,4	20,7	30,5
Naturgase	646,2	100,0	37,1	239,5	231,6	215,3	15,9	37,1
Erdöl	64,7	82,8	44,4	23,8	23,0	21,4	1,6	36,8 [43]
Sonstige (o.PSW) v.a.Abfall	235,2	100,0	27,7	65,1	63,0	58,6	4,3	27,7
Erneuerbare				512,7	512,7	512,7		
Eigenverbr. Braunkohlegew.					17,3			
Eigenverbr. Steinkohlegew.					4,6			
Eigenverbr. Kokereien					1,1			
Eigenverbr. Erdöl-/Erdgasgew.					2,4			
Eigenverbr. Mineralölverarb.					23,9			
Leitungsverluste						102,6		
GESAMT relativ zum End-Verbrauch (%)				108,1	105,5	100,0		
LV/EV (Leitungsverluste / Endverbrauch) (%)						5,5		
VU/NV (Verbr.Umwandlungsbereich / Netto-Verbr.) (%)					2,5			

25 Strom-Endverbrauch (EV) gemäß Anwendungsstatistik, übernommen aus Tabelle [34], Gesamtwert entspr.Anwend.Bil. [5.44].

26 Strom-Nettoverbrauch (NV) = Endverbrauch + Leitungsverluste, übernommen aus Tabelle [34].

27 Netto-Verbrauch+ (NV+, nach dem Verursacher-Prinzip identisch mit der zur Deckung des verursachten Verbrauchs erforderlichen Netto-Erzeugung) = Netto-Verbrauch + Eigenverbr.Energiesektor (ohne Kraftwerks-Eigenv.), übern.aus Tabelle [34].

28 Fossil-/atomarer Strom-Mix (Mix.fat): Anteile vom mit fossil-/atomaren Brennstoffen gedeckten Strom-Netto-Verbrauch+.

29 Jahresnutzungsgrade (NV+/UE) der verschiedenen fossil-/atomaren Kraftwerkstypen (Brutto-Stromerz.abzügl.Kraftwerks-Eigenbedarf) als Verhältnis von Netto-Verbrauch+ (identisch mit Netto-Erzeugung (NE), s. [27]) zum Umwandlungseinsatz, übernommen aus Tab.[34].

30 Jahresnutzungsgrade der vorgelagerten Primärenergie-Wandlung (UE/PEV) von Braun- und Steinkohle [12.17], Kernenergie (irrelevant, da nicht Treibhausgas-wirksam), Naturgase [10.9], Erdöl [11.8] und nicht energetischem Abfall (Annahme).

31 Verursachter Primärenergieverbrauch (PEV): Resultiert aus dem Netto-Verbrauch+ unter Berücksicht. der jeweiligen Jahres-Nutzungsgrade von Brennstoffaufbereitung und Kraftwerk (s. oben).

32 Der Jahres-Nutzungsgrad (NV+/UE) für Mineralöl-befeuerte Kraftwerke in [43] unplausibel hoch, wird aber wegen des geringen Anteils am Strommix beibehalten.

33

BS.9. Struktur der Stromversorgung Deutschland 2012

34 BS.9.b Jahresnutzungsgrade fossil/atomarer Kraftwerke

35 Angaben in PJ	UE	BE	EigV	NE	NV+	NV	EV	NE/UE
36	[56]	[57]	[59]	[60]	[62]	[63]	[64]	[55]
37 Gesamt		2.267,3	133,4	2.104,6	2.021,5	1.972,1	1.869,5	
38 Fossil/atomar	4.719,1	1.754,6	133,4	1.599,6	1.508,8	1.459,4	1.356,8	
39 Braunkohle	1.533,1	578,5	44,5	534,0	503,7	487,2	452,9	34,8
40 Steinkohle	1.109,7	419,0	32,3	386,8	364,8	352,9	328,1	34,9
41 Kernenergie	1.085,0	358,2	27,6	330,6	311,9	301,7	280,4	30,5
42 Naturgase	685,1	275,0	21,2	253,9	239,5	231,6	215,3	37,1
43 Mineralölprodukte	56,8	27,4	2,1	25,3	23,8	23,0	21,4	44,4
44 Sonstige (o.PSW), v.a.Abfälle	249,4	74,8	5,8	69,1	65,1	63,0	58,6	27,7
45 Erneuerbare	-	512,7	0,0	512,7	512,7	512,7	512,7	
46 Pumpspeicher	29,2	21,6	0,0	-7,6				73,9
47 Einfuhr					159,1			
48 Ausfuhr					-242,3			
49 Eigenverbrauch Braunkohle						17,3		
50 Eigenverbrauch Steinkohle						4,6		
51 Eigenverbr. Kokereien						1,1		
52 Eigenverbr. Erdöl/Ergas						2,4		
53 Eigenverbr. Mineralölverarb.						23,9		
54 Leitungsverluste							102,6	

55 Jahresnutzungsgrade des fossil-/atomaren Kraftwerkparcs resultieren aus dem Verhältnis der jeweiligen Netto-Stromerzeugung zu der für die Umwandlung eingesetzten Brennstoffmenge gemäß Energiebilanz.

56 Umwandlungs-Einsatz (UE) der verschiedenen fossilen/atomaren Brennstoffe gemäß Energiebilanz, übernommen aus den Brennstoff-spezifischen Tabellen: Braunkohle [120], Steinkohle [130], Kernenergie [140], fossile Naturgase (hauptsächlich Erdgas) [150], Mineralölprodukte [161]; für mit Abfällen gespeiste Kraftwerke wird der PEV in Ermangelung geeigneter Angaben aus der Brutto-Erzeugung mit einem pauschal angenommenen Brutto-Jahresnutzungsgrad berechnet.

57 Brutto-Stromerzeugung [83] entspricht dem Umwandlungsausstoß in der Energiebilanz, differenziert nach Energieträgern übernommen aus Statistik-Daten: Braunkohle [71], Steinkohle [73], Kernenergie [72], fossile Naturgase (hauptsächlich Erdgas und in der Statistik vereinfachend so benannt) [74], Mineralölprodukte [75].

58 Brutto-Erzeugung (BE) Sonstige: Annahme aufgrund [184], dass in den Bilanzen unter Sonstiges vorwiegend Verwertung fossiler Abfälle gefasst ist (Pumpspeicherkraftwerke werden gesondert erfasst und sind hier nicht enthalten); anstelle Übernahme aus Statistik 'Übrige Energieträger' [82] aus Konsistenzgründen Gesamtwert BE [37] abzüglich der Einzel-Positionen [39] bis [43] und [46] (vernachlässigbare Abweichung).

59 Eigenverbrauch (EigV) Kraftwerke insgesamt gemäß Energiebilanz [104], proportional zur Brutto-Stromerzeugung (BE) auf die fossil-/atomaren Energieträger verteilt.

60 Netto-Stromerzeugung resultiert jeweils aus Brutto-Stromerzeugung (BE) abzüglich des Eigenverbr. (EigV) der Kraftwerke.

61 Pumpspeicherkraftwerke: Pumpstrom gemäß [110] als Umwandlungs-Einsatz (UE), Netto-Stromerzeugung (NE) gemäß [111], Differenz gleich Speicher-Verluste.

62 Netto-Verbrauch+ (NV+): Netto-Stromerzeugung (NE) abzüglich Pumpspeicher-Verluste [46] in Spalte (NE), zuzüglich Strom-Importe [84], abzüglich Strom-Exporte [85], proportional auf die fossil-/atomaren Energieträger verteilt.

63 Netto-Stromverbrauch (NV): Netto-Verbrauch+ (NV+) abzüglich Eigenverbrauch im Umwandlungsbereich (mit Ausnahme des bereits in der Berechnung der Brutto-/Netto-Stromerzeugung enthaltenen Kraftwerks-Eigenbedarfs) [105] - [109]."

64 Strom-Endverbrauch (EV): Gesamtwert gemäß Anwendungsstatistik [101], Differenz zu Netto-Verbr. (NV) sind Leitungsverluste.

65 Leitungsverluste: Differenz von Netto- zu Endverbrauch [54] weicht von Angabe Energiebilanz [98] ab, Wert wird aber aus Konsistenzgründen beibehalten.

66 Der aus den Statistiken für Strom aus Mineralölprodukten resultierende Jahres-Nutzungsgrad erscheint unplausibel hoch, wird aber aus Konsistenzgründen beibehalten.

67 Erneuerbare: Strom-Endverbrauch aus Erneuerbare-Energien-Statistik [102] trotz leichter Abweichung zu [76] übernommen, um weitergehende Differenzierung nutzen zu können.

68

BS.9. Struktur der Stromversorgung Deutschland 2012

69 BS.9.c Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

	Mrd. kWh	PJ
71 Braunkohle	160,7	578,52
72 Kernenergie	99,5	358,2
73 Steinkohle	116,4	419,04
74 Erdgas	76,4	275,04
75 Mineralölprodukte	7,6	27,36
76 Erneuerbare, darunter	143,5	516,6
77 - Windkraft	50,7	182,52
78 - Wasserkraft ²⁾	21,8	78,48
79 - Biomasse	39,7	142,92
80 - Photovoltaik	26,4	95,04
81 - Hausmüll ³⁾	5,0	18
82 Übrige Energieträger	25,7	92,52 ^[89]
83 Bruttoerzeugung insgesamt	629,8	2267,28
84 Stromflüsse aus dem Ausland	44,2	159,12
85 Stromflüsse in das Ausland	67,3	242,28
86 Stromaustauschsaldo Ausland	- 23,1	-83,16
87 Brutto-Inlandsstromverbrauch⁴⁾	606,7	2184,12

88 Tabellenausschnitt übernommen von AG Energiebilanzen [176].

89 Die übrigen Energieträger umfassen gemäß [182] hauptsächlich Siedlungs- und Industrieabfälle.

90

91 BS.9.d Brutto/Netto

92	2267,33	PJ	629,813 TWh	Umwandlungsausstoß Strom nach [179], Zeile 32.
93	159,001	PJ	44,1669 TWh	Einfuhr Strom gemäß Energiebilanz [179], Zeile 2.
94	242,122	PJ	67,2561 TWh	Ausfuhr Strom gemäß Energiebilanz [179], Zeile 2.
95	-83,121	PJ	-23,089 TWh	Netto-Import = Einfuhr [93] - Ausfuhr [94].
96	2184,21	PJ	606,724 TWh	Primär-Stromverbrauch im Inland = [92] + [93] - [94], = Bruttostromv., als Basis angenommen.
97	182,743	PJ	50,7619 TWh	Eigenverbrauch Strom im Umwandlungsbereich gemäß Energiebilanz [179], Zeile 40.
98	88,422	PJ	24,5617 TWh	Leistungsverluste Strom gemäß Energiebilanz [179], Zeile 41.
99	1913,04	PJ	531,4 TWh	Strom-Endverbrauch im Inland rechnerisch = [96] - [97] - [98].
100	1883,81	PJ	523,279 TWh	Strom-Endverbrauch gemäß Energiebilanz [179], Zeile 45.
101	1869,5	PJ	519,306 TWh	Strom-Endverbrauch gemäß Anwendungsbilanzen [5.44], wird als Basis angenommen.
102	512,705	PJ	142,418 TWh	Anteil erneuerbarer Energie am Strom-Endverbrauch gemäß [6.19]
103				
104	133,42	PJ	37,0611 TWh	Eigenverbrauch Strom Kraftwerke gemäß Energiebilanz [179], Zeile 36.
105	17,274	PJ	4,79833 TWh	Eigenverbrauch Strom Braunkohlengruben gemäß Energiebilanz [179], Zeile 42.
106	4,635	PJ	1,2875 TWh	Eigenverbrauch Strom Steinkohlengruben gemäß Energiebilanz [179], Zeile 41.
107	1,08	PJ	0,3 TWh	Eigenverbrauch Strom Kokereien gemäß Energiebilanz [179], Zeile 33.
108	2,431	PJ	0,67528 TWh	Eigenverbrauch Strom Erdöl-/Erdgas-Gewinn. gemäß Energiebilanz [179], Zeile 44.
109	23,903	PJ	6,63972 TWh	Eigenverbrauch Strom Mineralölverarb. gemäß Energiebilanz [179], Zeile 45.
110	29,236	PJ	8,12111 TWh	Umwandlungseinsatz Strom: Pumpspeicherkraftwerke gemäß Energiebilanz [179], Zeile 14.
111	21,6	PJ	6 TWh	Nettoerzeugung deutscher Pumpspeicherkraftwerke 2012 gemäß [186].

112

BS.9. Struktur der Stromversorgung Deutschland 2012

113 BS.9.e Umwandlungseinsatz Braunkohlen

(TJ)	EB Zeile:	Kohle	Briketts	Andere	GESAMT
Wärmekraftwerke der allg. Versorgung	11	1 444 735	294	7 906	1 452 935
Industriewärmekraftwerke (nur für Strom)	12	34 583	2 586	4 612	41 781
Kernkraftwerke	13	-	-	-	-
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anla	14	-	-	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	33 669	333	4 348	38 350
GESAMT		1 512 987	3 213	16 866	1 533 066

121 Tabellenausschnitt übernommen aus der Energiebilanz [179]

122

123 BS.9.f Umwandlungseinsatz Steinkohlen

(TJ)	EB Zeile:	Kohle	Briketts	Koks	Andere	GESAMT
Wärmekraftwerke der allg. Versorgung	11	998 868	-	-	-	998 868
Industriewärmekraftwerke (nur für Strom)	12	8 347	-	-	-	8 347
Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anla	14	-	-	-	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	102 466	-	-	-	102 466
GESAMT		1 109 681	-	-	-	1 109 681

131 Tabellenausschnitt übernommen aus der Energiebilanz [179]

132

133 BS.9.g Umwandlungseinsatz Kernenergie

(TJ)	EB Zeile:	Kern- energ.	GESAMT
Wärmekraftwerke der allg. Versorgung	11	-	-
Industriewärmekraftwerke (nur für Strom)	12	-	-
Kernkraftwerke	13	1 085 011	1 085 011
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anla	14	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	-	-
GESAMT		1 085 011	1 085 011

141 Tabellenausschnitt übernommen aus der Energiebilanz [179]

142

143 BS.9.h Umwandlungseinsatz Gase

(TJ)	EB Zeile:	Kokerei- Gas	Gicht- gas	Erdgas	Gruben- gas	GESAMT
Wärmekraftwerke der allg. Versorgung	11	4 814	22 982	329 335	2 777	359 908
Industriewärmekraftwerke (nur für Strom)	12	12 267	44 562	136 511	2 926	196 266
Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-
Biomasse-Anlagen	14	-	-	25 664	4 628	[152]
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	16	71	128 618	249	128 954
GESAMT		17 097	67 615	620 128	10 580	685 128

151 Tabellenausschnitt übernommen aus der Energiebilanz [179]

152 Original-Titel ist 'Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a. Anlagen', relevant sind aber nur Biomasse-Anlagen.

153

BS.9. Struktur der Stromversorgung Deutschland 2012

154 BS.9.i Umwandlungseinsatz Mineralöle

(TJ)	EB Zeile:	Diesel	Heizöl leicht	Heizöl schwer	Petrol- Koks	Flüssig- Gas	Raffiner.- Gas	Andere	GESAMT
Wärmekraftw. der allg. Versorg.	11	24	5 651	15 787	2 604	10	-	891	24 967
Industr. wärmekraftw. (nur Ström)	12	139	849	7 872	630	2 594	6 712	10 948	29 744
Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-
Biomasse-Anlagen	14	-	1 784	-	-	-	-	-	-
Heizkraftw. d. allg. Versorgung	15	-	1 136	962	6	-	-	1	2 105
GESAMT		163	9 420	24 621	3 240	2 604	6 712	11 840	56 816

162 Tabellenausschnitt übernommen aus der Energiebilanz [179]

163

164 BS.9.j Umwandlungseinsatz nicht erneuerbare Abfälle

(TJ)	EB Zeile:	nicht ern. Abfälle	GESAMT
Wärmekraftwerke der allg. Versorgung	11	69 274	69 274
Industriewärmekraftwerke (nur für Strom)	12	14 054	14 054
Kernkraftwerke	13	-	-
Biomasse-Anlagen	14	-	-
Heizkraftwerke der allg. Versorgung	15	34 946	34 946
GESAMT		118 274	118 274

172 Tabellenausschnitt übernommen aus der Energiebilanz [179]

173

174 Literatur

175

176 AGEB (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (2014):
"Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2013 nach Energieträgern". Stand 24.01.2014.

177 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20141022_brd_stromerzeugung1990-2013.pdf

178

179 AGEB (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (2014): "Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2012". Stand 12.07.2014.

180 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx

181

182 AGEB (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (2014): "Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013". Stand 17.03.2014.

183 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_jahresbericht2013_20140317.pdf

184 Zitat Seite 3: "Bei den sonstigen Energieträgern, vor allem Siedlungs- und Industrieabfällen, gab es ein Plus von..."

185

186 LEUSCHNER UDO (2014): "Pumpspeicherkraftwerke - die Stiefkinder des liberalisierten Marktes".
Online-Zugriff am 20.11.2014.

187 <http://udo-leuschner.de/energie-chronik/140804d.htm>

BS.9. ○

BS.10. Struktur der Gas-Versorgung Deutschland 2012

4 BS.10.a Kennzahlen fossile Gase

	(%)	
6 LV/EV+	0,0	[10]
7 FV/NV.fos	0,9	[10]
8 VU/NV.fos	3,8	[11]
9 NV+/PEV	100,0	[12]

10 Für Leitungs-Verluste (LV) und Fackel-Verluste (FV) der Gasversorgung ist in der Energiebilanz [59] ein gemeinsamer Wert [39] ausgewiesen; Annahme: in diesem Fall handelt es sich ausschließlich um Fackel-Verluste; die werden ins Verhältnis gesetzt mit dem fossilen Anteil des Netto-Verbrauchs [43].

11 Eigen-Verbrauch in anderen Umwandlungsprozessen (VU) [38], bezogen auf fossilen Anteil Netto-Verbrauch (NV.fos) [43].

12 Jahresnutzungsgrad (NV+/PEV) bei Gas ist 100%, da keine Umwandlung stattfindet und somit Umwandlungseinsatz (UE), Netto-Erzeugung (NE) und Nettoverbrauch+ (NV+) [26] identisch sind.

14 BS.10.b Bilanz der Gas-Versorgung

(Angaben in TJ)	EB- Zeile [47]	Kokerei- u. Stadt- gas	Gichtgas u. Konvert- tergas	Naturgase		GESAMT	
				Erdgas Erdölgas	Gruben- gas	(TJ)	(% von Endv.)
18 Gewinnung Inland	1	-	-	390 665	13 258	403 923	18,5
19 Einfuhr	2	-	-	3 110 201	-	3 110 201	142,3
20 Bestandsentnahmen	3	-	-	17 810	-	17 810	0,8
21 Ausfuhr	5	-	-	598 714	-	598 714	27,4
22 Bestandsaufstockungen	7	-	-	-	-	-	0,0
23 Primärenergieverbr.im Inland	8	-	-	2 919 962	13 258	2 933 220	134,2
24 Umw.ausstoß Kokereien	21	69 542	-	-	-	69 542	3,2
25 Umw.ausstoß Hochöfen	29	-	171 830	-	-	171 830	7,9
26 UE = NE = NV+		69 542	171 830	2 919 962	13 258	3 174 592	145,3
27 Wärmekraftw.d.allg.Vers.	11	4 814	22 982	329 335	2 777	359 908	16,5
28 Industriewärmekraftwerke	12	12 267	44 562	136 511	2 926	196 266	9,0
29 Biomasse-Anlagen	14	-	-	25 664	4 628	30 292	1,4
30 Heizkraftwerke d.allg.Vers.	15	16	71	128 618	249	128 954	5,9
31 Fernheizwerke	16	880	17	88 150	1 982	91 029	4,2
32 Einsatz in anderen Umwandl.ber.	20	17 977	67 632	708 278	12 562	806 449	36,9
33 Kokereien	33	6 669	16 275	26	-	22 970	1,1
34 Steinkohlenzechen, -brikettfabr.	31	-	-	1	-	1	0,0
35 Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	-	-	7 999	-	7 999	0,4
36 Mineralölverarbeitung	38	1 328	-	34 252	-	35 580	1,6
37 Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	14 966	-	14 966	0,7
38 E.verbr.in anderen Umwandl.ber.	40	7 997	16 275	57 244	-	81 516	3,7
39 Fackel- und Leitungsverluste	41	-	18 033	368	624	19 025	0,9
40 Statistische Differenzen	44	9 468	-	-20 919	-	-11 451	-0,5
41 Nichtenergetischer Verbr.	50	-	-	93 535	-	93 535	4,3
42 Netto-Verbrauch=End-Verbrauch rechn.		34 100	69 890	2 081 456	72	2 185 518	100,0
43 Netto-Verbrauch fossil		34 100	69 890	2 055 792	-4 556	2 155 226	98,6
44 End-Verbrauch Energiebil.	45	34 099	69 889	2 081 456	73	2 185 517	100,0
45 End-Verbrauch Anw.-Bilanzen						2 292 800	104,9
46 Anteile (%)		1,6	3,2	95,2	0,0	100,0	

47 Tabellenausschnitte (grün hinterlegt) mit den Zeilennummern übernommen aus der Energiebilanz [59].

BS.10. Struktur der Gas-Versorgung Deutschland 2012

- 48 Primärenergieverbrauch im Inland [23]: = Inland-Gewinnung [18] + Einfuhr [19] + Entnahmen aus nationalen Beständen [20] - Ausfuhr [21] - Bestandsaufstockung [22].
- 49 Umwandlungseinsatz (UE) = Netto-Erzeugung (NE) = Netto-Verbrauch+ (NV+) [26]: Der Einsatz von Gasen umfasst neben den Naturgasen Erdgas und Grubengas auch Kokerei-, Stadt-, Gicht- u. Konvertergas als Sekundärenergieträger. Da die Gase ohne Umwandlung genutzt werden, entspricht der Einsatz der Netto-Erzeugung. Da Einfuhr/Ausfuhr und Bestandsveränderungen bereits in [18] bis [22] bilanziert sind, entspricht die Netto-Erzeugung dem Netto-Verbrauch+.
- 50 Einsatz in anderen Umwandlungsbereichen [32]: = Summe der Umwandlungseinsätze von Gas [27] bis [31].
- 51 Eigen-Verbrauch im Umwandlungsbereich (VU) [38]: = Summe des Eigenverbrauchs von den anderen Umwandlungsprozessen [33] bis [37].
- 52 Netto-Verbrauch (NV) = End-Verbrauch (EV) [42], rechnerisch ermittelt: = Netto-Verbrauch+ (NV+) [26] - Umwandlungseinsatz [32] und Eigenverbrauch [38] in den anderen Umwandlungs-Prozessen - Fackel- u. Leitungsverluste [39] - Nichtenergetischer Gasverbrauch [41] (- statistische Differenzen in der Energiebilanz [40]).
NV = EV, da der in der Energiebilanz angegebene Wert für Fackel- und Leitungsverluste ausschließlich als Fackelverlust gewertet wird und daher Leitungsverluste nicht zu berücksichtigen sind.
- 53 Netto-Verbrauch fossil (NV.fos) [43]: = Netto-Verbrauch [42] - Biomasse-Anlagen [29].
- 54 End-Verbrauch (EV) gemäß Energiebilanz [44]: Der ausgewiesene Wert stimmt bis auf geringe Rundungsdifferenzen mit dem rechnerischen Wert [42] überein.
- 55 End-Verbrauch (EV) gemäß Anwendungsbilanzen [45], übernommen von [4.34]: Grund der Differenz zur Energiebilanz [44] nicht ergründet, aus Konsistenzgründen wird der End-Verbrauch gemäß Anwendungsbilanzen [45] als Basis verwendet.
- 56
- 57 **Literatur**
- 58
- 59 AGEb (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (2014): "Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2012". Stand 12.07.2014.
- 60 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx

BS.11. Struktur der Mineralöl-Versorgung Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

4 BS.11.a Kennzahlen Mineralöl

5	LV/EV+	0,0 %	[9]
6	FV/NV.fos	0,0 %	[9]
7	VU/NV.fos	2,8 %	[10]
8	NE/UE	82,8 %	[11]

9 Leitungs-Verluste (LV) bzw. Fackel-Verluste (FV) sind für Mineralöl in der Energiebilanz [114], Zeile 41 keine ausgewiesen.

10 Verbrauch im Umwandlungsbereich (VU) [41] umfasst den Umwandlungseinsatz (UE) [79] und Eigenverbrauch in anderen Umwandlungsprozessen [93], bezogen auf fossilen Anteil Netto-Verbrauch (NV.fos) [43].

11 Jahresnutzungsgrad (NV+/UE) der Erzeugung von Mineralölprodukten aus Erdöl und zu einem kleineren Teil aus anderen Mineralölprodukten als Verhältnis von Netto-Erzeugung NE [35] zum Umwandlungseinsatz (UE) [29].

12

13 3 331 PJ Endverbrauch Mineralöle gemäß Energiebilanz Deutschland 2012 [46].

14 **3 384 PJ** **100 %** **Endverbrauch Mineralöle gemäß Anwendungsbilanzen Deutschland 2012 [4.37].**

15 - 53 PJ Grund für die Differenz blieb unerkannt; aus Konsistenzgründen wird der Wert aus Anwendungsbilanzen [14] als Basis verwendet.

16



BS.11. Struktur der Mineralöl-Versorgung Deutschland 2012

100prosim (BS.xls, V. 150427)

17 BS.11.b Bilanz der Mineralöl-Versorgung

18	19	20	(Angaben in TJ)	EB- Zeile [50]	Erdöl (roh)	Otto- kraft stoffe	Roh- benzin	Flugtur- binenkst.	Diesel- kraft- stoff	Heizöl leicht	Heizöl schwer	Petrol- koks	Flüssig- gas	Raffine- riegas	Andere Mineral- ölprod.	GESAMT		
																(TJ)	(% von Endv.)	
21			Gewinnung Inland	1	110 776	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110 776	3,3
22			Einfuhr	2	3 976 980												3 976 980	119,4
23			Bestandsentnahmen	3	-												-	0,0
24			Ausfuhr	5	8 261												8 261	0,2
25			Bestandsaufstockungen	7	37 941												37 941	1,1
26			Primärenergieverbr.Inland		4 041 554												4 041 554	121,3
27			Umw.einsatz Mineralöl	18	4 041 554	59 571	6 083	4	45	48 133	36 253	11	3 064	2 865	121 137		4 318 720	129,6
28			Umw.einsatz sonst.Erzeuger	19	-	-	253 879	-	-	-	-	-	-	-	18 465		272 344	8,2
29			Umwandlungseinsatz		4 041 554	59 571	259 962	4	45	48 133	36 253	11	3 064	2 865	139 602		4 591 064	137,8
30			Umw.ausstoß Mineralöl	30		765 793	440 033	221 270	1 198 341	668 850	353 278	54 942	118 808	162 635	294 819		4 278 769	128,4
31			Umw.ausstoß sonst.Erzeuger	31		190 607	13 959	-	-	5 535	13 230	-	3 398	14 088	45 112		285 929	8,6
32			Umw.ausstoß GESAMT=Brutto-Erzeugung			956 400	453 992	221 270	1 198 341	674 385	366 508	54 942	122 206	176 723	339 931		4 564 698	137,0
33			E.verbr.Umwandl.Mineralöl	38		-	-	-	34	1 534	33 056	19 494	3 737	148 927	4 765		211 547	6,4
34			E.verbr.Umwandl.sonst.	39		-	-	-	-	163	323	-	260	-	2		748	0,0
35			Netto-Erzeugung			896 829	194 030	221 266	1 198 262	624 555	296 876	35 437	115 145	24 931	195 562		3 802 893	114,2
36			Einfuhr	2		68 483	267 053	206 731	337 683	246 341	96 261	36 538	50 013	-	60 695		1 369 798	41,1
37			Bestandsentnahmen	3		4 026	-	-	12 573	12 037	-	-	-	232	11 525		40 393	1,2
38			Ausfuhr	5		217 427	14 159	48 480	190 568	82 565	82 918	22 504	13 919	-	110 341		782 881	23,5
39			Bestandsaufstockungen	7		-	6 923	7 788	-	-	16 194	3 787	1 363	-	-		36 055	1,1
40			Netto-Verbrauch +			751 911	440 001	371 729	1 357 950	800 368	294 025	45 684	149 876	25 163	157 441		4 394 148	131,9
41			UE+EigV andere Prozesse			-	-	-	279	13 898	25 013	34 650	2 972	6 712	14 287		97 811	2,9
42			Nichtenergetischer Verbr.	43		-	440 001	-	101	36 514	160 258	7 614	65 409	18 444	130 375		858 716	25,8
43			Netto-Verbrauch = End-Verbr.+			751 911	-	371 729	1 357 570	749 956	108 754	3 420	81 495	7	12 779		3 437 621	103,2
44			Hochseebunkerung	6		-	-	-	18 617	-	87 595	-	-	-	52		106 264	3,2
45			End-Verbrauch (rechnerisch)			751 911	-	371 729	1 338 953	749 956	21 159	3 420	81 495	7	12 727		3 331 357	100,0
46			End-Verbrauch	45		751 911	-	371 729	1 338 953	749 956	21 159	3 420	81 495	7	12 727		3 331 357	100,0
47			Anteile (%)			22,6	0,0	11,2	40,2	22,5	0,6	0,1	2,4	0,0	0,4		100,0	
48			Statistische Differenzen		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0

49 Tabellenausschnitte (grün hinterlegt) übernommen aus der Energiebilanz [114]

50 Zeilennummern aus der Energiebilanz [114].

51 Der Primärenergieverbrauch von Erdöl [26] ergibt sich aus Inland-Gewinnung, Import, und Entnahmen aus den nationalen Beständen abzüglich Export und Bestandsaufstockung. ➤

BS.11. Struktur der Mineralöl-Versorgung Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

- 52 Der Umwandlungseinsatz für die Erzeugung von Mineralölprodukten umfasst neben Erdöl auch Mineralölprodukte als Sekundärenergieträger zur nochmaligen Wandlung.
- 53 Zusätzlich zur Zeile für Mineralöl [30] werden in der Energiebilanz 'sonstige Erzeuger' mit Umwandlungs-Einsatz und Umwandlungs-Ausstoß gesondert geführt.
- 54 Die Summe des Umwandlungsausstoßes an Mineralölprodukten [32] wird in Anlehnung an den Strombereich hier auch mit 'Brutto-Erzeugung' (BE) bezeichnet.
- 55 Netto-Erzeugung (NE) [35]: = Brutto-Erzeugung (BE) [32] - Mineralölprodukte als Umwandlungseinsatz [29] - Eigenverbrauch Umw.Mineralöl [33] - sonst. [34].
- 56 Netto-Verbrauch+ [40]: = Umwandlungsausstoß [32] + Einfuhr [36] + Entnahmen aus den nationalen Beständen [37] - Ausfuhr [38] und Bestandsaufstockung [39].
- 57 Mineralöl-Mengen, die als Umwandlungseinsatz (UE) [79] und zum Eingeverbrauch im Umwandlungsber.(EigV) [93] bei den übrigen Prozessen (außer Mineralöl+sonst.) verwendet werden.
- 58 Netto-Verbrauch (NV) = End-Verbrauch+ (EV+) [43]: = Netto-Verbrauch+ (NV+) [40] - Einsatz und Eigenverbrauch in anderen Umwandlungsprozessen [41]
- 59 Hochseebunkerung [44] betrifft die Schifffahrt (mit Ausnahme der Binnen- und Küstenschiffe, letztere sind im Endenergieverbrauch enthalten).
- 60 Nichtenergetischer Verbrauch an Mineralöl zur stofflichen Verwendung [45] in der Petro-Chemie, z. B. für die Kunststoffproduktion.
- 61 End-Verbrauch rechnerisch [46]: = Netto-Verbrauch [43] - Verbr. der Hochseebunkerung [44], die in der Bilanz nicht der Endenergie zugeordnet ist
- 62 ...und stimmt mit den in der Energiebilanz angegebenen Werten überein.
- 63
- 64

BS.11.c Mineralöle als Umwandlungseinsatz in anderen Prozessen

(Angaben in TJ)	EB-Zeile [50]	Erdöl (roh)	Otto-kraftstoffe	Roh-benzin	Flugtur-binenkst.	Diesel-kraftstoff	Heizöl leicht	Heizöl schwer	Petrol-koks	Flüssig-gas	Raffine-riegas	Andere Mineral-ölprod.	GESAMT (TJ)	(% von Endv.)
Kokereien	9	-	-	-	-	-	-	-	31 410	283	-	-	31 693	0,951
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000
Wärme-kraftwerke der allg. Versorgung	11	-	-	-	-	24	5 651	15 787	2 604	10	-	891	24 967	0,749
Industrie-wärme-kraftwerke (nur für Stro)	12	-	-	-	-	139	849	7 872	630	2 594	6 712	10 948	29 744	0,893
Kern-kraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000
Wasser-, Windkraft-, Photovoltaik- u.a.	14	-	-	-	-	-	1 784	-	-	-	-	-	1 784	0,054
Heiz-kraftwerke der allg. Versorgung	15	-	-	-	-	-	1 136	962	6	-	-	1	2 105	0,063
Fernheizwerke	16	-	-	-	-	-	4 346	372	-	85	-	2 447	7 250	0,218
Hochöfen	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000
Mineralölverarbeitung	18	4 041 554	59 571	6 083	4	45	48 133	36 253	11	3 064	2 865	121 137	-	0,000
Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	253 879	-	-	-	-	-	-	-	18 465	272 344	8,175
GESAMT 9-17 (ohne Mineralöl u.sonst.)		-	-	-	-	163	13 766	24 993	34 650	2 972	6 712	14 287	97 543	2,928

80 Tabellenausschnitte (grün hinterlegt) übernommen aus der Energiebilanz [114]

81

BS.11. Struktur der Mineralöl-Versorgung Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

82 BS.11.d Mineralölverbrauch im Umwandlungsbereich für andere Prozesse

(Angaben in TJ)	EB-Zeile [50]	Erdöl (roh)	Otto-kraftstoffe	Rohbenzin	Flugturbinenkst.	Dieselkraftstoff	Heizöl leicht	Heizöl schwer	Petrolkoks	Flüssiggas	Raffineriegas	Andere Mineralölprod.	GESAMT		
													(TJ)	(% von Endv.)	
Kokereien	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000
Steinkohlenteichen, -brikettfabri	34	-	-	-	-	116	51	20	-	-	-	-	-	187	0,006
Braunkohlengruben, -brikettfabr	35	-	-	-	-	-	75	-	-	-	-	-	-	75	0,002
Kraftwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	6	0,000
Mineralölverarbeitung	38	-	-	-	-	34	1 534	33 056	19 494	3 737	148 927	4 765	-	-	0,000
Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	163	323	-	260	-	2	-	748	0,022
GESAMT (o. Mineralöl u.sonst.)		-	-	-	-	116	132	20	-	-	-	-	-	268	0,008

94 Tabellenausschnitte (grün hinterlegt) übernommen aus der Energiebilanz [114]

96 BS.11.e Verbrauch anderer Energieträger im Umwandlungsbereich für Mineralölerzeugung

(Angaben in TJ)		Koks	Kokerei- u. Stadtgas	Naturgase Erdgas Erdölgas	Nicht-energeb. Abfälle, Abwärme	Strom	Fernwärme	GESAMT	
								(TJ)	(%)
Mineralölverarbeitung	38	2 432	1 328	34 252	1 563	23 903	5 176	68 654	1,81
Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	14 966	-	-	-	14 966	0,39
GESAMT		2 432	1 328	49 218	1 563	23 903	5 176	83 620	2,20
Steinkohleprodukte		2 432	1 328					3 760	0,10
Gase				49 218				49 218	1,29
Abfälle					1 563			1 563	0,04
Strom						23 903		23 903	0,63
Fernwärme							5 176	5 176	0,14
Netto-Erzeugung Mineralölprodukte								3 802 893	100,00

110 Tabellenausschnitte (grün hinterlegt) übernommen aus der Energiebilanz [114] (Informationshalber ohne anderweitige Nutzung der Daten).

Literatur

114 AGE B (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (2014): "Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2012". Stand 12.07.2014.

115 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx

BS.12. Struktur der Braun- und Steinkohle-Versorgung Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

4 BS.12.a Kennzahlen Braunkohle / Steinkohle

	Braunkohle		Steinkohle		GESAMT (PJ)
	(PJ)	(%)	(PJ)	(%)	
End-Verbr.Gebäude-Wärme	20,4	57,8	14,9	42,2	35,4
End-Verbr.Prozess-Wärme	71,9	18,1	325,6	81,9	397,5
End-Verbr. = Netto-Verbr.	92,3	21,3	340,5	78,7	432,8
UE Strom = NV+ / (UE/NV+)	1446,0		1046,7		2492,7
UE FW	3,0		34,0		37,0
UE Nicht energetisch	16,5		7,5		23,9
VU/NV.fos	10,3	11,2	2,5	0,7	12,8
NV+.fos	1568,1		1431,2		2999,3
Verluste Kohle-Aufbereitung	-1,8		33,4		31,6
PEV	1568,1		1464,5		3032,7
NV+/PEV		100,0		97,7	

434,3 (PJ) [21]

18 End-Verbrauch Kohle (EV) für Gebäudewärme [7]: Übernommen aus [57], Anteile ermittelt.

19 End-Verbrauch Kohle (EV) für Prozesswärme [8]: Übernommen aus [55], Anteile ermittelt.

20 End-Verbrauch (EV) Kohle insgesamt [9]: = EV Gebäudewärme [7] + EV Prozesswärme [8].

21 End-Verbrauch (EV) Kohlen gemäß Anwendungsbilanzen [9]: = [5.64] + [5.78] + [5.90] + [5.24]; leichte Differenz zu Energiebilanz erscheint unerheblich.

22 Umwandlungs-Einsatz (UE) Kohle für Stromerzeugung [10]: = Strom-Netto-Verbrauch+ (NV+) / Kraftwerks-Nutzungsgrad (NV+/UE); beide Angaben aus Braunkohle [9.9] bzw. Steinkohle [9.10].

23 Umwandlungs-Einsatz (UE) Kohle für Fernwärme[11]: Übernommen für Braunkohle von [13.18] bzw. Steinkohle von [13.19].

24 Umwandlungs-Einsatz (UE) Kohle für nichtenergetische Verwendung [12]: Übernommen aus Energiebilanz, Zeile 43 [52].

25 Eigen-Verbrauch (VU) Kohle für andere Umwandlungsprozesse, bezogen auf den fossilen Netto-Verbrauch (NV.fos) [13]: Eigenverbrauch übernommen aus Energiebilanz, Zeile 40 [49], mit fossilem Netto-Verbrauch+ (NV) [9] ins Verhältnis gesetzt.

26 Netto-Verbrauch+ (NV+) Kohle [14]:= Netto-Verbrauch (NV) [9] + Umwandlungs-Einsatz Strom (UE Strom) [10] + Umwandlungs-Einsatz Fernwärme (UE FW) [11] + Umwandlungs-Einsatz nicht-energetisch [12] + Eigenverbrauch im Umwandlungsbereich (EigV) [13].

27 Verluste Kohleaufbereitung [15] zu Koks und Briketts: übernommen von [41]; Grund für negativen Wert bei Braunkohle ungeklärt, aber unbedeutend, es wird daher mit dem Wert 0 weiter gerechnet.

28 Primärenergieverbrauch (PEV) [16]: = Netto-Verbrauch+ [14] + Verluste Kohle-Aufbereitung [15].

29 Jahresnutzungsgrad Kohlebereitstellung als Verhältnis von Netto-Verbrauch+ zum Primär-Energie-Verbrauch (NV+/PEV) [17]: = Netto-Verbrauch+ [14] / Primär-Energie-Verbrauch [16].

30

BS.12. Struktur der Braun- und Steinkohle-Versorgung Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

31 BS.12.b Bilanz der Kohle-Versorgung

Angaben in TJ	EB Zeile	Steinkohlen				Braunkohlen			
		Kohle	Briketts	Koks	Andere	Kohle	Briketts	Andere	Hartbr.K.
Umwandlungseinsatz Kokereien	9	301 165	-	-	-	5 471	-	-	-
Umw.-Ausstoß Kokereien	21	-	-	254 259	13 518	-	-	5 120	-
Wandlungsverlust		33 388				351			
UE Stein- und Braunkohlenbrikettfabr.	10	-	-	-	-	137 540	-	-	-
UA Stein- und Braunkohlenbrikettfabr.	22	-	-	-	-	-	37 666	102 055	-
Wandlungsverlust		-				-2 181			
Wandlungsverluste GESAMT		33 388				-1 830			
Kokereien	33	-	-	-	-	-	-	-	-
Steinkohlenzechen, -brikettfabriken	34	-	-	63	-	-	-	-	-
Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35	-	-	-	-	10 152	59	113	-
Kraftwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineralölverarbeitung	38	-	-	2 432	-	-	-	-	-
Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-
Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	-	-	2 495	-	10 152	59	113	-
Fackel- u. Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-
NICHTENERGETISCHER VERBRAUCH	43	1 354	-	1 948	4 174	303	-	16 149	-
ENDENERGIEVERBRAUCH	45	203 964	4 145	132 374	-	5 778	26 571	59 990	-
Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe insg.	60	193 720	-	131 831	-	5 778	7 491	58 644	-
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68	10 244	4 145	543	-	-	19 079	1 346	-
		14 932				20 425			

58 Tabellenausschnitte (grün hinterlegt) mit den Zeilennummern übernommen aus der Energiebilanz [62].

59

60 Literatur

61

62 AGEB (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (2014): "Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2012". Stand 12.07.2014.

63 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx

BS.12. ○

BS.13. Fernwärme und Nahwärme Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

4 BS.13.a Kennzahlen Fernwärme-Endverbrauch

Angaben in %	
LV/EV	9,4
VU/NV.fos	9,9
NV+.fos/UE.fos	71,4

9 LV/EV: Leitungsverluste Fernwärme bezogen auf Endverbrauch [110].

10 VU/NV.fos: Fernwärmeverbrauch im fossilen Umwandlungsbereich [26]+[27]+[28] bezogen auf den fossilen Anteil des Fernwärme-Nettoverbrauchs [17].

11 NV+.fos/UE.fos: Jahresnutzungsgrad fossiler Fernheizwerke [17] = Nettowärmeverbrauch+ (inkl. Verbr.Umwandlungsber.) / Umwandlungseinsatz.

12

13 BS.13.b Fossile Fernheizwerke

Angaben in PJ	Umw.Einsatz [33]	Anteile (%) [34]	Netto-erz. [44]	Nett.-Verb.+ [41]	Netto-Verbr. [37]	End-Verbr. [35]	NV+/UE [48]	Mix.fos [49]
Gesamt	206,5	100,0	147,9	147,5	136,7	125,1		
Fossile	164,0	79,4	117,5	117,1	108,6	99,4	71,4	100,0
Braunkohle	3,0	1,4	2,1	2,1	2,0	1,8	71,4	1,8
Steinkohle	34,0	16,5	24,4	24,3	22,5	20,6	71,4	20,7
Erdgas	91,0	44,1	65,2	65,0	60,3	55,2	71,4	55,5
Mineralölprodukte	7,3	3,5	5,2	5,2	4,8	4,4	71,4	4,4
nicht erneuerb.Abfälle	28,7	13,9	20,6	20,5	19,0	17,4	71,4	17,5
Erneuerbare	42,5	20,6	30,4	30,3	28,1	25,7	71,4	
Einfuhr	2			0,0				
Ausfuhr	5			0,4				
Eigenverbrauch Umw.Braunkohle	35				5,3			
Eigenverbrauch Umw.Steinkohle	34				0,3			
Eigenverbr. Umw.Mineralöl	38				5,2			
Leitungsverlust-Anteil Fernheizwerke	41					11,6		
% von End-Verbrauch territorial	165,0		118,2	117,8	109,3	100,0		
Jahresnutzungsgrad Fernheizwerke (%)		71,6						
% von End-Verbrauch nach Verursacherpr.	164,5		117,8	117,8	109,3	100,0		

33 Umwandlungs-Einsatz der verschiedenen fossilen/atomaren Brennstoffe gemäß Energiebilanz [116], übernommen von [72]-[79].

BS.13. Fernwärme und Nahwärme Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

- 34 Energieträger-Anteile am Umwandlungs-Einsatz in Fernheizwerken.
- 35 End-Verbrauch Wärme aus Fernheizwerken: Gesamtwert gemäß [67] nach den Anteilen am Umwandlungs-Einsatz auf Energieträger verteilt.
- 36 Anteil der Fernheizwerke an den Fernwärme-Leitungsverlusten gemäß dem Anteil am Umwandlungseinsatz für Fernwärme [68].
- 37 Netto-Verbrauch an Fernwärme aus Fernheizwerken: End-Verbrauch zuzüglich Leitungsverluste (s. oben).
- 38 Eingenverbrauch an Fernwärme aus Fernheizwerken im Umwandlungsbereich für Braunkohlegruben und Brikettfabriken gemäß EB [116], Zeile 35.
- 39 Eingenverbrauch an Fernwärme aus Fernheizwerken im Umwandlungsbereich für Steinkohlezechen und Brikettfabriken gemäß EB [116], Zeile 34.
- 40 Eingenverbr.an Fernw.aus Fernheizw.im Umwandlungsber. gemäß EB [116] für Erdöl-/Erdgasgewinnung (Zeile 37) und Mineralölverarbeitung.(Zeile 38).
- 41 Netto-Verbrauch+ : Netto-Verbrauch zuzüglich Eingenverbrauch an Fernwärme im Umwandlungsbereich für Braunkohle, Steinkohle und Mineralöl.
- 42 Einfuhr an Fernwärme gemäß Energiebilanz [116], Zeile 2.
- 43 Ausfuhr an Fernwärme gemäß Energiebilanz [116], Zeile 5.
- 44 Netto-Erzeugung an Fernwärme in Fernheizwerken: Netto-Verbrauch+ zuzüglich Ausfuhr abzüglich Einfuhr.
- 45 Gesamt-Werte [16] auf den End-Verbrauch bezogen,
- 46 Jahresnutzungsgrad Fernwärme aus Fernheizwerken resultiert aus Netto-Erzeugung / Umwandlungs-Einsatz.
- 47 Umwandlungs-Einsatz Fernheizwerke zur Deckung des Inlands-Verbrauchs (Verursacherprinzip, ohne Ein- und Ausfuhr) bezogen auf den End-Verbrauch.
- 48 NV+/UE: Jahresnutzungsgrad Fernheizwerke = Nettoverbrauch+ / Umwandlungseinsatz
- 49 Beitragsanteile der Energieträger an fossiler Fernwärme aus Fernheizwerken.

50

51 BS.13.c Wärme-Differenzierung

	2011	2012		2011	2012	
53	348,639	359,366 PJ		96,8442	99,8239 TWh	Fernwärme Umwandlungsausstoß Heizkraftwerke d.allgemeinen Versorgung gemäß EB [116] Zeile 27 aus [98].
54	71,8	71,5 %				Anteil Heizkraftwerke d.allgemeinen Versorgung an Fernwärme Umwandlungsausstoß = [53] / [59].
55	335,16	347,76 PJ		93,1	96,6 TWh	Nettowärmeerzeugung aus KWK allgemeine Versorgung gem. KWK-Bilanz [119] Tab. 1.
56				90,8767	93,7252 TWh	Netto-Fernwärmeerzeugung aus Heizkraftwerken d.allgemeinen Versorgung =[53]*(1-[61]).
57	137,05	142,97 PJ		38,0694	39,7139 TWh	Fernwärme Umwandlungsausstoß Fernheizwerke EB [116] Zeile 28 aus [99].
58	28,2	28,5 %				Anteil Fernheizwerke an Fernwärme Umwandlungsausstoß = [57] / [59].
59	485,689	502,336 PJ		134,914	139,538 TWh	Fernwärme Umwandlungsausstoß der Heizkraft- und Fernheizwerke = [57] + [53].
60	29,928	30,69 PJ		8,31333	8,525 TWh	Fernwärme-Energieverbrauch im Umwandlungsbereich (fossil+Biomasse) insgesamt EB [116] Zeile 40 aus [106].
61				6,2	6,1 %	Fernwärme-Eigenverbrauch im Umwandlungsbereich relativ zum Umwandlungsausstoß =[60] / [59].
62	35,334	40,673 PJ		9,815	11,2981 TWh	Fernwärme Leitungsverluste gemäß EB [116] Zeile 41 aus [108].
63				9,25017	17 %	Fernwärme Leitungsverluste relativ zum Fernwärme-Endverbrauch = [62] / [65].

BS.13. Fernwärme und Nahwärme Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

64	420,189	430,54 PJ	116,719	119,594 TWh	Fernwärme Energieangebot im Inland = Endenergieverbrauch gemäß EB [116] Zeilen 42, 45 aus [111].
65	420	439,7 PJ	116,667	122,139 TWh	Fernwärme Endverbrauch gemäß Auswertungstabellen zur EB [5.10].
66					(Mögliche Ursache für Abweichung: Vorläufiger Wert für 2012 in Auswertungstabellen)
67		125,143 PJ		34,762 TWh	Beitrag Fernheizwerke zum Fernwärme-Endverbrauch = [65] * [58].
68		11,576 PJ		9,25017 %	Anteil Fernheizwerke an Fernwärme-Leitungsverlusten entspricht dem Wert für Fernwärme insgesamt [63].
69		314,557 PJ		87,3769 TWh	Beitrag HeizKRAFTwerke zum Fernwärme-Endverbrauch = [65] * (100 - [58])%.
70					
71		206,508 PJ		100 %	Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke insgesamt gem. EB [116] Zeile 16.
72		34,014 PJ		16,471 %	Steinkohlen als Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke gem. EB [116] Zeile 16.
73		2,981 PJ		1,44353 %	Braunkohlen als Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke gem. EB [116] Zeile 16.
74		28,745 PJ		13,9196 %	nicht erneuerbare Abfälle als Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke gem. EB [116] Zeile 16.
75		7,25 PJ		3,51076 %	Mineralöle als Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke gem. EB [116] Zeile 16.
76		91,029 PJ		44,0801 %	Gase als Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke gem. EB [116] Zeile 16.
77		39,251 PJ		19,007 %	Biomasse und ern. Abfälle als Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke gem. EB [116] Zeile 16.
78		3,238 PJ		1,56798 %	sonstige erneuerbare Energieträger als Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke gem. EB [116] Zeile 16.
79		42,489 PJ		20,575 %	Summe erneuerbare Energieträger als Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke = ([77] + [78]) / [71] %.
80		164,019 PJ		79,425 %	Anteil fossiler Energieträger (Summe [72] : [76]) am Umwandlungseinsatz für Fernheizwerke [71].
81		99,395 PJ		27,6097 TWh	Anteil foss.Fernhw.am Fernwärme-Endverbrauch gemäß Anteil am Umwandlungseinsatz = [67] * [80].
82					
83		349,811 PJ		100 %	Umwandlungseinsatz für Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung insgesamt gem. EB [116] Zeile 15.
84		42,989 PJ		12,2892 %	Erneuerb. Anteil am Umwandlungseinsatz für Heizkraftwerke der allgem.Versorg.gem.EB [116] Zeile 15.
85				87,7108 %	Anteil fossiler Heizkraftwerke am Umwandlungseinsatz für Fern-HeizKRAFTwerke
86		275,9 PJ		76,639 TWh	Anteil foss.HKW am Fernwärme-Endverbr.gemäß Anteil am Umwandlungseinsatz = [69] * [85].
87					
88	303,84	302,76 PJ	84,4	84,1 TWh	Nettowärmeerzeugung aus KWK Industrie gem. KWK-Bilanz [119] Tab.1.
89	97,2	119,88 PJ	27	33,3 TWh	Nettowärmeerzeugung aus Mikro-KWK gem. KWK-Bilanz [119] Tab.1.
90		2,88 PJ		0,8 TWh	davon erneuerbar aus Pflanzenöl/Biodiesel gemäß [6.23]
91		117 PJ		32,5 TWh	davon aus fossilen Kraftstoffen = [BS.13.89]-[BS.13.90]
92	401,04	422,64 PJ	111,4	117,4 TWh	Zusätzl., in Auswertungstab.zur EB nicht erfasste Wärmeerzeug.aus Industrie+Mikro-KWK=Endverbr.= [88]+[89].
93					

BS.13. Fernwärme und Nahwärme Deutschland 2012

100prosim (BS.xlsx, V. 150427)

94 **BS.13.d Fernwärme**

95	Energiebilanz der Bundesrepublik	Zeile	Fern-
96	Deutschland 2012		wärme
97	T Joule		
98	Heizkraftwerke der allg. Versorgung	27	359 366
99	Fernheizwerke	28	142 970
100	Umwandlungsausstoß insgesamt	32	502 336
101	Steinkohlenzechen, -brikettfabriken	34	253
102	Braunkohlengruben, -brikettfabriken	35	5 299
103	Kraftwerke	36	19 941
104	Erdöl- und Erdgasgewinnung	37	21
105	Mineralölverarbeitung	38	5 176
106	Energieverbr.im Umwandlungsber.insges.	40	30 690
107	Ausfuhr	5	433
108	Fackel- u. Leitungsverluste	41	40 673
109	ENDENERGIEVERBRAUCH	45	430 540
110	LV/EV	(%)	9,4
111	FHW/(FHW+HKW)	(%)	39,8

112 Übernommen aus Energiebilanz [116] zur Übersicht und zur Bereitstellung der relativen Leitungsverluste.

113

114 **Literatur**

115

116 AGE B (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V.) (2014): "Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2012". Stand 12.07.2014.

117 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx

118

119 BATEN T., BUTTERMANN H.-G, NIEDER T. (2014): Gesamtbilanz der Kraft-Wärme-Kopplung 2003 bis 2012. Erschienen in: ENERGIE WIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 64. Jg. (2014) Heft 5.

120 http://eefa.de/Baten_et_al_ET_5_2014.pdf

65 **Literatur**

66

67 UMWELTBUNDESAMT (2014): "Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyotoprotokoll 2014 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2012". Climate Change 24/2014. Seite 784 - 786 von 963.

68 http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/climate-change_24_2014_nationaler_inventarbericht.pdf

69

70 siehe auch Excel-Tabelle:

71 http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/co2_faktoren_brennstoffe_nir_2014.xls

BS.14. ○

BS.15. Verweise - Abkürzungen - Glossar

4 **BS.15.a Verweis-Konzept**

- 5 Die Verweise dienen dazu, Informationen über die Bedeutung eines jeden angesetzten Wertes
aufsuchen und die Herkunft bis zum Ursprung zurückverfolgen zu können .
- 6 Als Verweis-Ziel sind die Absätze bzw. Tabellenzeilen am linken Rand laufend durchnummeriert.
- 7 Verweise sind in eckige Klammern gesetzt, als Beispiel hier der Verweis auf die Überschrift dieses
Kapitels: [4]
- 8 Bei Verweisen, die sich auf einen anderen Abschnitt des selben Dokuments beziehen, ist der Absatz-
/Zeilennummer die Abschnittsnummer vorangestellt, in unserem Beispiel: [15.4]
- 9 Bei Verweisen, die sich auf ein anderes Dokuments beziehen, ist zusätzlich das Dokumentenkürzel
vorangestellt, in unserem Beispiel: [BS.15.4]

10 11 **BS.15.b Abkürzungen**

12	BE	Brutto-Erzeugung [29]
13	EV	End-Verbrauch [33]
14	EV+	End-Verbrauch+ [37]
15	.ern	erneuerbar
16	.fat	fossil/atomar
17	.fos	fossil
18	FV	Fackel-Verluste
19	JNG	Jahresnutzungsgrad [40]
20	LV	Leitungs-Verluste
21	NE	Netto-Erzeugung [45]
22	NV	Netto-Verbrauch [49]
23	NV+	Netto-Verbrauch+ [55]
24	PEV	Primärenergie-Verbrauch [58]
25	UE	Umwandlungs-Einsatz [62]
26	VU	Verbrauch im Umwandlungsbereich [65]

27 28 **BS.15.c Glossar**

29 **Brutto-Erzeugung**

- 30 Verallgemeinerung des üblichen Begriffs 'Bruttostromerzeugung', der hier sinngemäß auch für andere
Sekundärenergien, wie z. B. Fernwärme, genutzt wird:
- 31 "Die Bruttostromerzeugung umfasst die insgesamt erzeugte Strommenge eines Landes. Nach Abzug
des Eigenverbrauchs der Erzeugungsanlagen verbleibt die Nettostromerzeugung." [73]

32 33 **End-Verbrauch**

- 34 Hier verwendete Kurzform des Begriffs 'Endenergieverbrauch':
- 35 "Die dem Endverbraucher nach Umwandlungs- und Transportvorgängen zur Verfügung stehende
Energie (...) Als Endenergieverbrauch wird die Verwendung von Energieträgern in einzelnen
Verbrauchersektoren bezeichnet, sofern sie unmittelbar zur Erzeugung von Nutzenergie oder für
Energiedienstleistungen eingesetzt werden." [76]

36 37 **End-Verbrauch+**

- 38 Hier verwendeter Begriff für den End-Verbrauch [33] zuzüglich bestimmter, in der Energiebilanz nicht
dem End-Verbrauch zugeordneter Verbräuche, zum Beispiel die Hochseebunkerung von
Mineralölprodukten, die den End-Verbrauch der Hochsee-Schifffahrt repräsentiert.

39

BS.15. Verweise - Abkürzungen - Glossar

40 **Jahresnutzungsgrad**

41 Hier verwendete Größe für die durchschnittliche Effizienz von Energie-Umwandlungsprozessen wie z. B. in Kraftwerken, Fernheizwerken, Öl-Raffinerien, über den Zeitraum eines vollen Jahres:

42 "Der Nutzungsgrad beschreibt das Verhältnis aus nutzbarer und zugeführter Energie eines Energieumwandlungsschrittes über einen bestimmten Zeitraum (i. d. R. ein Jahr). Der Nutzungsgrad ist nicht zu verwechseln mit dem Wirkungsgrad, der zu einem bestimmten Zeitpunkt die abgegebene Leistung der zugeführten Leistung gegenüberstellt." [70]

43 In der hier verwendeten Form umfasst der Jahresnutzungsgrad auch den Eigenverbrauch der Umwandlung, z. B. des Kraftwerks, bezieht sich also auf das Verhältnis von Netto-Erzeugung [45] zum Umwandlungseinsatz. Im Rahmen des Verursacher- bzw. Solidar-Prinzips, das auf den von den Energieverbrauchern verursachten Verbrauch gerichtet ist, bezieht sich der Jahresnutzungsgrad auf das Verhältnis des Netto-Verbrauchs+ [55] zum verursachten Umwandlungseinsatz, unabhängig von etwaigen Export-/Import-Überschüssen. Pauschal wird hier in Anlehnung an die Energiebilanz der Umwandlungseinsatz mit 'Primärenergieverbrauch' [58] gleich gesetzt, obwohl in geringem Umfang auch Sekundärenergien eingesetzt werden.

44

45 **Netto-Erzeugung**

46 Verallgemeinerung des üblichen Begriffs 'Nettostromerzeugung', der hier sinngemäß auch für andere Sekundärenergien, wie z. B. Fernwärme, genutzt wird:

47 "Die Nettostromerzeugung umfasst die durch eine Anlage erzeugte elektrische Energie nach Abzug des Eigenbedarfs der Anlage (z. B. für den Betrieb von Brennstoffförderanlagen). Entsprechend kann der Begriff auf die Summe der Stromerzeugungsanlagen einer abgegrenzten Region (z. B. eines Landes) angewandt werden." [70]

48

49 **Netto-Verbrauch**

50 Hier verwendete Verallgemeinerung des Begriffs 'Nettostromverbrauch' auch für andere Energieträger, in Anlehnung an die folgende Definition zum 'Bruttostromverbrauch':

51 "Unter Bruttostromverbrauch versteht man die gesamte in einer abgegrenzten Region (z. B. einem Land) erzeugte Strommenge, zuzüglich der Stromimporte und abzüglich der Stromexporte." [70]

52 Der Netto-Verbrauch wird hier analog zum Verhältnis von 'Brutto-Erzeugung' [29] zu 'Brutto-Verbrauch' als Netto-Erzeugung zuzüglich Energieimporte und Bestandsentnahmen abzüglich Energieexporte und Bestandsaufstockung verwendet. Im Gegensatz zum Brutto-Verbrauch ist im Netto-Verbrauch der Eigenverbrauch der Umwandlung nicht enthalten.

53 Der Netto-Verbrauch beinhaltet über den End-Verbrauch+ [37] hinaus auch die Leitungsverluste.

54

55 **Netto-Verbrauch+**

56 Hier verwendeter Begriff für den Netto-Verbrauch [49] zuzüglich Verbrauch im Umwandlungsbereich [65] (Umwandlungseinsatz und Energieverbrauch anderer Energieumwandlungen), z. B. Stromverbrauch von Raffinerien.

57

58 **Primärenergie-Verbrauch**

59 "Als Primärenergie wird jene Energie bezeichnet, die in den natürlich vorkommenden Energieträgern wie z. B. Biomasse, Erdöl, Erdgas, Kohle etc. enthalten ist, ohne dass der Energieträger einem Umwandlungsprozess unterzogen wurde." [70]

60 Im Rahmen des Verursacher-Prinzips, das auf den von den Bewohnern der Zielregion direkt und indirekt verursachten Verbrauch gerichtet ist, bezieht sich der Primärenergie-Verbrauch auf den durch den End-Verbrauch verursachten Verbrauch an Primärenergie, nicht auf den in der Zielregion tatsächlich aufgetretenen Verbrauch an Primärenergie.

61

62 **Umwandlungs-Einsatz**

63 Energieeinsatz für eine Umwandlung, z. B. Kohleeinsatz zur Verstromung in Kraftwerken, Erdöl zur Erzeugung von Mineralölprodukten in Raffinerien.

64

BS.15. Verweise - Abkürzungen - Glossar

65 **Verbrauch im Umwandlungsbereich**

66 Der Verbrauch im Umwandlungsbereich setzt sich zusammen aus dem Umwandlungseinsatz (z. B. Erdgas in Fernheizwerken) und dem Eigenverbrauch anderer Umwandlungsprozesse (z. B. Strom in Raffinerien).

67

68 **BS.15.d Quellen**

69

70 BAYRISCHE STAATSREGIERUNG (2014) Energieatlas Bayern.

71 <http://www.energieatlas.bayern.de/glossar/m-n/nettostromerzeugung.html>

72

73 BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (2013) Energie in Deutschland.

74 <http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energie-in-deutschland>

75

76 STATISTISCHES BUNDESAMT (2014) Umweltnutzung und Wirtschaft.

77 https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Querschnitt/UmweltnutzungundWirtschaftVorberichtEnergiePDF_5850014.pdf?__blob=publicationFile

BS.15. ○

Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050

Anhang E

Szenario „Niedersachsen -80% THG“ (Szenario 2)

Inhaltsverzeichnis

S.	Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	3
S.1.	Flächen	6
S.2.	Erneuerbare	7
S.3.	Bedarfsniveau	12
S.4.	Verbrauch	13
S.5.	Bilanz	16
S.6.	Fossile	18
S.7.	Verbrauch Status	20
S.8.	Kennzahlen Deutschland	21
WS.	Wandlung Strom (150826t)	23
WT.1.	Jahresbilanz	23
WT.2.	Jahresgang	24
WT.	Wertetabellen (150826t)	25
WT.10.	Endenergieverbrauch nach Quellen und Treibhausgasen	25
D.	Datenmodell (150826t)	28
D.1.	Datenmodell	28
D.7.	Verbrauch Status	60
D.8.	Kennzahlen Deutschland	61
D.9.	Quellen	63
BS.	Basis-Strukturen für 100% EE-Szenarien	(siehe Anhang D)

S.0. - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)**Energieszenario 'Niedersachsen -80%THG'**

Version 150826t

Autorenteam (s. Bericht)

vertreten durch Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich

Simulationssystem* und Datenmodell

erstellt durch Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt

*) 100prosim - 100-Prozent-Erneuerbare-Energien-Simulationssystem, Software Version 150813

System- / Dokumentationsstruktur 100prosim

Das Szenario mit der Dokumentenkenennung „S“ beinhaltet die Szenario-Kalkulationen mit den Daten, die das Energiesystem repräsentieren, in Tabellenform. Das Dokument ist thematisch in Abschnitte gegliedert und jeweils durch eine Abschnittsnummer gekennzeichnet (s. Abbildung 1).

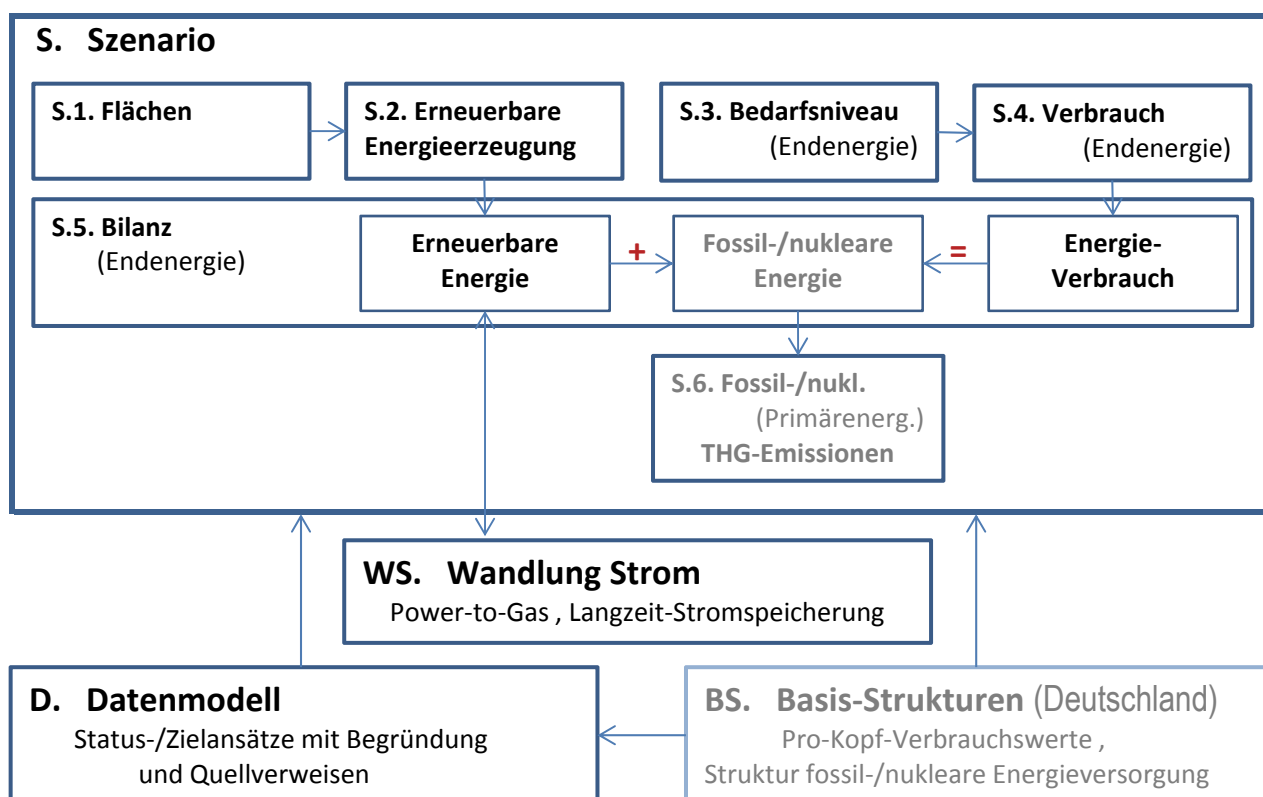


Abbildung 1: 100prosim System-/Dokumentenstruktur (vereinfacht, ohne untergeordnete Abschnitte)

S.0. - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

Zum **Szenario-Dokument (S)** ist folgende unterlagerten Detail-Dokumentation verfügbar:

Über Verweise auf das unterlagerte **Datenmodell** (Dokumentenkenung "**D**") sind Erläuterungen zu den einzelnen Daten einschließlich Literaturangaben zugänglich. **ACHTUNG:** Gültig ist die zum Szenario-Dokument zugehörige Datenmodell-Version, erkennbar an der selben in Klammern gesetzten Versionsnummer in der Kopfzeile.

Das Dokument "**Wandlung Strom**" (Dokumentenkenung "**WS**") enthält Abbildungen zur Systemstruktur von Wasserstoff-Erzeugung zur Brennstoffbereitstellung und zum Stromschwankungsausgleich.

Im Dokument „**Basis-Strukturen**“ (Dokumentenkenung „**BS**“) sind die Daten der Energiebilanz und der energetischen Treibhausgasemissionen Deutschland 2012 in der Weise aufbereitet, dass sie als Grundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs von Niedersachsen nach dem Verursacher- bzw. Solidarprinzip verwendbar sind.

Verweissystematik

Die Kopfzeile enthält jeweils die Dokumentenkenung, gefolgt von der Abschnittsnummer und der Bezeichnung in Klartext, zum Beispiel: S.1. Flächen – Szenario ‚Niedersachsen 100 % EE‘

Die Zeilen bzw. Absätze am linken Seitenrand sind aufsteigend in grüner Schriftfarbe nummeriert (aus technischen Gründen ist die Nummerierung nicht lückenlos).

Verweise auf Zeilen bzw. Absätze im selben Abschnitt werden durch die Zeilennummer in eckigen Klammern in grauer Schriftfarbe dargestellt, Beispiel: [27].

Handelt es sich um Kalkulationsergebnisse, erscheinen mehrere Verweise auf die Eingangsgrößen, Beispiel: [12] [13].

Bei Verweisen auf Zeilen bzw. Absätze in einem anderen Abschnitt desselben Dokuments ist die Abschnittsnummer vorangestellt, Beispiel [1.35].

Bei Verweisen auf Zeilen bzw. Absätze in einem anderen Dokument sind Dokumentenkenung und Abschnittsnummer vorangestellt, Beispiel [D.1.156].

S.0. - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)**Ergebnismonitor****1. Endenergie**

Zielwerte 2050 in % vom Verbrauchsstatus im Anwendungsbereich				
Anwendungsbereich	Verbrauch	Erneuerbare	Überschuss	Fossil/atom.
Kraft/Licht/IKT/Kälte	82	76		5,4
Gebäudewärme	34	33		0,5
Prozesswärme	82	48		34,5
Mobile Anwendungen	48	37		10,8
Insgesamt:	55	44		11,3

2. Treibhausgasemissionen

Zielwert 2050 energiebedingte THG-Emiss. (Mio. t CO₂-Äquiv.):	11.432
---	---------------

Chronologie:

Version 150826, Gutachter 28.08.2015:

"100%EE-Szenario" im aktuellen Stand für den 2. Runden Tisch Energiewende.

Version 150826t, Gutachter 28.08.2015:

"-80%THG-Szenario" im Stand für den 2. Runden Tisch Energiewende mit den folgenden Primäränderungen gegenüber dem Endausbau im 100%EE-Szenario 150826:

- Synthetisierung von Kohlenwasserstoffen aus Strom als Grundstoff ist nicht sinnvoll, solange noch fossile Brennstoffe direkt eingesetzt werden [S.2.189]. Die jährlich dafür eingesetzte Erdölmenge, die später (vgl. 100%EE-Szenario) durch 17.875 GWh synthetisiertes und damit klimaneutrales Methan [S.2.201] ersetzt wird, verursacht in diesem Szenario nach Ende der stofflichen Nutzung Treibhausgasemissionen in Höhe von 4.701 kt CO₂eq (Emissionsfaktor 263 t/GWh), wodurch sich das Kontingent energetisch noch zulässiger THG-Emissionen von 16.139 kt auf 11.438 kt CO₂/a reduziert.
- Synthetisierung von Kohlenwasserstoffen aus Strom als Kraftstoff ist nicht sinnvoll, solange noch fossile Brennstoffe direkt eingesetzt werden [S.2.189].
- Der größte Teil des noch zulässigen energetischen THG-Kontingents wird genutzt, um die im 100%EE-Szenario erforderliche Umstellung der industriellen Prozesse auf elektrische Prozesswärme hinauszuzögern. Der Anteil Brennstoffe wurde so angesetzt [S.4.108], dass der Stromanteil [S.4.117] zunächst unverändert bleiben kann.
- Ein kleinerer Teil des noch zulässigen energetischen THG-Kontingents wird darauf verwendet, den Anteil Elektrotraktion im Personen- [S.4.128] und im Güterverkehr [S.4.141] noch nicht ganz auf den Endausbau-Stand im 100%EE-Szenario bringen zu müssen.
- Der restliche Teil des noch zulässigen energetischen THG-Kontingents liefert einen Beitrag zum Strom-Mangelausgleich über Erdgaskraftwerke, wodurch gegenüber dem Endausbau (100%EE-Szenario) zunächst noch Elektrolyseverluste vermieden werden können und weniger Kapazitäten für Strom-Lanzeitspeicherung [S.2.211] erforderlich sind.

S.1. Flächen - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

5	Flächenart / Energetische Nutzung	Status		Ziel		Änderung Ziel/Status	Quelle
		1.2.3. Hierarchiestufe (HS)	ha	% v.HS	ha		
8	Bodenfläche gesamt		4.761.378	-	4.761.378	-	[D.1.64]
9	Gebäude- & Freifläche (Siedlung)		351.478	7,4	408.053	8,6	1,16 [D.1.69]
10	Solare Dachflächen		1.825	0,5	28.600	7,0	15,67 [D.1.120]
12	Landwirtschaftsfläche (LF)		2.639.468	55,4	2.582.893	54,2	0,98 [D.1.75]
13	Solare Freiflächen		2.088	0,1	2.088	0,1	1,00 [D.1.129]
14	Ackerland		1.880.000	71,2	1.823.725	70,6	0,97 [D.1.80]
15	Getreide-Anbaufl. (Stroh)		898.000	47,8	898.000	49,2	1,00 [D.1.85]
16	Energiepfl. (Biogas)		279.961	14,9	293.921	16,1	1,05 [D.1.365]
17	Energiepfl. (Pflanzenöl)		45.012	2,4	45.012	2,5	1,00 [D.1.445]
18	Energiepfl. (Ethanol)		15.004	0,8	0	0,0	0,00 [D.1.494]
19	Energiepfl. (Kurzumtr.)		760	0,0	760	0,0	1,00 [D.1.266]
20	(ohne energet. Relevanz)		641.263	34,1	586.032	32,1	0,91 [14]...[19]
22	Dauergrünland		691.600	26,2	691.600	26,8	1,00 [D.1.90]
24	(sonstige Nutzung)		65.780	2,5	65.480	2,5	1,00 [12][13][14][22]
25							
27	Waldfläche		1.204.591	25,3	1.204.591	25,3	1,00 [D.1.96]
28	Forstfl. (u.a.Energieholz)		1.200.091	99,6	1.127.571	93,6	0,94 [D.1.109]
29	(ohne forstwirtsch.Nutzung)		4.500	0,4	77.020	6,4	17,12 [27][28]
31	(sonstige Flächen)		565.841	11,9	565.841	11,9	1,00 [8][9][12][27]
33	Windenergie Flächenpotenzial		588.700	12,4	470.960	9,9	0,80 [D.1.173]
34	Windparkfläche*		28.608	0,6	66.231	1,4	2,32 [D.1.188]

* ACHTUNG: %-Angabe bezieht sich auf Bodenfläche gesamt (HS 1)

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Status	Ziel	
5	Solarenergie			
6	Solare Dachflächen	ha	1.825	28.600 [1.10]
7	<i>Solarthermie</i>			
8	* Anteil an solaren Dachflächen	%	8,8	0,6 [D.1.137]
9	* Energieertrag	MWh/ha/a	3.563	5.250 [D.1.143]
10	= Gebäudewärme	GWh/a	570	840 [6] [8] [9]
12	<i>Solarstrom</i>			
13	* Anteil an solaren Dachflächen	%	91,2	99,4 = 100 - [8]
14	* Energieertrag	MWh/ha/a	1.284	1.798 [D.1.153]
15	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	2.139	51.136 [6] [13] [14]
16	/ Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899	899 [D.1.166]
17	= Installierte Leistung	MW	2.379	56.880 [15] [16]
19	Solar genutzte Freiflächen	ha	2.088	2.088 [1.13]
20	<i>Solarstrom</i>			
21	* Energieertrag	MWh/ha/a	389	545 [D.1.161]
22	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	813	1.138 [19] [21]
23	/ Vollbetriebstunden jährlich	h/a	899	899 [D.1.166]
24	= Installierte Leistung	MW	904	1.266 [22] [23]
25				
26	Windenergie			
27	<i>Onshore-Windstrom</i>			
28	Windparkfläche	ha	28.608	66.231 [1.34]
29	* spezifischer Flächenbedarf	ha/MW	3,82	3,67 [D.1.197]
30	= Installierte Leistung	MW	7.490	18.031 [32] [31]
31	* Vollbetriebstunden jährlich	h/a	1.685	2.316 [D.1.205]
32	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	12.623	41.766 [28] [29]
33	= Energieertrag	MWh/ha/a	441	631 [28] [32]
34	<i>Offshore-Windstrom</i>			
35	Install. Offshore-Leistung Deutschland	MW	213	25.000 [D.1.216]
36	* Vollbetriebstunden jährlich	h/a	4.255	4.500 [D.1.222]
37	= Bruttostromerzeugung Deutschland	GWh/a	905	112.500 [35] [36]
38	/ Einwohner Deutschland		80.523.746	70.904.530 [D.1.58]
39	* Energieverbraucher Niedersachsen -80%THG		10.734.539	9.452.211 [3.10]
40	= Bruttostromerz. Anteil Niedersachsen -80%THG	GWh/a	121	14.997 [37] [38] [39]
41				
42	Laufwasser			
43	Bodenfläche Nds.	ha	4.761.378	4.761.378 [1.8]
44	* Nutzanteil am techn. Potenzial	%	71,7	71,7 [D.1.231]
45	* Energieertrag (techn.Potenzial)	MWh/ha/a	0,074	0,074 [D.1.236]
46	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	251	251 [43] [44] [45]
47				
48	Biogene Brennstoffe (fest)			
49	<i>Energieholz</i>			
50	<i>Aus Forstwirtschaft</i>			
51	Nutzbare Forstfläche	ha	1.200.091	1.127.571 [1.28]
52	* Energet.genutzter Anteil am Zuwachs	%	46,7	44,4 [D.1.245]
53	* Energieertrag	MWh/ha/a	24,6	25,3 [D.1.257]
54	= Energieholzaufkommen	GWh/a	13.772	12.680 [51] [52] [53]
56	<i>Aus Ackerbau (KUP, Miscanthus usw.)</i>			

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Status	Ziel	
57	Anbaufläche	ha	760	760 [1.19]
58	* Energieertrag	MWh/ha/a	29,9	51,4 [D.1.272]
59	= Energieholzaufkommen	GWh/a	23	39 [57] [58]
61	= Energieholzaufkommen gesamt	GWh/a	13.795	12.719 [54] [59]
62	* davon für Gebäudewärme	%	50,2	0,0 [D.1.281]
63	* davon für Prozesswärme	%	15,4	100,0 [D.1.286]
64	* davon für Verstromung	%	34,4	0,0 [D.1.291]
65	* davon für Wärmenetze GW	%	0,0	0,0 [D.1.296]
67	<i>Stroh aus Getreideanbau</i>			
68	Getreide-Anbaufläche	ha	898.000	898.000 [1.15]
69	* Energet.genutzer Teil am Strohanfall	%	0,0	20,0 [D.1.303]
70	* Energieertrag	MWh/ha/a	23,8	23,8 [D.1.310]
71	= Strohstoff-Aufkommen	GWh/a	0	4.280 [68] [69] [70]
72	* davon für Gebäudewärme	%	0,0	0,0 [D.1.315]
73	* davon für Prozesswärme	%	0,0	100,0 [D.1.320]
74	* davon für Verstromung	%	0,0	0,0 [D.1.325]
75	* davon für Wärmenetze GW	%	0,0	0,0 [D.1.330]
77	= Brennstoffaufk.(fest) NAWARO gesamt	GWh/a	13.795	17.000 [54] [59] [71]
79	= davon Einsatz für Gebäudewärme	GWh/a	6.924	0 [61] [62] [71] [72]
81	= davon Einsatz für Prozesswärme	GWh/a	2.124	17.000 [61] [63] [71] [73]
83	= davon Einsatz für Verstromung	GWh/a	4.747	0 [61] [64] [71] [74]
84	* Nutzungsgrad Kraftwerk	%	28,0	36,2 [D.1.337]
85	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	1.329	0 [83] [84]
86	* Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	16,7	55,0 [D.1.344]
87	= Wärmenetze GW (Endenergie)	GWh/a	794	0 [83] [86]
89	= davon Einsatz für Heiwerke/Wärmenetze	GWh/a	0	0 [61] [65] [71] [75]
90	* Nutzungsgrad Heizwerk/Wärmenetz	%	75,0	75,0 [D.1.350]
91	= Wärmenetze GW (Endenergie)	GWh/a	0	0 [89] [90]
93	<i>Biogener Anteil der Abfälle (fest)</i>			
94	Bruttostromerzeugung	GWh/a	701	701 [D.1.356]
95	Wärmenetze GW (Endenergie)	GWh/a	1.300	1.300 [D.1.360]
97	<i>Biogene Brennstoffe (gasförmig): Biogas</i>			
98	Anbaufläche Energiepflanzen für Biogas	ha	279.961	293.921 [1.16]
99	* Biogas - Methanertrag	MWh/ha/a	53,0	42,4 [D.1.373]
100	+ = Biogas aus Energiepflanzen-Anbau	GWh/a	14.825	12.451 [98] [99]
102	+ Biogas aus Abfall-/Reststoffverwertung	GWh/a	3.254	6.508 [D.1.384]
103	+ Biogas aus Kläranlagen und Deponien	GWh/a	173	173 [D.1.391]
104	= Biogasaufkommen insgesamt	GWh/a	18.252	19.133 [100] [102] [103]
105	* davon Einsatz für Prozesswärme	%	0,0	36,4 [D.1.397]
106	= Biogas für Prozesswärme	GWh/a	0	6.964 [104] [105]
108	* davon für Verstromung	%	99,4	0,0 [D.1.402]

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Status	Ziel		
109	* Nutzungsgrad Kraftwerk	%	38,0	45,0	[D.1.407]
110	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	6.892	0	[104] [108] [109]
111	* Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	16,4	20,0	[D.1.412]
112	= Gebäudewärme (Endenergie)	GWh/a	2.981	0	[104] [108] [111]
114	* davon Biomethan für mobile Anwendungen	%	0,6	63,6	[D.1.419]
115	* Nutzungsgrad Kraftstoffbereitstellung	%	94,0	94,0	[D.1.424]
116	= Biokraftstoff (gasförmig)	GWh/a	107	11.438	[104] [114] [115]
118	* davon Flüssigkr.stoff für mobile Anwendungen	%	0,0	0,0	[D.1.431][105] [108] [114]
119	* Nutzungsgrad Kraftstofferzeugung	%	45,0	45,0	[D.1.435]
120	= Biokraftstoff (flüssig)	GWh/a	0	0	[104] [118] [119]
121					
122	Biogene Brennstoffe (flüssig)				
123	Biodiesel (inkl. Pflanzenöl)				
124	Anbaufläche Ölpflanzen für Biodiesel	ha	45.012	45.012	[1.17]
125	* Biodiesel - Energieertrag	MWh/ha/a	14,4	11,5	[D.1.450]
126	+ = Biodiesel aus eigenem Anbau	GWh/a	649	519	[124] [125]
128	+ Biodiesel aus Import (+) / Export (-)	GWh/a	2.616	0	[D.1.458]
129	= Biodiesel Gesamtaufkommen	GWh/a	3.265	519	[126] [128]
130	* davon Einsatz für mobile Anwendungen	%	95,3	100,0	[D.1.472]
131	= Biokraftstoff (flüssig)	GWh/a	3.111	519	[129] [130]
133	* davon Einsatz für Verstromung	%	4,7	0,0	[D.1.477]
134	* Nutzungsgrad Blockheizkraftwerk	%	39,0	39,0	[D.1.482]
135	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	60	0	[129] [133] [134]
136	* Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	50,0	50,0	[D.1.487]
137	= Gebäudewärme (Endenergie)	GWh/a	77	0	[129] [133] [136]
139	Bioethanol				
140	Anbaufläche Energiepfl. für Bioethanol	ha	15.004	0	[1.18]
141	* Bioethanol - Energieertrag (brutto)	MWh/ha/a	27,3	21,8	[D.1.499]
142	+ = Bioethanol aus eigenem Anbau	GWh/a	409	0	[140] [141]
144	+ Bioethanol aus Import (+) / Export (-)	GWh/a	776	0	[D.1.509]
145	= Bioethanol ges. - Mobile Anwendungen	GWh/a	1.185	0	[142] [144]
146					
147	Umgebungswärme (Wärmepumpe)				
148	= Wärmepumpen-Antriebsstromaufnahme	GWh/a	133	9.489	[D.1.519]
149	* davon Anlagen mit Luftkopplung	%	45,7	72,0	[D.1.527]
150	= WP-Luft - Antriebsstromaufnahme	GWh/a	61	6.832	[104] [149]
151	* WP-Luft - Jahresarbeitszahl		2,8	3,3	[D.1.532]
152	= Nutzwärme (inkl. Antriebsstrom)	GWh/a	170	22.546	[150] [151]
153	= davon Wärmegewinn aus der Luft	GWh/a	109	15.714	[104] [152]
155	* davon Anl.m.Erdreich-/Wasserkoppl.	%	54,3	28,0	100-[149]
156	= WP-Erdr./Wasser - Antriebsstromaufnahme	GWh/a	72	2.657	[148] [155]
157	* WP-Erdr./Wasser - Jahresarbeitszahl		3,4	4,4	[D.1.540]
158	= Nutzwärme (inkl. Antriebsstrom)	GWh/a	246	11.690	[156] [157]
159	= davon Wärmegewinn Erdreich/Grundwasser	GWh/a	173	9.033	[158] [156]
160	/ Wärmeertrag Erdreich/Grundwasser	MWh/ha/a	1.000	1.000	[D.1.546]
161	= Beanspruchte Entzugsfläche	ha	173	9.033	[104] [160]
162	/ Gebäude-&Freifläche (Siedlung)	ha	351.478	408.053	[1.9]
163	= Anteil beanspruchter Siedlungsfläche	%	0,049	2,2	[161] [162]

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

Status

Ziel

164

165 *Tiefengeothermie*

166	Netzanschlussleistung (elektrisch)	MW	0	500	[D.1.553]
167	* Stromerzeugung - Vollbetriebsstunden	h/a	0	8.500	[D.1.558]
168	= Bruttostromerzeugung	GWh/a	0	4.250	[166] [167]
169	/ Nutzungsgrad (elektrisch)	%	0,0	10,0	[D.1.563]
170	= Wärmeförderung	GWh/a	0	42.500	[156] [169]
171	Techn.Pot.Äquifere Norddeutsch.Becken	TWh	6.296		[D.1.568]
172	= Erschöpfung des Äquifer-Potenzials nach 148 Jahren.				[156] [171]
174	Techn. Pot.Kristallin Norddeutsch.Becken	TWh	61.111		[D.1.573]
175	= Erschöpfung Geoth.Gesamtpotenzial Nds. nach 14.379 Jahren.				[156] [174]
177	* eff. Nutzungsgrad KWK-Abwärme	%	0	0	[D.1.577]
178	= Gebäudewärme (Endenergie)	GWh/a	0	0	[104] [177]

179

180 *Stromwandlung / Stromspeicherung*

181	<i>Bruttostromerzeugung</i> aus Erneuerbaren Energien gesamt (inklusive Abregelung)				
182	+ > aus Windenergie	GWh/a	12.743	56.763	[32] [40]
183	+ > aus Solarenergie (Photovoltaik)	GWh/a	2.951	52.273	[15] [22]
184	+ > aus Wasserkraft + Tiefengeothermie	GWh/a	251	4.501	[46] [168]
185	+ > aus Biobrennstoffen	GWh/a	8.983	701	[85] [94] [110] [135]
186	= Bruttostromerzeug. Erneuerb. (inkl.Abregelung)	GWh/a	24.929	114.239	[182] ...[185]

188	<i>Wasserstofferzeugung</i> (als Brennstoff, für Kraftstoff- und Grundstoff-Synthese)				
189	- Stromeinsatz Wasserelektrolyse	GWh/a	0	0	[D.1.584]
190	* Nutzungsgrad Wasserelektrolyse	%	0,0	65,0	[D.1.589]
191	= Wasserstofferzeugung	GWh/a	0	0	[189] [190]
192	* davon für Prozesswärme	%	0,0	0,0	[D.1.595]
193	= Brennstoff (gasförmig) für PW	GWh/a	0	0	[129] [192]
195	* davon für Mobile Anwendungen	%	0,0	37,5	[D.1.600]
196	* Nutzungsgrad Kraftstofferzeug.	%	0,0	63,0	[D.1.605]
197	= Kraftstoffe (flüssig) für MA	GWh/a	0	0	[191] [195] [196]
199	* davon für Grundstoff-Synthese	%	0,0	62,5	[192] [195]
200	* Nutzungsgrad Methanherzeugung	%	0,0	80,0	[D.1.611]
201	= Methan für stoffliche Verwendung	GWh/a	0	0	[195] [199] [200]

203	<i>Langzeitspeicherung Strom</i> stofflich (saisonaler Ausgleich > 1 Tag)				
204	- Stromaufnahme (Überschussphasen)	GWh/a	0	23.455	[D.1.619]
205	* Nutzungsgrad Stromspeicherung	%	0,0	33,7	[D.1.628]
206	+ = Stromabgabe (Mangelphasen)	GWh/a	0	7.904	[204] [205]
208	* Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	0,0	12,7	[D.1.638]
209	= Gebäudewärme (Endenergie)	GWh/a	0	2.979	[206] [208]
211	Erforderliche Speicherkapazität	GWh	0	8.218	[D.1.643]
212	- Abregelung von Wind-/Solarstrom	GWh/a	0	418	[D.1.648]
214	= Stromangebot aus eigenen Erneuerb.E.	GWh/a	24.929	98.270	[186] [189] [204] [206] [212]
215	+ Stromeinfuhr (Erneuerb.) a.d.Ausland	GWh/a	0	0	[D.1.655]
216	= Stromangebot aus Erneuerbaren E.	GWh/a	24.929	98.270	[214] [215]
217	Übertragungsverluste Stromnetz	% v. [216]	5,2	15,2	[D.1.660]
218	- inkl. Kurzzeitspeicher	GWh/a	1.297	14.941	[215] [217]
219	= Stromangeb.erneuerb.(Endenergie)	GWh/a	23.631	83.328	[216] [218]

S.2. Erneuerbare - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

Status

Ziel

220

221 *Endenergieangebot aus erneuerbaren Quellen gesamt*

222	Endenergie aus Erneuerbaren Q. gesamt	GWh/a	43.087	149.115	
223					
224	Strom (alle Anwendungsbereiche)	GWh/a	23.631	83.328	[219]
225	/ Stromverbrauch insgesamt	GWh/a	68.889	89.246	[4.163]
226	= Anteil Erneuerb.an Stromverbrauch	%	34,3	93,4	[224] [225]
227					
228	Kraft/Licht/Inform.Komm.Tech./Kälte (KLIK)	GWh/a	17.295	38.462	[229]
229	davon Strom (erneuerb. Anteil)	GWh/a	17.295	38.462	[4.42] [226]
230					
231	Gebäudewärme (GW)	GWh/a	14.742	38.725	[232] [237] [238]
232	davon Brennstoffe	GWh/a	6.924	0	[233] [234] [235]
233	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	0	0	[5] ...[220]
234	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	0	0	[5] ...[220]
235	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	6.924	0	[5] ...[220]
237	davon Wärme	GWh/a	6.004	29.865	[5] ...[220]
238	davon Strom (erneuerb. Anteil)	GWh/a	1.814	8.860	[4.87] [226]
239					
240	Prozesswärme (PW)	GWh/a	6.008	33.122	[241] [246] [247]
241	davon Brennstoffe	GWh/a	2.124	23.964	[242] [243] [244]
242	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	0	6.964	[5] ...[220]
243	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	0	0	[5] ...[220]
244	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	2.124	17.000	[5] ...[220]
246	davon Wärme	GWh/a	0	0	[5] ...[220]
247	davon Strom (erneuerb. Anteil)	GWh/a	3.884	9.158	[4.118] [226]
248					
249	Mobile Anwendungen		5.042	38.806	
250	davon Brennstoffe	GWh/a	4.404	11.958	[251] [252] [255]
251	davon Kraftstoffe (gasförmig)	GWh/a	107	11.438	
252	davon mindestens flüssig (Luftverkehr)	GWh/a	4.296	519	
254	davon Strom (erneuerb. Anteil)	GWh/a	638	26.848	[4.161] [226]
255					
256	Brennstoffe (alle Anwendungsbereiche)	GWh/a	13.451	35.922	[257] [258] [259]
257	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	107	18.403	[5] ...[220]
258	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	4.296	519	[5] ...[220]
259	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	9.048	17.000	[5] ...[220]

S.3. Bedarfsniveau - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

Status

Ziel

%

5 **Energieverbraucher**

6	Einwohnerzahl		7.778.995	6.838.500	88	[D.1.40]
7	Energieverbraucher gemäß Solidarprinzip		10.734.539	9.452.211	88	[D.1.49]
9	Verbrauchsmaßstab gemäß:		Solidar-Prinzip			[D.1.34]
10	danach Anzahl Energieverbraucher		10.734.539	9.452.211	88	[7]
11	= Demografische Entwicklung	%		-11,9		[10]

13 **Verbrauchsmaßstab gemäß Solidar-Prinzip - Endenergie**

14	Endenergie alle Anwendungen	GWh/a	340.456	299.785		[7.21] [10]
15	Kraft/Licht/IKT/Kälte	GWh/a	50.417	44.394	100	[7.21] [10]
16	davon Strom	GWh/a	50.417	44.394	100	[7.11] [10]
17	Gebäudewärme (Raumw., Warmwass.)	GWh/a	116.892	102.928	100	[7.21] [10]
18	davon Strom	GWh/a	5.288	4.656	5	[7.11] [10]
19	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	53.398	47.019	46	[7.13] [10]
20	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	25.647	22.583	22	[7.15] [10]
21	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	12.773	11.247	11	[7.17] [10]
22	= Brennstoffe gesamt	GWh/a	91.818	80.850	79	[19] [20] [21]
23	davon Wärme (Fernw., Nahw., lokale W.)	GWh/a	19.786	17.422	17	[7.19] [10]
24	Prozesswärme	GWh/a	69.342	61.059	100	[7.21] [10]
25	davon Strom	GWh/a	11.324	9.971	16	[7.11] [10]
26	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	30.687	27.021	44	[7.13] [10]
27	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	3.581	3.153	5	[7.15] [10]
28	davon Brennstoffe (fest)	GWh/a	16.133	14.206	23	[7.17] [10]
29	= Brennstoffe gesamt	GWh/a	50.401	44.380	73	[26] [27] [28]
30	davon Wärme (Fernw., Nahw., lokale W.)	GWh/a	7.617	6.707	11	[7.19] [10]
31	Mobile Anwendungen	GWh/a	103.805	91.405	100	[7.21] [10]
32	am Boden (Straße, Schiene, Wasser)	GWh/a	89.597	78.894	86	[33] [34] [35]
33	davon Strom	GWh/a	2.200	1.937	2	[7.12] [10]
34	davon Brennstoffe (gasförmig)	GWh/a	865	762	1	[7.14] [10]
35	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	86.533	76.196	83	[7.16] [10]
36	= Brennstoffe gesamt	GWh/a	87.398	76.957	84	[34] [35]
37	in der Luft	GWh/a	14.208	12.511	14	[38]
38	davon Brennstoffe (flüssig)	GWh/a	14.208	12.511	14	[7.16] [10]
40	Strom gesamt	GWh/a	69.228	60.958	67	[16] [18] [25] [33]

S.4. Verbrauch - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

Status

Ziel

5 *Wirtschaftliche Entwicklung (Bruttoinlandsprodukt BIP)*

6	Betrachteter Zeitraum: 38 Jahre	Kalenderjahr	2012	2050	[D.1.668]
7	* Durchschnittliche Jahresrate BIP/Kopf	%/a		1,04	[D.1.675]
8	= Bruttoinlandsprodukt BIP/Kopf	€/Einwohn.	33.569	49.738	[D.1.682]
9	= Entwicklung BIP/Kopf gesamt	% v. Status	100	148,2	[8]
10	* Anteil Dienstleistungsbereiche	% v. [8]	68,6	68,6	[D.1.687]
11	= BIP/Kopf Anteil Dienstleistungsbereiche	€/Einwohn.	23.028	34.120	[8] [10]
12	= Entwickl.BIP/Kopf Dienstleistungsber.	% v. Status	100	148,2	[11]
14	* Anteil Produzierende Bereiche	% v. [12]	31,4	31,4	100 - [10]
15	= BIP/Kopf Anteil Produzierende Bereiche	€/Einwohn.	10.541	15.618	[8] [14]
16	= Entw.BIP/Kopf Produzierende Ber.	% v. Status	100	148,2	[15]
17					
18	Endenergieverbrauch insgesamt	GWh/a	340.456	187.630,8	[165]
19	Energieproduktivität pro Person	€/kWh/a	98,6	265,1	[8] [18]
20					

21 *Kraft, Licht, Informat./Kommunikat., Kälte (KLIK)*

22	Bedarfsniveau (statisch), 100% Strom	GWh/a	50.417	44.394	[3.15]
23	* davon Haushalte	%	17,0	17,0	[D.1.694]
24	=	GWh/a	8.588	7.562	[22] [23]
25	* Zieleinfluss Endanwendungs-Effizienz	%	100	73,0	[D.1.699]
26	=	GWh/a	8.588	5.521	[24] [25]
28	* davon Handel/Dienstleistungen	%	29,6	29,6	[D.1.706]
29	=	GWh/a	14.928	13.145	[22] [28]
30	* Zieleinfluss Handels-/Dienstl.-Vol./Pers.	%	100	148,2	[D.1.711][12]
31	=	GWh/a	14.928	19.477	[29] [30]
32	* Zieleinfluss Prozess-Effizienz	%	100	73,0	[D.1.716]
33	=	GWh/a	14.928	14.218	[31] [32]
35	* davon Industrie + Gewerbeanteil GHD	%	53,4	53,4	[D.1.722]
36	=	GWh/a	26.900	23.686	[22] [35]
37	* Zieleinfluss Materialdurchsatz/Pers.	%	100	124,1	[D.1.727][16]
38	=	GWh/a	26.900	29.391	[36] [37]
39	* Zieleinfluss Prozess-Effizienz	%	100	73,0	[D.1.732]
40	=	GWh/a	26.900	21.455	[38] [39]
42	Endverbrauch Strom für KLIK gesamt	GWh/a	50.417	41.194	[26] [33] [40]

44 *Gebäudewärme (GW)*

45	Bedarfsniveau (statisch)	GWh/a	116.892	102.928	[3.17]
46	* davon Haushalte	%	67,3	67,3	[D.1.740]
47	=	GWh/a	78.658	69.262	[45] [46]
48	* Wohnfläche pro Person	qm/Person	43,2	49,1	[D.1.745]
49	* Zieleinfluss Wohnflächen-Entwicklung	% v. Status	100	113,6	[48]
50	+ =	GWh/a	78.658	78.681	[47] [49]
52	* dav. Gewerbe, Handel, Dienstl. + Industr.	%	32,7	32,7	[D.1.750]
53	=	GWh/a	38.233	33.666	[52]
54	* Zieleinfluss Erwerbstätigkeit	% v. Status	100	91,3	[D.1.755]
55	+ =	GWh/a	38.233	30.724	[53] [54]

S.4. Verbrauch - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

		Status	Ziel			
57	=	Bedarfsniveau (Wohnfläche/Wirtschaftl.Entw.)	GWh/a	116.892	109.405	[55] + [50]
58	*	davon Raumwärme	%	85,3	85,3	[D.1.761]
59	=		GWh/a	99.667	93.283	[57] [58]
60		Spez.Raumwärmebed.Status/Saniert	kWh/qm/a	124,8	45,2	[D.1.766]
61	=	Veränderung zum Status	% v.Status	100	-63,8	[60]
63		Gebäude - Sanierungs-/Ersatzrate	%/a		2,64	[D.1.775]
64		Sanierungszeitraum: 38 Jahre	Kalenderjahr	2012	2050	[D.1.778]
65	*	= Gebäudeanteil mit Ziel-Wärmeschut	% v.Status	0	100,0	[63] [64]
67	*	= Raumwärmebedarf Veränderung	% v.Status	0	-63,8	[65] [61]
68	+	= Bedarfsniveau (Sanierung/Ersatz)	GWh/a	99.667	33.785	[59] [60]
70	*	davon Warmwasser	%	14,7	14,7	[D.1.783]
71	=		GWh/a	17.225	16.121	[70]
72	*	Zieleinfluss Anwendungs-/Prozess-Effizienz	%	100	80,0	[D.1.788]
73	+	=	GWh/a	17.225	12.897	[71] [72]
75	=	Bedarfsniveau (Sanierung, Anwendungseff.)	GWh/a	116.892	46.682	[73] + [68]
76	*	davon Brennstoffe	% v. [75]	78,5	0,0	[D.1.804]
77	=		GWh/a	91.818	0	[75] [76]
78	>	Nutzungsgrad Endanwendung	%	80,0	85,0	[D.1.810]
79	>	Wandlungsverluste Endanwendung	% v. [75]	15,7	0,0	[76] [78]
80	>	Zieleinfluss Wandlungsverluste (+/-)	% v. [75]	0,0	-15,7	[79]
81	=	Endbedarf mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	91.818	0	[77] [80]
83	*	davon Wärme (30-100°C,verlustarm nutzbar)	% v. [75]	16,9	75,9	[D.1.798]
84	=	Endbedarf mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	19.786	29.860	[75] [83] [80]
86	*	davon Strom (verlustarm nutzbar)	% v. [75]	4,5	20,3	[D.1.793]
87	=	Endbedarf mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	5.288	9.489	[75] [80] [81] [84]
89		davon für Wärmepumpen	%	3	100	[89] [87]
89			GWh/a	133	9.489	[D.1.519]
91		Endenergieverbrauch GW gesamt	GWh/a	116.892	39.349	[87] [84] [81]
92						
93		Prozesswärme (PW)				
94		Bedarfsniveau (statisch)	GWh/a	69.342	61.059	[3.24]
95	*	davon Haushalte	%	7,5	7,5	[D.1.817]
96	=		GWh/a	5.218	4.594	[94] [95]
97	*	Zieleinfluss Endanwendungs-Effizienz	%	100	90,0	[D.1.822]
98	=		GWh/a	5.218	4.135	[96] [97]
100	*	davon Industrie + Gewerbeant.GHD	%	92,5	92,5	[D.1.827]
101	=		GWh/a	64.125	56.464	[94] [100]
102	*	Zieleinfluss Materialdurchsatz/Pers.	%	100	124,1	[D.1.832][16]
103	=		GWh/a	64.125	70.063	[101] [102]
104	*	Zieleinfluss Prozess-Effizienz	%	100	80,0	[D.1.837]
105	=		GWh/a	64.125	56.050	[103] [104]
107		Bedarfsniveau (Prod.-Vol., Proz.-Effiz.)	GWh/a	69.342	60.185	[105] + [98]
108	*	davon Brennstoffe	% v. [107]	72,7	82,8	[D.1.846]
109	=		GWh/a	50.401	49.833	[107] [108]
110	>	Nutzungsgrad Endanwendung	%	70,0	80,0	[D.1.851]
111	>	Wandlungsverluste Endanwendung	% v. [107]	21,8	16,6	[108] [110]
112	>	Zieleinfluss Wandlungsverluste (+/-)	% v. [107]	0,0	-5,2	[111]
113	=	Endverbrauch mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	50.401	47.219	[109] [112]

S.4. Verbrauch - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)			Status	Ziel	
115	* davon Wärme (>100°C,verlustarm nutzbar)	% v. [107]	11,0	0,0	[D.1.856]
116	= Endverbrauch mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	7.617	0	[107] [115]
117	* davon Strom (verlustarm nutzbar)	% v. [107]	16,3	16,3	[D.1.861]
118	= Endverbrauch mit Zieleinfl.Wandl.verl.	GWh/a	11.324	9.809	[107] [112] [113] [114]
120	Endenergieverbrauch PW gesamt	GWh/a	69.342	57.028	[113] [116] [118]
121					
122	Mobile Anwendungen (MA)				
123	MA am Boden (Straße, Schiene, Schifffahrt, Maschinen)				
124	Bedarfsniveau (statisch)	GWh/a	89.597	78.894	[3.32]
125	* davon Personenverkehr (PVk)	%	68,1	68,1	[D.1.870]
126	* Zieleinfluss Pers.-Verkehrsleist./Pers.	%	100	99,3	[D.1.876]
127	= Bedarfsniveau PVk (nach Entwicklung)	GWh/a	61.039	53.371	[124] [125] [126]
128	* Anteil Elektrotraktion an Endverbr. PVk	%	2,3	85,0	[D.1.882]
129	Zieleinfluss 100% Elektrotraktion (+/-)	%	0	-65,8	[D.1.891]
130	* = Zieleinfluss Elektrotraktion real (+/-)	%	0	-54,4	[128] [129]
131	= Stromverbrauch PVk	GWh/a	1.404	16.323	[127] [128] [130]
133	* Anteil Kraftstofftrakt.an Endverbr.PVk	%	97,7	15,0	100 - [128]
134	= Bedarfsniveau Kraftstoff PVk	GWh/a	59.635	8.006	[127] [133]
135	* Zieleinfluss Fahrzeugeffizienz	%	100	88,6	[D.1.898]
136	= Kraftstoffverbrauch PVk	GWh/a	59.635	7.093	[133] [135]
138	* davon Güterverkehr u. a. (GVk)	%	31,9	31,9	100 - [133]
139	* Zieleinfluss Güterverk.-Leistung/Pers.	%	100	158,0	[D.1.904]
140	= Bedarfsniveau GVk (nach Entwicklung)	GWh/a	28.558	39.732	[138] [139]
141	* Anteil Elektrotraktion an Endverbr. GVk	%	1,6	85,0	[D.1.910]
142	Zieleinfluss 100% Elektrotraktion (+/-)	%	0	-64,4	[D.1.919]
143	* = Zieleinfluss Elektrotraktion real (+/-)	%	0	-53,7	[141] [142]
144	= Stromverbrauch GVk	GWh/a	457	12.432	[140] [141] [143]
146	* Anteil Kraftstofftrakt.an Endverbr.GVk	%	98,4	15,0	100 - [141]
147	= Bedarfsniveau Kraftstoff GVk	GWh/a	28.101	5.960	[140] [146]
148	* Zieleinfluss Fahrzeugeffizienz	%	100	88,6	[D.1.926]
149	= Kraftstoffverbrauch GVk	GWh/a	28.101	5.280	[147] [148]
151	MA Luftverkehr				
152	Bedarfsniveau (statisch)	GWh/a	14.208	12.511	[3.37]
153	* Zieleinfluss Luftverk.-Leistung/Person	%	100	99,3	[D.1.933]
154	= Bedarfsniv. Luftverk. (nach Entwicklung)	GWh/a	14.208	12.423	[152] [153]
155	* Zieleinfluss Luftverkehrs-Effizienz	%	100	71,9	[D.1.938]
156	= Kraftstoffverbrauch Luftverkehr	GWh/a	14.208	8.932	[154] [155]
158	Endenergieverbrauch MA gesamt	GWh/a	103.805	50.061	[109] [111] [122]
159	davon Kraftstoffe	GWh/a	101.944	21.306	[136] [149] [156]
160	davon mindestens flüssig (Luftverk.)	GWh/a	14.208	8.932	[156]
161	davon Strom	GWh/a	1.861	28.755	[131] [144]
163	Strom-Endverbrauch insgesamt	GWh/a	68.889	89.246	[42] [87] [118] [158]
165	Endenergieverbrauch insgesamt	GWh/a	340.456	187.631	[45] [121] [161]

S.5. Bilanz - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

Status-Bilanz Endenergie: Erneuerbar + Fossil (Aktiva) = Verbrauch (Passiva)

Angaben in GWh		Anwendung				insgesamt
		Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme	Prozess- wärme	Mobile Anwend.	
Verbrauch Strom		50.417	5.288	11.324	2.200	69.228
erneuerbar		17.295	1.814	3.884	638	23.631
fossil/atomar		33.122	3.474	7.439	1.561	45.597
Verbr.Brennst.gasf.			53.398	30.687	865	84.950
erneuerbar			0	0	107	107
fossil			53.398	30.687	758	84.842
Verbr.Brennst.flüssig			25.647	3.581	100.741	129.969
erneuerbar			0	0	4.296	4.296
fossil			25.647	3.581	96.444	125.672
Verbr.Brennst.fest			12.773	16.133		28.907
erneuerbar			6.924	2.124		9.048
fossil			5.849	14.010		19.859
Verbrauch Wärme			19.786	7.617		27.403
erneuerbar			930			930
Abwärme			5.075	7.617		12.692
fossil			3.650			3.650
Verbrauch gesamt		50.417	116.892	69.342	103.805	340.456
erneuerbar		17.295	14.742	6.008	5.042	43.087
fossil		33.122	102.149	63.334	98.763	297.369

Fossil/atomar ist der Teil des verursachten Endenergieverbrauches zu decken, der nicht aus erneuerbaren Quellen gedeckt ist:

Fossil/atomar = Verbrauch - erneuerbar

Fossile Wärme aufgeteilt gemäß Deutschem Mittel: 99,4 PJ von Fernheizwerken [BS.4.112] zu 275,9 PJ Abwärme von Heizkraftwerken [BS.4.114].

Endenergie: Fossiler Brennstoffmix

Anteil an jew. Brennstoffsumme in %	Gebäudewärme		Prozesswärme		Mobile Anwend.	
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel
Brennstoffe gasförmig	62,9	100,0	63,6	100,0	0,8	0,8
Brennstoffe flüssig	30,2	0,0	7,4	0,0	99,2	99,2
Brennstoffe fest	6,9	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0

Gelbe Felder: Zielansatz für den Brennstoffmix (bei 100%EE nicht relevant)

Endenergie: Fossile Wärme

Anteil an jew. Wärmesumme in %	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	Status	Ziel	Status	Ziel
Abwärme	73,5	73,5	100,0	100,0
Fernheizwerk	26,5	26,5		

Gelbes Felde: Zielansatz für den Anteil Fernheizwerke an fossiler Wärmeversorgung (bei 100%EE nicht relevant)

S.5. Bilanz - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

4
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68

Ziel-Bilanz Endenergie: Erneuerbar + Fossil (Aktiva) = Verbrauch (Passiva)

Angaben in GWh		Anwendung			insgesamt	[28]	
		Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme	Prozess- wärme			Mobile Anwend.
Endenergieträger	Verbrauch Strom	41.194	9.489	9.809	28.755	89.246	[4.42] [4.87] [4.118] [4.161]
	erneuerbar*	38.462	8.860	9.158	26.848	83.328	[2.229] [2.238] [2.247] [2.254]
	fossil/atomar	2.732	629	650	1.907	5.918	= [51] - [52]
	Verbr.Brennst.ges.		0	47.219	21.306	68.525	[4.77] [4.113] [4.159]
	erneuerbar*		0	23.964	11.958	35.922	[2.232] [2.241] [2.250]
	fossil		0	23.255	9.348	32.603	= [54] - [55]
	davon gasf.		0	23.255	73	23.328	[56] [35]
	davon flüss.		0	0	9.275	9.275	[56] [36]
	davon fest		0	0	0	0	[56] [37]
	Verbrauch Wärme		29.860	0		29.860	[4.84] [4.116]
erneuerbar*		29.865	0		29.865	[2.237] [2.246]	
Abwärme*		423	0		423	[2.] [2.125] [2.142] [2.208]	
fossil		0			0	[61] [62] [63] [64]	
Verbrauch gesamt	41.194	39.349	57.028	50.061	187.631	[51] ... [60]	
erneuerbar*	38.462	39.149	33.122	38.806	149.539	[52] ... [63]	
fossil	2.732	629	23.906	11.255	38.521	[53] ... [63]	
erneuerbar+Abw.+fossil	41.194	39.778	57.028	50.061	188.060		

*) Deckungsanteile erneuerbar und Abwärme können den Verbrauch übersteigen.

S.6. Fossile - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

5 Strom fossil/atomar

Strom-Endverbrauch > Bruttostromverbr.	(%)		(GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch			45.597	5.918	[5.11] [5.53]
+ Leitungsverluste	5,5	5,5	2.503	325	[8.22]
+ Verbr.Umwandl.ber.	2,5	2,5	1.203	156	[8.23]
= Bruttostromverbrauch			49.303	6.399	

Bruttostromverbr. > Primärenergie-V.	Mix-Anteil (%)		Bruttostromverbr. (GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Bruttostromverbrauch	100,0	100,0	49.303	6.399					[11]
Braunkohle-Verbrauch	33,4		16.459	0	34,8	34,8	47.254	0	[8.12]
Steinkohle-Verbrauch	24,2		11.922	0	34,9	34,9	34.204	0	[8.13]
Kernenergie-Verbrauch	20,7		10.191	0	30,5	30,5	33.443	0	[8.14]
Naturgase-Verbrauch	15,9	100,0	7.825	6.399	37,1	37,1	21.118	17.271	[8.15]
Erdöl-Verbrauch	1,6		778	0	44,4	44,4	1.751	0	[8.16]
Abfall u.sonst.	4,3		2.128	0	27,7	27,7	7.687	0	[8.17]

24 Brennstoffe fossil gasförmig

Endverbrauch > Primärenergie-V.	(%)		(GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch			84.842	23.328					[5.14] [5.57]
+ Leit./Fackelverluste	0,9	0,9	749	206					[8.29]
+ Verbr.Umwandl.ber.	3,8	3,8	3.237	890					[8.30]
= Naturgase-Verbrauch			88.829	24.424	100,0	100,0	88.829	24.424	[8.31]

33 Brennstoffe fossil flüssig

Endverbrauch > Primärenergie-V.	(%)		(GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch			125.672	9.275					[5.17] [5.58]
Leit./Fackelverluste	0,0	0,0	0	0					[8.37] [8.38]
Verbr.Umwandl.ber.	2,8	2,8	3.576	264					[8.39]
Erdöl-Verbrauch			129.248	9.539	82,8	82,8	156.035	11.516	[8.40]

42 Brennstoffe fossil fest

Gebäudewärme	(%)		(GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch	100,0	100,0	5.849	0	[5.20] [5.59]
davon Steinkohle	42,2	42,2	2.470	0	[8.45]
davon Braunkohle	57,8	57,8	3.379	0	[8.45]
Prozesswärme					
Endverbrauch	100	100	14.010	0	[5.24] [5.59]
davon Steinkohle	81,9	81,9	11.475	0	[8.46]
davon Braunkohle	18,1	18,1	2.535	0	[8.46]

Endverbrauch > Primärenergie-V.	(%)		(GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbr.Steinkohle			13.945	0					[46] [50]
Verbr.Umwandl.b.	0,7	0,7	102	0					[8.51]
Steinkohle-Verbrauch			14.047	0	97,7	97,7	14.375	0	[8.52]
Endverbr.Braunkohle			5.914	0					[47] [51]
Verbr.Umwandl.b.	11,2	11,2	661	0					[8.51]
Braunkohle-Verbrauch			6.575	0	100,0	100,0	6.575	0	[8.52]

S.6. Fossile - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

62

63

Wärme fossil

64

Wärmeendverbr. >Bruttowärmeverbr.	(%)		(GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	
Endverbrauch			3.650	0	[5.24] [5.63]
+ Leitungsverluste	9,4	9,4	345	0	[8.65]
+ Verbr.Umwandl.ber.	9,9	9,9	395	0	[8.66]
= Bruttowärmeverbrauch			4.390	0	

69

70

71

72

73

Bruttowärmeverbr. > Primärenergie-V.	Mix-Anteil (%)		Bruttowärmeverbr. (GWh/a)		Jahresnutz.grad (%)		Primärenergie-V. (GWh/a)		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Bruttowärmeverbrauch			4.390	0					[69]
Braunkohle	1,8		80	0	71,4	71,4	112	0	[8.58] [8.67]
Steinkohle	20,7		910	0	71,4	71,4	1.275	0	[8.59] [8.67]
Erdgas	55,5	100,0	2.437	0	71,4	71,4	3.412	0	[8.60] [8.67]
Mineralölprodukte	4,4		194	0	71,4	71,4	272	0	[8.61] [8.67]
nicht erneuerb.Abfälle	17,5		769	0	71,4	71,4	1.077	0	[8.62] [8.67]

74

75

76

77

78

79

80

417.418 53.211

81

82

Primärenergieverbrauch fossil/atomar -

83

Energetisch bedingte Treibhausgasemissionen

84

85

86

	Primärenergie GWh/a [17] ... [79]		Emissionsfaktor t CO ₂ -Äqu./GWh		THG-Emissionen kt CO ₂ -Äquiv./a		
	Status	Ziel	Status	Ziel	Status	Ziel	
Braunkohle	53.940	0	396	396	21.360	0	[8.81]
Steinkohle	49.854	0	342	342	17.050	0	[8.82]
Erdöl	158.058	11.516	263	263	41.538	3.026	[8.83]
Naturgase	113.358	41.695	202	202	22.853	8.406	[8.84]
Abfälle fossil	8.764	0	306	306	2.682	0	[8.85]
Kernenergie	33.443	0	0	0	0	0	
Insgesamt	417.418	53.211			105.483	11.432	

92

93

S.7. Verbrauch Status - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

4			
5	Anzahl Energieverbraucher:	10.734.539	[3.10]
6			

7 Endenergieverbrauch Zielregion Status (2012)

Endenergie in GWh	Anwendung					insgesamt	Nicht-energet.
	Kraft/Licht/IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozesswärme	Mobile Anwend.		
		Raumw.	Warmwas.		Boden+	Luft	
Strom	50.417	5.288		11.324	2.200		69.228
		1.877	3.410		2.200	0	
Brennst.gasförm.	0	53.398		30.687	865		84.950
		45.355	8.043		865	0	3.464
Brennst.flüssig	0	25.647		3.581	100.741		129.969
		22.074	3.573		86.533	14.208	31.798
Brennst.fest	0	12.773		16.133	0		28.907
		12.425	348		0	0	886
Wärme	0	19.786		7.617	0		27.403
		17.936	1.850		0	0	
insgesamt	50.417	116.892		69.342	103.805		340.456
							36.148

Wärme-Endverbrauch Zielregion Status (2012) nach Standardverteilung

Endenergie in GWh	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	fossil	erneuerb.	fossil	erneuerb.
Wärme	19.786		7.617	
Fernheizwerke fossil	3.681		0	
erneuerbar		867	0	0
Fern-HeizKRAFTwerke	10.217	3.231	4.333	0
Nahwärme Abw./erneuerb.	0	1.790	3.285	0

Übernommen aus:

BS.2. Energieverbrauch Deutschland 2012

BS.2.a Endenergie-Verbrauch+ / Einwohner (direkt/indirekt)

Endenergie (kWh)	Anwendung					insgesamt	Nicht-energet.
	Kraft/Licht/IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozesswärme	Mobile Anwend.		
		Raumw.	Warmwas.		Boden+	Luft	
Strom	4.697	493		1.055	205		6.449
		175	318		205	0	
Brennst.gasförm.	0	4.974		2.859	81		7.914
		4.225	749		81	0	323
Brennst.flüssig	0	2.389		334	9.385		12.108
		2.056	333		8.061	1.324	2.962
Brennst.fest	0	1.190		1.503	0		2.693
		1.158	32		0	0	83
Wärme	0	1.843		710	0		2.553
		1.671	172		0	0	
insgesamt	4.697	10.889		6.460	9.670		31.716
							3.367

BS.2.b Wärme-Endverbrauch pro Einwohner nach Quellen

Endenergie in kWh	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	fossil	erneuerb.	fossil	erneuerb.
Wärme	1.843		710	
Fernheizwerke fossil	343		0	
erneuerbar		81	0	0
Fern-HeizKRAFTwerke	952	301	404	0
Nahwärme Abw./erneuerb.	-	167	306	0

BS.2.c Jahresnutzungsgrade Endenergie-Anwendung im Wärmebereich

Jahresnutzungsgrad in %	Gebäudewärme	Prozesswärme
Strom	100,0	100,0
Brennst.gasförmig	85,0	90,0
Brennst.flüssig	80,0	85,0
Brennst.fest	75,0	80,0
Wärme-Endverbr.	100,0	100,0

S.8. Kennzahlen Deutschland zum Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53

Übernommen aus:

BS.3. Kennzahlen Energieversorgung Deutschland 2012

BS.3.a Strommix und Jahresnutzungsgrad (JNG) Kraftwerke

	Mix- Anteil (%)	JNG (NV+/UE) (%)	[BS.3.5]
Fossil/atomar	100,0		[BS.3.6]
Braunkohle	33,4	34,8	[BS.3.7]
Steinkohle	24,2	34,9	[BS.3.8]
Kernenergie	20,7	30,5	[BS.3.9]
Naturgase	15,9	37,1	[BS.3.10]
Erdöl	1,6	44,4	[BS.3.11]
Abfall u.sonst.	4,3	27,7	[BS.3.12]

BS.3.b Strom: Leitungsverluste / Verbrauch im Umwandlungsbereich

	(%)	[BS.3.17]
Leitungsverluste LV/EV	5,5	[BS.3.18]
Verbr.im Umwandlungsbereich (V VU/NV	2,5	[BS.3.19]

BS.3.d Gasversorgung

	(%)	[BS.3.23]
Leitungsverluste LV/EV+	0,0	[BS.3.24]
Fackelverluste FV/NV.fos	0,9	[BS.3.25]
Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	3,8	[BS.3.26]
Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+/PEV	100,00	[BS.3.27]

BS.3.e Mineralölversorgung

	(%)	[BS.3.32]
Leitungsverluste LV/EV+	0,0	[BS.3.33]
Fackelverluste FV/NV.fos	0,0	[BS.3.34]
Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	2,8	[BS.3.35]
Jahresnutzungsgrad Umwandl. NE/UE	82,83	[BS.3.36]

BS.3.c Braun-/Steinkohleversorgung

	Braunk.	Steink.	[BS.3.40]
Kohle-Mix			[BS.3.41]
Gebäudewärme (%)	57,8	42,2	[BS.3.42]
Prozesswärme (%)	18,09	81,9	[BS.3.43]
Umwandlung (%):	Braunk.	Steink.	[BS.3.44]
Leitungsverluste LV/EV+	0,0	0,0	[BS.3.45]
Fackelverluste FV/NV.fos	0,0	0,0	[BS.3.46]
Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	11,2	0,7	[BS.3.47]
Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+/PEV	100,00	97,72	[BS.3.48]

S.8. Kennzahlen Deutschland zum Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

4

54

55 **BS.3.f Fernheizwerke: Fossiler Brennstoffmix**

56	Mix fossiler Brennstoffe:	(%)	[BS.3.52]
57	Fossile	100,0	[BS.3.53]
58	Braunkohle	1,8	[BS.3.54]
59	Steinkohle	20,7	[BS.3.55]
60	Erdgas	55,5	[BS.3.56]
61	Mineralölprodukte	4,4	[BS.3.57]
62	nicht erneuerb.Abfälle	17,5	[BS.3.58]

63

64	Umwandlung:	(%)	[BS.3.60]
65	Leitungsverluste LV/EV	9,4	[BS.3.61]
66	Verbr.im Umwandlungsbereich VU/NV.fos	9,9	[BS.3.62]
67	Jahresnutzungsgrad Umwandl. NV+.fos/UE.fos	71,4	[BS.3.63]

68

69

70 **BS.3.g Brennstoff-Endverbrauch: Fossiler Brennstoffmix**

71	Mix fossiler Brennstoffe (%):	GW	PW	[BS.3.67]
72	Fossile	100,0	100,0	[BS.3.68]
73	Braunkohle	2,0	5,0	[BS.3.69]
74	Steinkohle	1,5	22,8	[BS.3.70]
75	Erdgas	65,2	64,6	[BS.3.71]
76	Mineralölprodukte	31,3	7,5	[BS.3.72]

77

78

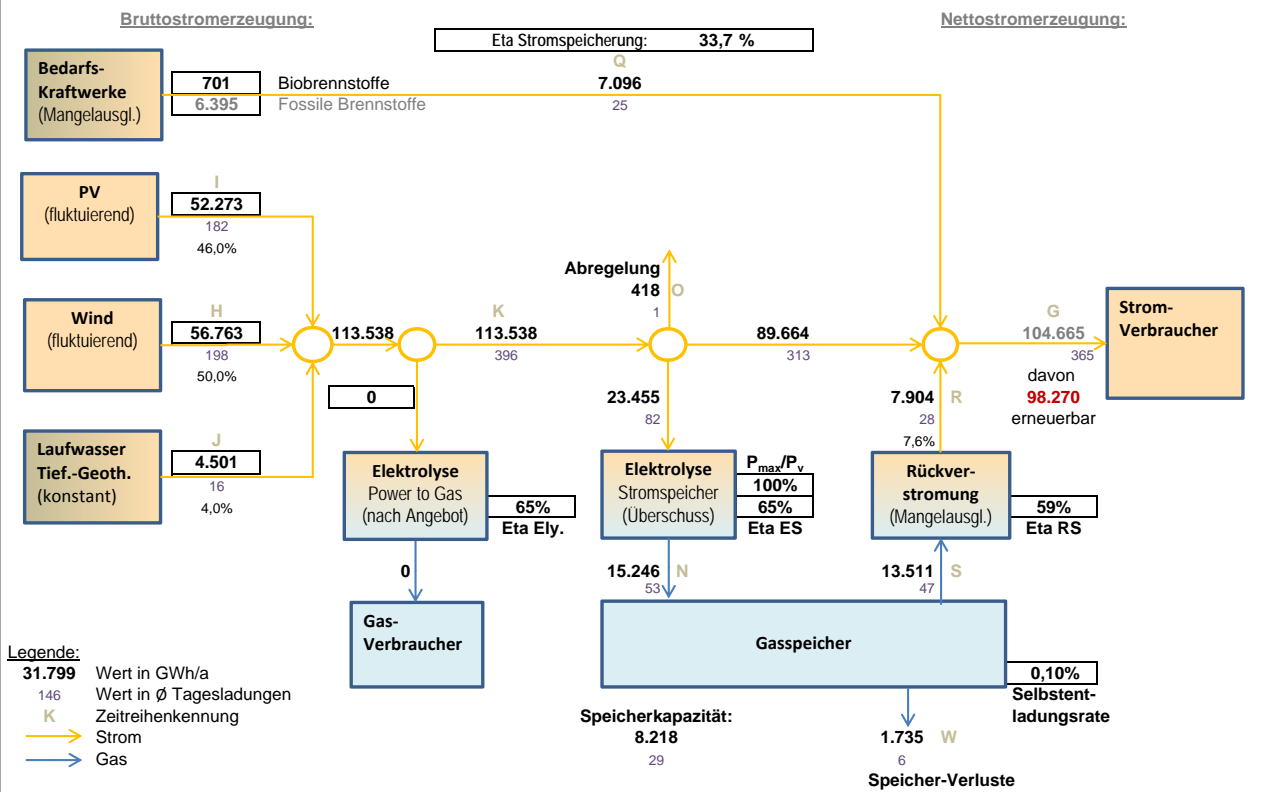
79 **BS.3.h Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren** [BS.3.75]

80		t CO ₂ -Äqu./TJ	t CO ₂ -Äqu./GWh	[BS.3.76]
81	Braunkohle	110	396	[BS.3.77]
82	Steinkohle	95	342	[BS.3.78]
83	Mineralöle	73	263	[BS.3.79]
84	Gase	56	202	[BS.3.80]
85	Abfall	85	306	[BS.3.81]

WS.1.Jahresbilanz_Strom - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t): Jahresbilanz Strom (Ziel)

Verwendete Zeitreihen: Anlagenpark Deutschland 2012 [EEX]



2015-08-28 16:12:17

100prosim WS 150417

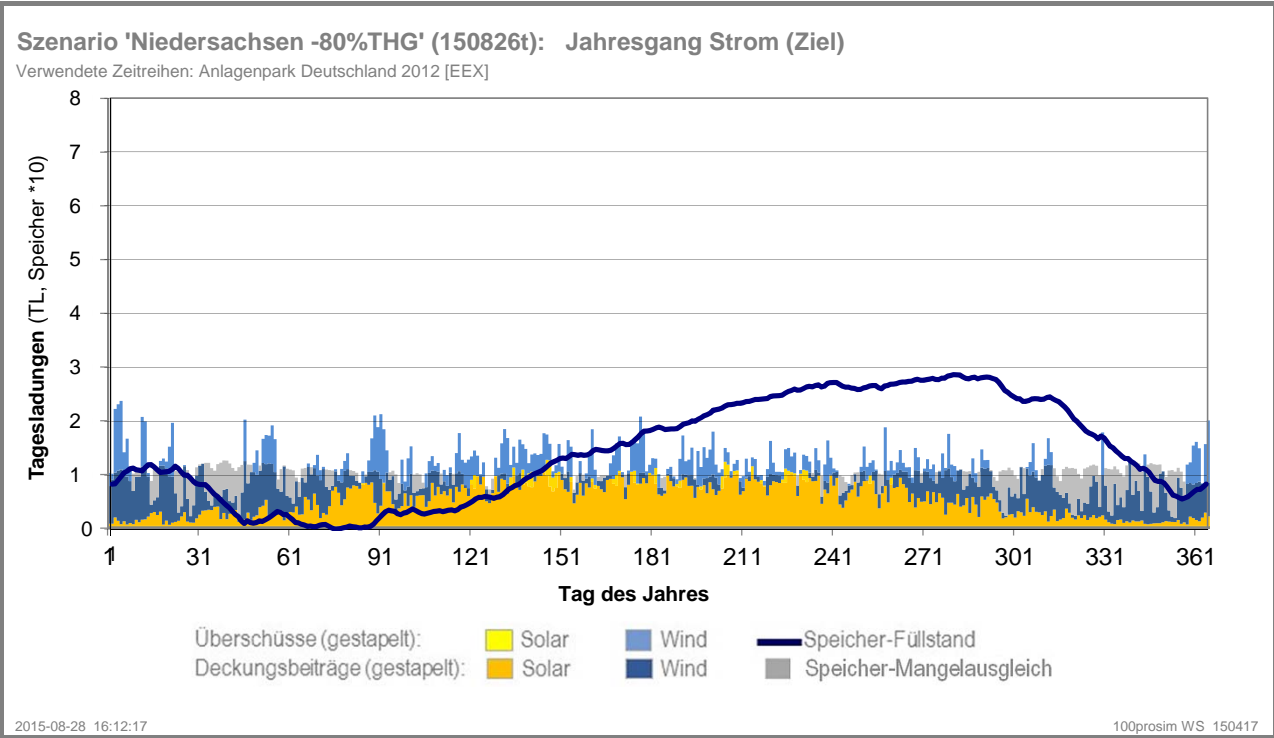
Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t): Parameter-Vorlagen

Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Ziel-Input von 100prosim	
Wert	Einheit	Kennung	Titel
89.246	GWh/a	(G)	Jährlicher Strombedarf
52.273	GWh/a	I	Jährl. Stromerzeugung PV (fluktuierend)
56.763	GWh/a	H	Jährl. Stromerzeugung Windenergie (fluktuierend)
701	GWh/a	Q	Jährl. Stromerzeugung aus Biomasse (Beitrag zum Mangelausgleich)
4.501	GWh/a	J	Jährl. Stromerzeugung Wasserkraft + Tiefen-Geothermie (Grundlast)
0	GWh/a		Jährl. Beitrag aus fossilen Kraftwerken (Mangelausgleich)
Wasserstoffherzeugung:			
0	GWh/a		Jährl. Stromeinsatz für Wasserstoffherzeugung (Brennst., Kraftst., Grundstoff)
65	%	Eta Ely	Jahresnutzungsgrad Wasserelektrolyse
Stromspeicherung:			
100	%	P _{max} /P _v	Maximale Tages-Elektrolyseleistung relativ zu durchschn. Tagesverbrauch
65	%	Eta ES	Jahres-Nutzungsgrad Wasser-Elektrolyse+Gaseinspeicherung (+ggf. Methanisierung)
0,1	%/L/d		Tägliche Gasspeicher-Selbstendladungsrate in % pro Ladezustand
58,5	%	Eta RS	Jahres-Nutzungsgrad Gas-Rückverstromung
0,00349	TL/(GWh/a)		Faktor Eingabe-Einheit > Tagesladung

2015-08-28 16:12:17

100prosim WS 150417

WS.2. Jahrgang Strom - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)



WT.10. Wertetabelle EEV Quell. THG - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

		2012	2020	2030	2040	2050	Ziel 100%EE
5	Endenergieverbrauch nach Quellen und Treibhausgasemissionen						
6							
7	Endenergieverbrauch gesamt	[10] [12] [14] [16] [18]		Linear interpoliert		[10] [12] [14] [16] [18]	[WT.8.8]
8	(TWh/a)	340,5	308,3	268,1	227,9	187,6	181,9
9	Wind	[37]		Linear interpoliert		[82]	[WT.8.10]
10	(TWh/a)	12,1	18,6	26,7	34,8	42,9	54,5
11	Photovoltaik	[34]		Linear interpoliert		[79]	[WT.8.12]
12	(TWh/a)	2,8	10,5	20,2	29,8	39,5	65,7
13	Biomasse	[43]		Linear interpoliert		[92]	[WT.8.14]
14	(TWh/a)	25,9	28,4	31,5	34,6	37,8	35,3
15	Sonstige Erneuerbare Energien	[60] [63] [64] [67]		Linear interpoliert		[109] [112] [113] [116]	[WT.8.16]
16	(TWh/a)	1,1	7,0	14,3	21,6	29,0	26,4
17	Fossile und nukleare Energiequellen	[40]		Linear interpoliert		[85]	[WT.8.18]
18	(TWh/a)	298,6	243,8	175,4	107,0	38,5	0,0
19	Treibhausgasemissionen gesamt	[22] [24]		Linear interpoliert		[22] [24]	[WT.8.20]
20	(Mio. t CO ₂ -Äq./a)	125,8	106,3	82,0	57,7	33,4	17,2
21	Energetische THG-Emissionen	[S.6.93]		Linear interpoliert		[Anhang C, Abb. 1]	[WT.8.22]
22	(Mio. t CO ₂ -Äq./a)	105,5	86,7	63,2	39,7	16,1	0,0
23	Nichtenergetische THG-Emissionen	[Anhang C, Tabelle 9]		Linear interpoliert		[Anhang C, Abb. 1]	[WT.8.24]
24	(Mio. t CO ₂ -Äq./a)	20,3	19,7	18,9	18,0	17,2	17,2

WT.10. Wertetabelle EEV Quell. THG - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

26	Statusjahr 2012	Bruttostromerz.		Endenergiebereitstellung		
		27	TWh/a [68]	27	TWh/a	%
28	Endenergiebereitstellung gesamt:			340,5	[34] [37] [40] [43] [60] [63]	100,0
29	Strom erneuerbar insgesamt	24,9	[S.2.186]	23,6	[S.2.219]	6,9
30	+Wasserstoff aus Strom für Prozesswärme			0,0	[S.2.193]	0,0
31	+Flüssigkraftstoff aus Strom für Mobile Anwendungen			0,0	[S.2.197]	0,0
32	+Abwärme aus Wasserstoff-Rückerverstromung			0,0	[S.2.209]	0,0
33	=Strom+Wandlungsprodukte aus Strom erneuerbar gesamt			23,6	[29] ...[32]	6,9
34	Photovoltaik ges.	3,0		2,8	[35] ...[36]	0,8
35	davon Dachflächen	2,1	[S.2.15]	2,0	[35] [33]	0,6
36	davon Freiflächen	0,8	[S.2.22]	0,8	[36] [33]	0,2
37	Windenergie	12,7		12,1	[38] ...[39]	3,5
38	davon Onshore	12,6	[S.2.32]	12,0	[38] [33]	3,5
39	davon Offshore	0,1	[S.2.40]	0,1	[39] [33]	0,0
40	Fossile / Nukleare Energiequellen			298,6	[41] [42]	87,7
41	Endenergieverbrauch gesamt			340,5	[S.4.165]	100,0
42	Anteil Erneuerbare an Endenergieverbrauch			41,9	[34] [37] [43] [60] [63] [64]	12,3
43	Biomasse gesamt			25,9	[44] ...[59]	7,6
44	davon fest, Gebäudewärme			6,9	[S.2.79]	2,0
45	davon fest, Prozesswärme			2,1	[S.2.81]	0,6
46	davon fest, verstromt	1,3	[S.2.85]	1,3	[46] [33]	0,4
47	davon fest, Fernwärme Heizkraftwerke			0,8	[S.2.87]	0,2
48	davon fest, Fernwärme Heizwerke			0,0	[S.2.91]	0,0
49	davon Abfall, verstromt	0,7	[S.2.94]	0,7	[49] [33]	0,2
50	davon Abfall, Fernwärme Heizkraftwerke			1,3	[S.2.95]	0,4
51	davon Biogase, PW			0,0	[S.2.106]	0,0
52	davon Biogase, verstromt	6,9	[S.2.110]	6,5	[52] [33]	1,9
53	davon Biogase, Nahwärme Heizkraftwerke			3,0	[S.2.112]	0,9
54	davon Biogase, Kraftstoff Mobile Anwendungen			0,1	[S.2.116]	0,0
55	davon Biogase, Flüssigkraftst. Mobile Anwendungen			0,0	[S.2.120]	0,0
56	davon Pflanzenöl, Kraftst. Mobile Anwendungen			3,1	[S.2.131]	0,9
57	davon Pflanzenöl, verstromt	0,1	[S.2.135]	0,1	[57] [33]	0,0
58	davon Pflanzenöl, Nahwärme Heizkraftwerke			0,1	[S.2.137]	0,0
59	davon Bioethanol, Kraftst. Mobile Anwendungen			1,2	[S.2.145]	0,3
60	Tiefengeothermie			0,0	[61] ...[62]	0,0
61	davon verstromt	0,0	[S.2.168]	0,0	[61] [33]	0,0
62	davon Fernwärme Heizkraftwerke			0,0	[S.2.178]	0,0
63	Solarthermie			0,6	[S.2.10]	0,2
64	Umgebungswärme			0,3	[65] ...[66]	0,1
65	davon Luftgekoppelt			0,1	[S.2.153]	0,0
66	davon Erdgekoppelt			0,2	[S.2.159]	0,1
67	Laufwasser	0,3	[S.2.46]	0,2	[67] [33]	0,1

68 Der Strombeitrag zur Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen wird gebildet aus der jeweiligen Bruttostromerzeugung

69 über das Verhältnis von Endenergiebereitstellung aus erneuerbarem Strom insgesamt [33] zur Bruttostromerzeugung erneuerbar insgesamt [29].

WT.10. Wertetabelle EEV Quell. THG - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

71	Zieljahr 2050	Bruttostromerz.	Endenergiebereitstellung	
72		TWh/a [117]	TWh/a	%
73	Endenergiebereitstellung gesamt:		149,1 [79] [82] [92] [109] [112] [113]	100,0
74	Strom erneuerbar insgesamt	114,2 [S.2.186]	83,3 [S.2.219]	55,9
75	+Wasserstoff aus Strom für Prozesswärme		0,0 [S.2.193]	0,0
76	+Flüssigkraftstoff aus Strom für Mobile Anwendungen		0,0 [S.2.197]	0,0
77	+Abwärme aus Wasserstoff-Rückerverstromung		3,0 [S.2.209]	2,0
78	=Strom+Wandlungsprodukte aus Strom erneuerbar gesamt		86,3 [74] ...[77]	57,9
79	Photovoltaik ges.	52,3	39,5 [80] ...[81]	26,5
80	davon Dachflächen	51,1 [S.2.15]	38,6 [80] [78]	25,9
81	davon Freiflächen	1,1 [S.2.22]	0,9 [81] [78]	0,6
82	Windenergie	56,8	42,9 [83] ...[84]	28,8
83	davon Onshore	41,8 [S.2.32]	31,6 [83] [78]	21,2
84	davon Offshore	15,0 [S.2.40]	11,3 [84] [78]	7,6
85	Fossile / Nukleare Energiequellen		38,5 [86] ...[91]	25,8
86	davon verstromt		5,9 [S.5.53]	4,0
87	davon Brennstoffe gasförmig		23,3 [S.5.57]	15,6
88	davon Brennstoffe flüssig		9,3 [S.5.58]	6,2
89	davon Steinkohle		0,0 [S.6.56]	0,0
90	davon Braunkohle		0,0 [S.6.59]	0,0
91	davon Fernwärme Heizwerke		0,0 [S.6.66]	0,0
92	Biomasse gesamt		37,8 [93] ...[108]	25,3
93	davon fest, Gebäudewärme		0,0 [S.2.79]	0,0
94	davon fest, Prozesswärme		17,0 [S.2.81]	11,4
95	davon fest, verstromt	0,0 [S.2.85]	0,0 [95] [78]	0,0
96	davon fest, Fernwärme Heizkraftwerke		0,0 [S.2.87]	0,0
97	davon fest, Fernwärme Heizwerke		0,0 [S.2.91]	0,0
98	davon Abfall, verstromt	0,7 [S.2.94]	0,5 [98] [78]	0,4
99	davon Abfall, Fernwärme Heizkraftwerke		1,3 [S.2.95]	0,9
100	davon Biogase, PW		7,0 [S.2.106]	4,7
101	davon Biogase, verstromt	0,0 [S.2.110]	0,0 [101] [78] [74]	0,0
102	davon Biogase, Nahwärme Heizkraftwerke		0,0 [S.2.112]	0,0
103	davon Biogase, Kraftstoff Mobile Anwendungen		11,4 [S.2.116]	7,7
104	davon Biogase, Flüssigkraftst. Mobile Anwendungen		0,0 [S.2.120]	0,0
105	davon Pflanzenöl, Kraftst. Mobile Anwendungen		0,5 [S.2.131]	0,3
106	davon Pflanzenöl, verstromt	0,0 [S.2.135]	0,0 [106] [78] [74]	0,0
107	davon Pflanzenöl, Nahwärme Heizkraftwerke		0,0 [S.2.137]	0,0
108	davon Bioethanol, Kraftst. Mobile Anwendungen		0,0 [S.2.145]	0,0
109	Tiefengeothermie		3,2 [110]	2,2
110	davon verstromt	4,3 [S.2.168]	3,2 [110] [78]	2,2
111	davon Fernwärme Heizkraftwerke		0,0 [S.2.178]	0,0
112	Solarthermie		0,8 [S.2.10]	0,6
113	Umgebungswärme		24,7 [114]	16,6
114	davon Luftgekoppelt		15,7 [S.2.153]	10,5
115	davon Erdgekoppelt		9,0 [S.2.159]	6,1
116	Laufwasser	0,3 [S.2.46]	0,2 [116] [78] [74]	0,1

117 Der Strombeitrag zur Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen wird gebildet aus der jeweiligen Bruttostromerzeugung

118 über das Verhältnis von Endenergiebereitstellung aus erneuerbarem Strom insgesamt [78] zur Bruttostromerzeugung erneuerbar insgesamt [74].

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
5	Szenario-Grunddaten				5
7	Zielregion / Szenario		Niedersachsen -80%THG		7
10	Regions-Kennung		Nds.		10
13	Modell-Version		150826t		13
14	<i>Szenariovariante '80% Treibhausgasminderung' für den 2. Runden Tisch Energiewende. Finale Version vom 26.08.2015. Edition vom 12.01.2016. Alle diejenigen -80%THG-Etappenzielansätze, die sich vom jeweiligen Zielansatz für den Endausbau im 100%EE-Basiszenario (150826) unterscheiden, sind ergänzend beschrieben (Kennung 'ETAPPE -80%THG'). Die ursprüngliche Ansatzbeschreibung aus dem Basiszenario folgt zum Vergleich (Kennung 'ENDAUSBAU 100%EE'). Diese Absätze sind kursiv gesetzt, die Absatznummer der Basisversion rechts in der Spalte "150826" ist rosa hinterlegt.</i>				
16	Autoren		Autorenteam (s. Bericht), vertreten durch		16
18	Autorenteam (s. Bericht) vertreten durch Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich				
20	Simulationssystem* und Datenmodell erstellt durch Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt				
22	100prosim Softwareversion		150805		22
24	*) 100prosim - 100-Prozent-Erneuerbare-Energen-Simulationssystem				
27	Betrachtungszeitpunkte	Jahr:	2012	2050	27
28	- STATUS-Ansatz: Für das Referenzmodell wurde aus Gründen der Datenverfügbarkeit das Jahr 2012 gewählt, für die Folgejahre war die Datenlage zum Entwicklungszeitpunkt noch nicht ausreichend. Bei den erneuerbaren Energien mit zum Teil hoher Ausbaudynamik wurden im Interesse größerer Aktualität soweit möglich Daten aus 2013 verwendet. Geringfügige Inkonsistenzen durch Verwendung von Daten aus zwei aufeinanderfolgenden Jahren wurden dafür in Kauf genommen.				
30	- ZIEL-Ansatz: Es wird die Situation im Jahr 2050 betrachtet, für das der erfolgte Übergang zu einer vollständig auf regenerativen Quellen basierenden, auf lange Sicht aufrecht zu erhaltenden Energieversorgung angenommen wird.				
32	Regions-Grunddaten				32
34	Energieverbrauch ermittelt gemäß:		Solidar-Prinzip		34
35	Nach dem Solidar-Prinzip kann die künftige Gesamtsituation einer postfossilen Energieversorgung gegenüber dem Verursacher-Prinzip [41] realistischer abbildet werden: Damit wird nicht nur der Energieverbrauch gedeckt, der von der Bevölkerung Niedersachsens verursacht wird, sondern auch Bevölkerungsteile benachbarter Ballungszentren mitversorgt, die nicht über ausreichend Flächen für eigene Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen verfügen. Umgekehrt führen die Energie-Exporte zu einer Stärkung der Wirtschaftskraft Niedersachsens.				
37	Energieverbraucher (nach Solidar-Prinzip)	%	10.734.539	9.452.211	37
40	Einwohner =Energieverbraucher nach Verursacher-Prinzip	%	7.778.995	6.838.500	40
41	Beim Verursacher-Prinzip wird der von der Bevölkerung Niedersachsens direkt und indirekt verursachte Energieverbrauch jeweils aus dem Deutschen Pro-Kopf-Verbrauch und der Bevölkerungszahl der Region errechnet. Damit können beispielsweise Verzerrungen durch die räumliche Verteilung von energieintensiver Industrie vermieden werden, wie sie bei der Erfassung des tatsächlichen Energieverbrauchs (Territorial-Prinzip) auftreten. Auf diese Weise bildet vielmehr das deutsche Verbrauchsniveau als Voraussetzung für den erreichten Lebensstandard einen stabilen Maßstab für die Bewertung der Ziel-Situation. Das Solidar-Prinzip [50] ist allerdings vorzuziehen, um auch dem Austausch zwischen ländlichen Regionen und Ballungsgebieten gerecht zu werden.				
43	- STATUS-Ansatz: GENESIS [9.172], Tabelle 173-21-5, Einwohner gesamt am 31.12.2012.				

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
45 - ZIEL-Ansatz: Orientiert am Mittel der Schätzungen für die Bevölkerungsentwicklung in Niedersachsen bis 2050 [46] von -12,1 %, die nur wenig von der Schätzung für Deutschland [62] von -11,9 % abweicht. Dies wirkt sich als erhebliche Entlastung beim verursachten Energieverbrauch aus. Allerdings birgt das starke globale Bevölkerungswachstum von prognostizierten 38,0 % [47] erhebliche Unsicherheiten, weil der daraus resultierende Migrationsdruck schwer einschätzbar ist.				45
46 Für Niedersachsen 2050 werden gemäß Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes [9.175] folgende Bevölkerungszahlen geschätzt: 7.045.000 (Obergrenze), 6.632.000 (Untergrenze). Der Mittelwert beträgt 6.838.500 entsprechend einer Bevölkerungsentwicklung gegenüber dem Status [40] von -12,1% .				46
47 Gemäß Prognose der UN [9.186] wird eine Zunahme der Weltbevölkerung von 6,9 Milliarden (2010) auf 9,6 Milliarden geschätzt, entsprechend einem Zuwachs von 38,0% .				47
Energieverbraucher nach Solidar-Prinzip	%	10.734.539 [52]	9.452.211 [56]	49
50 Nach dem Solidar-Prinzip kann die künftige Gesamtsituation einer postfossilen Energieversorgung gegenüber dem Verursacher-Prinzip [41] realistischer abbildet werden: Damit wird nicht nur der Energieverbrauch gedeckt, der von der Bevölkerung Niedersachsens verursacht wird, sondern auch Bevölkerungsteile benachbarter Ballungszentren mitversorgt, die nicht über ausreichend Flächen für eigene Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen verfügen. Umgekehrt führen die Energie-Exporte zu einer Stärkung der Wirtschaftskraft Niedersachsens.				50
52 - STATUS-Ansatz: 10.734.539 Energieverbraucher sind von der Fläche der betrachteten Region [65] zu versorgen unter der Annahme einer durchschnittlichen deutschen Bevölkerungsdichte entsprechend Einwohnerzahl [53] / Bodenfläche [54].				52
53 Einwohnerzahl Deutschland 31.12.2012 gemäß GENESIS [59]: 80.523.746				53
54 Bodenfläche Deutschland 31.12.2012 gemäß GENESIS [9.172], Tabelle 449-01-5: 35.716.856 ha.				54
56 - ZIEL-Ansatz: 9.452.211 Energieverbraucher sollen von der Fläche Niedersachsens [64] versorgt werden unter der Annahme einer durchschnittlichen deutschen Bevölkerungsdichte entsprechend Einwohnerzahl [61] / Bodenfläche [54]. In Bezug auf den Energieverbrauch der Einwohner Niedersachsens werden zusätzliche 38% Energie im Land gewonnen und in benachbarte Ballungszentren exportiert. In Bezug auf die im Land gewonnene Energie werden 72% von den Einwohnern Niedersachsens verbraucht und der Rest exportiert.				56
Einwohner Deutschlands (Referenz)	%	80.523.746 [59]	70.904.530 [61]	58
59 - STATUS-Ansatz: GENESIS [9.172], Tabelle 173-21-5, Einwohner gesamt am 31.12.2012				59
61 - ZIEL-Ansatz: Orientiert am Mittel der Schätzungen für die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis 2050 [62] von -11,9 %. Dies wirkt sich als erhebliche Entlastung beim verursachten Energieverbrauch aus. Allerdings birgt das starke globale Bevölkerungswachstum von prognostizierten 38,0 % [47] erhebliche Unsicherheiten, weil der daraus resultierende Migrationsdruck schwer einschätzbar ist.				61
62 Für Deutschland 2050 werden gemäß Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes [9.175] folgende Bevölkerungszahlen geschätzt: 73,6 Millionen (Obergrenze), 69,4 Millionen (Untergrenze). Der Mittelwert beträgt 71,5 Millionen entsprechend einer Bevölkerungsentwicklung gegenüber dem Status (81,2 Millionen) von -11,9% .				62
Bodenfläche gesamt	ha	4.761.378 [65]	4.761.378 [67]	64
65 - STATUS-Ansatz: Gemäß GENESIS [9.172], Tabelle 449-01-5 , Jahr 2012.				65
67 - ZIEL-Ansatz: Die Bodenfläche der Region bildet einen zentralen Bezugsrahmen, aus methodischen Gründen ist die Ziel-Fläche identisch mit der Status-Fläche.				67
Gebäude- & Freifläche (Siedlung)	ha	351.478 [70]	408.053 [72]	69
70 - STATUS-Ansatz: Gemäß GENESIS [9.172], Tabelle 449-01-5, Jahr 2012.				70
72 - ZIEL-Ansatz: Da der Flächenverbrauch für Siedlungszwecke vor allem zu Lasten der landwirtschaftlichen Flächen geht, kommt der Reduzierung des Flächenverbrauchs große Bedeutung zu (s. [9.145] S. 3. Der getroffene Ansatz für die Flächenzunahme resultiert daher aus einer optimistischen Annahme gemäß [73], von der die bisherige Praxis noch weit entfernt ist.				72
73 Um 56.575 ha würden die Gebäude- und Freiflächen Niedersachsens bis zum Jahr 2050 wachsen unter der Annahme, dass der Flächenverbrauch gemäß der Projektion der Nds. Kommission Flächenverbrauch und Bodenschutz [9.145], Abb. 2, S. 5 von 10 ha pro Tag 2010 zunächst bis 2020 auf 3 ha/d zurückgeführt und dann auf diesem Wert gehalten werden könnte.				73
Landwirtschaftsfläche (LF)	ha	2.639.468 [76]	2.582.893 [78]	75
76 - STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 23, Jahr 2013.				76

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
78 - ZIEL-Ansatz: Der Flächenverbrauch für Siedlungszwecke (Verkehr wird hier mit eingeschlossen) von 56.575 ha gemäß [73] geht zu Lasten der Landwirtschaftsfläche, die sich entsprechend verringert. Eine weitere Ausweitung der Waldflächen [100] zu Lasten der Landwirtschaftsflächen entsprechend dem Trend der zurückliegenden Zeit wird hier nicht angenommen.				78
80 Ackerland	ha	1.880.000 [81]	1.823.725 [83]	80
81 - STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 46, Jahr 2013.				81
83 - ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: 1.823.725 ha resultieren aus der Annahme, dass die Abnahme der Landwirtschaftsfläche um 56.575 ha [75] voll zu Lasten der Ackerfläche geht (siehe dazu Dauergrünland [93]), durch das vorläufig noch nutzbare Kontingent an fossilen Brennstoffen ist weiterer Ausbau der Solarfreiflächen zu Lasten der Ackerfläche zunächst nicht erforderlich. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergeich: 1.766.434 ha resultieren aus der Annahme, dass die Abnahme der Landwirtschaftsfläche um 56.575 ha [75] voll zu Lasten der Ackerfläche geht (siehe dazu Dauergrünland [93]) und dass 57.291 ha belegt sind mit der Hälfte des Zuwachses an Freiflächen-Solaranlagen [129]. Dabei werden die Rahmenbedingungen der Landwirtschaft als bestenfalls konstant angenommen [371].				83
85 Getreide-Anbaufl. (Stroh)	ha	898.000 [86]	898.000 [88]	85
86 - STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 47, Jahr 2013.				86
88 - ZIEL-Ansatz: Im langjährigen Durchschnitt (1990-2012) wurden rund 910.000 ha für Getreideanbau genutzt, von 2010 bis 2012 war gemäß [9.114], AC1002.x eine starke Abnahme zu verzeichnen, die aber im Widerspruch zu [86] steht. Da die Einflüsse auf die künftige Entwicklung der Getreideanbaufläche vielfältig, komplex und schwer einschätzbar sind (siehe [371]), ist der Ansatz am obigen Statuswert orientiert.				88
90 Dauergrünland	ha	691.600 [91]	691.600 [93]	90
91 - STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 46, Jahr 2013.				91
93 - ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: 691.600 ha resultieren aus der Annahme einer gleichbleibenden Dauergrünlandfläche [94], durch das vorläufig noch nutzbare Kontingent an fossilen Brennstoffen ist eine Belegung durch weiteren Ausbau der Solarfreiflächen zunächst nicht erforderlich. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergeich: 634.309 ha resultieren aus der Annahme einer gleichbleibenden Dauergrünlandfläche [94], wovon allerdings 57.291 ha belegt sind mit der Hälfte des Zuwachses an Freiflächen-Solaranlagen [129]. Wenn organische Böden dafür vorgesehen werden, bietet sich diese Fläche an zur Wiedervernässung als Beitrag zum Klimaschutz.				93
94 Ausgehend vom Jahr 1990 ist eine stetige Abnahme der Dauergrünlandnutzung von anfänglich 910.000 ha [9.114], Tab. AC1002.x auf 691.600 [92] zu verzeichnen. Der mit der Umwandlung ehemaliger Moorflächen in Ackerland verbundene Anstieg der Treibhausgas-Emissionen wird aus Klimaschutz-Gründen als nicht fortsetzbar angesehen, hier wird von einer gleichbleibenden Fläche ausgegangen. Es könnte sich allerdings zeigen, dass für den Klimaschutz eine Ausweitung und Wiedervernässung organischer Böden unumgänglich ist.				94
96 Waldfläche	ha	1.204.591 [97]	1.204.591 [100]	96
97 - STATUS-Ansatz: Abweichend von der Standardquelle GENESIS [98] wird im Fall der Waldfläche aus Konsistenzgründen das erheblich abweichende Ergebnis der Bundeswaldinventur 3 (Stichjahr 2013) zugrunde gelegt [9.131], S. 11.				97
98 Gemäß GENESIS [9.172], Tabelle 449-01-5, betrug im Jahr 2012 die Waldfläche in Niedersachsen 1.042.106 ha. Allerdings ist die Angabe mit dem Hinweis versehen, dass eine Ablösung der bisherigen Liegenschaftssystems bevorsteht, nach der z. B. Flächen anderer Nutzung aufgelöst und teilweise auf Waldflächen umgebucht werden .				98
100 - ZIEL-Ansatz: Fortschreibung des Status Quo in Übereinstimmung mit THGND [101]. Die Bedeutung der Wälder für den Naturhaushalt und teilweise stark eingeschränkte anderweitige Nutzbarkeit sprechen gegen eine Verringerung der Waldflächen.				100
101 "Treibhausgasneutrales Deutschland 2050" [9.183], S. 305: "Die Aufforstung neuer Flächen konkurriert um anderweitige Flächennutzungsformen (...) Angesichts einer Abnahme der landwirtschaftlichen Nutzfläche bis 2050 um fast 1,5 Mio ha (Deutschland) wird davon ausgegangen, dass keine weiteren Flächen zur Aufforstung zur Verfügung stehen."				101
103 Anteil an deutscher Waldfläche	%	10,55 [104]	10,55 [107]	103
104 - STATUS-Ansatz: Abweichend von der Standardquelle GENESIS [105] wird im Fall der Waldfläche aus Konsistenzgründen das erheblich abweichende Ergebnis der Bundeswaldinventur 3 (Stichjahr 2013) zugrunde gelegt [9.48], S. 7. Bezogen auf die Waldfläche Deutschlands Jahr 2013 von 11.419.124 [9.48], S. 7, hatte die Niedersächsischen Waldfläche [96] einen Anteil von 10,55 %.				104

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
105 Gemäß GENESIS [9.173], Tabelle 449-01-5, betrug im Jahr 2012 die Waldfläche in Deutschland 10.796.986 ha. Allerdings ist die Angabe mit dem Hinweis versehen, dass eine Ablösung der bisherigen Liegenschaftssystems bevorsteht, nach der z. B. Flächen anderer Nutzung aufgelöst und teilweise auf Waldflächen umgebucht werden .				105
107 - ZIEL-Ansatz: Status-Ansatz wird beibehalten, da keine gravierenden Veränderungen zu erwarten sind.				107
109 Potenzial forstwirtschaftlich nutzbarer Waldfläche	ha	1.200.091 [110]	1.127.571 [113]	109
110 - STATUS-Ansatz: Resultiert aus der gesamten Waldfläche [96] abzüglich der bereits bestehenden Naturwälder [111].				110
111 Niedersächsische Landesforsten [9.125]: "Naturwälder (in Deutschland häufig auch als Naturwaldreservate bezeichnet) sind Waldflächen in denen auf Nutzungs- und Pflegemaßnahmen verzichtet wird, damit eine durch menschliche Eingriffe ungestörte Entwicklung ablaufen kann. (...) Mit insgesamt 106 Naturwäldern und einer Fläche von rund 4.500 ha nimmt Niedersachsen deutschlandweit einen der vorderen Plätze bei der Ausweisung von Naturwaldreservaten ein."				111
113 - ZIEL-Ansatz: Unter Zugrundelegung der Ziele zum Jahr 2020 für die Naturwaldentwicklung - zum einen des Landwirtschaftsministeriums von 10% für die Landesforsten [114] (Anteil von 335.813 ha [9.131], S. 13, an der gesamten Waldfläche [100]) und zum anderen 5% für die übrigen Waldflächen gemäß Zielsetzung der Bundesregierung [116] - sind 77.020 ha aus der forstwirtschaftlichen Nutzung zu nehmen, das sind 6,4 der Waldfläche. Damit bleiben 1.127.571 ha Wirtschaftswaldfläche.				113
114 Niedersächsisches Landwirtschaftsministerium 2013 [9.128] : "'Unsere Landesforsten haben mit dem Nationalpark Harz und vielen weiteren FFH-Gebieten schon einen hohen Anteil an Naturwaldflächen', sagte Meyer. Er sei deshalb sicher, 'dass wir die Vorgaben für die niedersächsischen Landesforsten mit zehn Prozent bis 2020 fachlich versiert auf jeden Fall erreichen werden'."				114
116 Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung von 2007 [9.54], S. 28, 31: "Bis zum Jahre 2020 kann sich die Natur auf 2 % der Fläche Deutschlands wieder nach ihren eigenen Gesetzmäßigkeiten ungestört entwickeln und Wildnis entstehen (...) 2020 beträgt der Flächenanteil der Wälder mit natürlicher Waldentwicklung 5 % der Waldfläche."				116
118 Solarenergie				118
120 Solare Absorberfläche auf Dächern	ha	1.825 [121]	28.600 [126]	120
121 - STATUS-Ansatz: Die solare Absorberfläche auf Dächern von 1.825 ha resultiert aus der Summe von solarthermischen Flach- und Röhrenkollektoren zur Wärmegewinnung gemäß [122] und Photovoltaikmodulen zur Stromgewinnung gemäß [123].				121
122 Die solarthermischen Flach- und Röhrenkollektoren zur Wärmegewinnung belegten eine Fläche von 160,0 ha gemäß [139]. Sie werden hier komplett den Dachflächen zugerechnet, da sie zur Vermeidung von Verlusten beim Wärmetransport meist verbrauchsnahe auf Gebäuden installiert sind.				122
123 Insgesamt waren 2013 gemäß AEE [9.16] , Zeile 57, in Niedersachsen 3283 MWp PV installiert. Mit einer Flächeninanspruchnahme von 7 m ² /kWp [155] resultiert daraus eine PV-Modulfläche von 2.298 ha. Zur Verteilung der Gesamtfläche auf Dach- und Freiflächenanlagen wurden alle Anlagen mit einer Leistung kleiner 200 kWp als Dachflächenanlagen gewertet, das sind 72,5% der installierten Gesamtleistung [124]. Danach entfallen auf Dachflächenanlagen 1.665 ha.				123
124 72,5% der gegenwärtig erfassten Photovoltaik-Leistung in Niedersachsen entfällt auf Anlagen mit einer Nennleistung unter 200 kWp, das ergibt eine Auswertung der EEG-Anlagenstammdaten [9.122].				124
126 - ZIEL-Ansatz: 28.600 ha solare Absorberfläche auf Dächern. Damit wird rechnerisch 75,0 % des Potenzials an geeigneten Dachflächen (Ausrichtung, keine Verschattung) in Niedersachsen genutzt, das mit Übertragung der Solardachkataster-Ergebnisse vom Landkreis Osnabrück auf Niedersachsen abgeschätzt wurde [127]. Unter der Annahme, dass im Idealfall der Solidaranteil an Absorbieren komplett auf Dachflächen in den Ballungsgebieten selbst unterzubringen wäre, würden für die Eigenversorgung Niedersachsens (nach dem Verhältnis der Einwohnerzahlen [45]/[56]) aber nur 20.692 ha entsprechend 54,3% der Dachflächen tatsächlich beansprucht.				126
127 Im Landkreis Osnabrück sind gemäß Solardachkataster [9.119] von sämtlichen Dachflächen 47 % solar geeignet (12 % sehr gut, 12 % gut, 23 % bedingt nach heutigen wirtschaftlichen Maßstäben), das sind 1.589 ha. Bezogen auf die 16.999 ha Gebäude- und Freiflächen im Landkreis sind das 9,3 % solar geeignete Dachflächen. Diese Kennzahl in Ermangelung eines flächendeckenden Solarkatasters auf Niedersachsen mit 408.053 ha Gebäude- und Freiflächen übertragen, ergibt ein solar geeignetes Dachflächenpotenzial von 38.134 ha.				127
129 Solar genutzte Freiflächen	ha	2.088 [130]	2.088 [133]	129

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
130 - STATUS-Ansatz: Solare Freiflächenanlagen dienen nahezu vollständig der Stromgewinnung mit Photovoltaikmodulen, da Solarthermie gewöhnlich verbrauchsnahe auf Dachflächen erfolgt [122]. Von der gesamten PV-Modulfläche mit 2.298 ha [123] sind 1665 ha auf Dächern installiert [123]. 633 ha PV-Modulfläche entfallen somit auf Freiflächenanlagen. Zur Vermeidung gegenseitiger Abschattung sind Abstandsflächen erforderlich. Die Größe der beanspruchten Freiflächen liegt im Fall der heute üblichen Südausrichtung gemäß [131] beim 3,3-fachen der aufgestellten Modulfläche, das sind in diesem Fall 2.088 ha.				130
131 "...im Freiland werden Module aufgeständert, um ihren Ertrag zu erhöhen. Bei Südausrichtung und entsprechender Beabstandung belegen sie ungefähr das 2,5-fache ihrer eigenen Fläche." [198], Seite 23. Dieser Wert gilt für durchschnittliche deutsche Verhältnisse, der niedrigere Sonnenstand in Norddeutschland erfordert allerdings einen größeren Anstellwinkel und damit einen größeren Modulabstand, so dass hier nach eigenen Untersuchungen das 3,3-fache der Modulfläche anzunehmen ist.				131
133 - ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: Durch das vorläufig noch nutzbare Kontingent an fossilen Brennstoffen ist weiterer Ausbau zunächst nicht erforderlich. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: Als Beitrag zur Deckung des Strombedarfs sind 116.670 ha PV-Freiflächenanlagen vorgesehen (gemäß [131] unter Beibehaltung der heutigen Südausrichtung entspricht das einer PV-Modulfläche von 35.355 ha; bei Aufstellung in Ost-/West-Ausrichtung mit 10° Neigung läge der spezifische Flächenbedarf um den Faktor von ca. 2,5 niedriger [135], allerdings wäre wegen der stärkeren Konzentration auf hohen Sonnenstand der Bedarf an Langzeit-Stromspeicherkapazität erheblich größer, dies ist im aktuellen Softwarestand nicht modellierbar). Es ist davon auszugehen, dass ein gewisser Teil der im Rahmen des Solidarprinzips hier vorgesehenen Freiflächenanlagen in den Ballungsgebieten selbst untergebracht werden und damit die Landwirtschaftsflächen in Niedersachsen entlastet werden könnten (z. B. Parkplatz- und Verkehrsflächenüberdachung), allerdings fehlt es dazu an belastbaren Daten.				133
134 Damit sind mit PV-Freiflächenanlagen 0,081 % der Landwirtschaftsfläche [75] belegt, je zur Hälfte auf Ackerland [83] und auf Dauergrünland [93]. Ein somit relativ geringer Anteil von Flächen-Umnutzung erscheint einerseits wegen eines vielfachen Energieertrages gegenüber Bioenergie sinnvoll und andererseits unkritisch, wenn er durch entsprechend eingeschränkte NAWARO-Anbauflächen für Bioenergie [368] bzw. durch Aufstellung auf Dauergrünland [93] ausgeglichen wird. PV auf Ackerland bringt mit 545 MWh/ha/a [161] den 13-fachen Energieertrag gegenüber Biogas mit 42,4 MWh/ha/a [373].				134
135 Hinweis in der Stellungnahme vom Institut für Solarforschung Hameln: "Für eine flächenoptimierte Energieerzeugung sollte ein flacher (z. B. 10°) Anstellwinkel und eine Ost-West-Richtung ausgewählt werden. Dies reduziert den Ertrag pro Solarmodul auf ca. 85 % (LK OS 2012). Der Flächenenertrag steigt dadurch aber um einen Faktor 2,6 im Vergleich zur Südausrichtung, da die Solarmodule in geringerem Abstand zueinander montiert werden können."				135
137 Solarthermie - Nutzanteil an Dach-Absorberflächen	%	8,8 [138]	0,6 [141]	137
138 - STATUS-Ansatz: Fläche der solarthermischen Flach- und Röhrenkollektoren von 160,0 ha gemäß [139] relativ zu 1.825 ha solar genutzten Dachflächen gemäß [120].				138
139 Gemäß AEE [9.16] Zeile 213 waren 2013 in Niedersachsen 1.599.700 qm Solarthermie-Kollektorfläche installiert.				139
141 - ZIEL-Ansatz: Mit 160 ha Solarthermie-Fläche entsprechend 0,6% der gesamten Solardachfläche [126] wurde auf einen weiteren Ausbau verzichtet, da die Technologie in der warmen Jahreszeit redundant zur Kombination Photovoltaik/Wärmepumpe ist, die für die kalte Jahreszeit als Kombination Windenergie/Wärmepumpe ohnehin erforderlich ist und geringere Bereitstellungsverluste aufweist.				141
143 Solarthermie - Energieertrag (Kollektorfläche)	MWh/ha/a	3.563 [144]	5.250 [146]	143
144 - STATUS-Ansatz: Gemäß AEE [9.16] Zeile 195 lag die Wärmeerzeugung aus Solarthermie 2013 in Niedersachsen bei 570 GWh/a. In Bezug zur installierten Kollektorfläche [139] resultiert ein Energieertrag von 3.563 MWh/ha/a.				144
146 - ZIEL-Ansatz: Gemäß ISFH-Stellungnahme [9.142] ist bis zum Jahr 2050 eine erhebliche Steigerung der Energieerträge aus Solarthermie auf 500 bis 550 kWh/m ² /a zu erwarten. Daran orientiert wurde hier der Mittelwert der angegebenen Spanne angesetzt.				146
148 Photovoltaik - Nutzanteil an Dach-Absorberflächen	%	91,2 [149]	99,4 [151]	148
149 - STATUS-Ansatz: Die nicht durch Solarthermie beanspruchten solaren Dachflächen werden mit Photovoltaik genutzt. Gesamt-Absorberfläche (= 100%) abzüglich Solarthermie-Nutzanteil gemäß [137].				149
151 - ZIEL-Ansatz: Die nicht durch Solarthermie beanspruchten solaren Dachflächen werden mit Photovoltaik genutzt. Gesamt-Absorberfläche (= 100%) abzüglich Solarthermie-Nutzanteil gemäß [137].				151
153 Photovoltaik - Energieertrag (Modulfläche)	MWh/ha/a	1.284 [154]	1.798 [158]	153

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
154 - STATUS-Ansatz: Aus der mittleren jährlichen Ausnutzungsdauer gemäß [167] und einem angenommenen spezifischen Flächenbedarf gemäß [155], plausibilisiert mit [156], ergibt sich für die heutigen PV-Dachanlagen ein durchschnittlicher Energieertrag von 1.284 MWh/ha/a.				154
155 "In Deutschland werden (...) spezifische Erträge um 900 kWh/kWp erzielt. Pro Quadratmeter Modulen entspricht dies ca. 130 kWh, bei Spitzenmodulen ca. 180 kWh. " [9.198], Seite 23 (2012). Aus dem Wert für die Standardmodule resultiert ein spezifischer Flächenbedarf von gerundet 7,0 qm/kWp, der hier als Durchschnitt für den Anlagenbestand zugrunde gelegt wird.				155
156 "Pro 1 kWp elektrischer Leistung wird eine Fläche von ca. 7 m ² benötigt." [9.72].				156
158 - ZIEL-Ansatz: Mit einem durch technische Innovation verringerten spezifischen Flächenbedarf von 5 qm/kWp gemäß [159] und einer jährlichen Ausnutzungsdauer von 899 KWh/kWp gemäß [169] ergibt sich ein Energieertrag von 1.798 MWh/ha/a.				158
159 "In Deutschland werden (...) spezifische Erträge um 900 kWh/kWp erzielt. Pro Quadratmeter Modulen entspricht dies ca. 130 kWh, bei Spitzenmodulen ca. 180 kWh. " [9.198], Seite 23 (2012). Daraus resultiert für Spitzenmodule ein spezifischer Flächenbedarf von rund 5,0 qm/kWp, der hier als ein durch technische Innovation erreichbar erscheinender Durchschnittswert für einen künftigen Anlagenpark zugrunde gelegt wird.				159
161 Photovoltaik - Energieertrag (Freifläche)	MWh/ha/a	389 [162]	545 [164]	161
162 - STATUS-Ansatz: Aus dem auf PV-Module bezogenen Energieertrag (1.284 MWh/ha/a gemäß [154]) und dem erhöhten Flächenbedarf für unverschattete Modulaufstellung (3,3-faches der Modulfläche gemäß [131]) resultiert für PV-Freiflächen ein durchschnittlicher Energieertrag von 389 MWh/ha/a.				162
164 - ZIEL-Ansatz: Aus dem auf PV-Module bezogenen Energieertrag (1.798 MWh/ha/a gemäß [158]) und dem erhöhten Flächenbedarf für unverschattete Modulaufstellung (3,3-faches der Modulfläche gemäß [131]) resultiert für PV-Freiflächen ein durchschnittlicher Energieertrag von 545 MWh/ha/a.				164
166 Photovoltaik - Vollbetriebsstunden jährlich	h/a	899 [167]	899 [169]	166
167 - STATUS-Ansatz: Gemäß AEE [9.16], Zeile 137, lag die mittlere jährliche Ausnutzungsdauer (Vollbetriebsstunden) von Photovoltaik in Niedersachsen 2009 bis 2013 bei 899 kWh/kWp (Einzelwerte: 917, 863, 940, 904, 871).				167
169 - ZIEL-Ansatz: Unter der Annahme eines gleichbleibenden Modul-Ausrichtungsspektrums und dass Klimaveränderungen ohne Einfluss auf die Strahlungsverhältnisse bleiben, wird für Niedersachsen von einer jährlichen Ausnutzungsdauer (Vollbetriebsstunden) wie in den vergangenen Jahren von 899 KWh/kWp [167] ausgegangen.				169
171 Windenergie Onshore				171
173 Windenergie Flächenpotenzial	ha	588.700 [174]	470.960 [179]	173
174 - STATUS-Ansatz: Gemäß einer Studie von BWE/IWES [9.63], S. 76, verfügt Niedersachsen über eine für die Aufstellung von Windenergieanlagen ohne Restriktionen nutzbare Fläche [175] von 5.887 qkm, die hier als technisches Flächenpotenzial übernommen wird. Die Studien-Ergebnisse sind mit Unsicherheiten behaftet (siehe Seite 46), erscheinen zurzeit jedoch als die am besten geeignete Grundlage.				174
175 "Nutzbare Flächen ohne Restriktionen sind die als nutzbar berechneten Flächen [176], die außerhalb von Wald- und Schutzgebieten liegen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um verschiedene Formen landwirtschaftlicher Flächen (...) sowie Wiesen und Weiden, Heiden und Grünland." [9.63] S. 12.				175
176 "Im Rahmen der Studie werden Ausschlussflächen definiert, die für Windenergie nicht nutzbar sind. Hierzu gehören u. a. bebaute Flächen, Gewässer, Gletscher, und Dauerschneegebiete oder in Gezeitenzonen liegende Flächen. Darüber hinaus werden auch Flächen ausgeschlossen, auf denen Straßen, Schienen oder Hochspannungsleitungen verlaufen." [9.63] S. 13.				176
177 "Neben diesem direkten Ausschluss (s. oben) gibt es einen Ausschluss durch Puffer. So werden z. B. einzuhaltende Abstände von Windenergieanlagen zu Siedlungen (1.000 m), Straßen (100 m) oder größeren schiffbaren Flüssen (300 m) angenommen. (...) In der Studie werden die nicht nutzbaren Schutzgebiete noch mit einem Abstand von 200 m gepuffert." [9.63] S. 13, 15.				177
179 - ZIEL-Ansatz: Die Potenzialermittlung für die zur Aufstellung von Windenergieanlagen ohne Restriktionen nutzbaren Flächen auf Grundlage der Studie von BWE/IWES aufgrund heutiger räumlicher Gegebenheiten (siehe Status-Ansatz [174]) wird übernommen, allerdings mit einem pauschal angesetzten Abschlag von 20% zur Berücksichtigung nicht ausreichend einschätzbarer Veränderungen der räumlichen Gegebenheiten (Ausweitung der besiedelten Bereiche, Verkehrswege, Schutzgebiete usw.). Daraus resultiert ein Flächenpotenzial von 470.960 ha für Niedersachsen. Eine Variation der Puffer-Distanzen [177] auf Bundesland-Ebene war nicht Gegenstand der Studie, nach einer auf die Gesamfläche Deutschlands bezogenen Sensitivitätsanalyse wären jedoch gravierende Einflüsse [180] zu erwarten.				179

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
180 "Insgesamt hat die Pufferung einen entscheidenden Einfluss auf die verfügbaren Flächen. (...) Die Reduktion des Puffers um 50 % führt zu einer Erhöhung der Fläche ohne Restriktionen um fast das 2,5-fache (+142%) und eine Erhöhung des Puffers um denselben Wert führt zu einer Reduktion der Fläche auf ein Drittel des Basiswerts." [9.63] S. 13, 15.				180
188 Windparkfläche	ha	28.608 [189]	66.231 [192]	188
189 - STATUS-Ansatz: 28.608 ha Windparkfläche wurden von Windenergieanlagen in Niedersachsen 2013 beansprucht, das resultiert aus einer installierten Leistung von 7.490 MW [190] und einer spezifischen Flächenbeanspruchung von 3,82 ha/MW [199].				189
190 7.490 MW installierte Onshore-Windenergie-Leistung resultieren als Jahresdurchschnitt für 2013 unter der Annahme eines linear über das Jahr verteilten Zubaus: 7.664 MW betrug Ende 2013 die installierte Leistung der Onshore-Windenergie in Niedersachsen [9.22] Zeile 68, Ende 2012 waren es 7.315 MW.				190
192 - ZIEL-Ansatz:				192
-- ETAPPE -80%THG: Durch das vorläufig noch nutzbare Kontingent an fossilen Brennstoffen ist der Endausbau (siehe unten) zunächst noch nicht erforderlich. 66.231 ha Windparkfläche resultieren aus der Annahme von 1,39 % der Bodenfläche Niedersachsens [64], die als Beitrag der Onshore-Windenergie zur Abdeckung des Strombedarfs gewählt wurden.				
-- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: 99.500 ha Windparkfläche resultieren aus der Annahme von 2,1 % der Bodenfläche Niedersachsens [64], die als Beitrag der Onshore-Windenergie zur Abdeckung des Strombedarfs gewählt wurden.				
197 Spezifischer Flächenbedarf Onshore-Windenergie	ha/MW	3,82 [198]	3,67 [202]	197
198 - STATUS-Ansatz: Als Grundlage für die Abschätzung des Windenergie-Flächenbedarfs wird in Ermangelung geeigneter statistischer Daten die spezifische Erntefläche von 3,82 ha/MW gemäß [199] verwendet.				198
199 3,82 ha/MW spezifische Erntefläche für den Anlagenbestand in Niedersachsen 2013 resultiert aus einer Status-repräsentativen Referenzanlage: 1,4 MW Nennleistung gemäß AEE [9.22] Zeile 108, Rotorflächen-/Nennleistungs-Verhältnis 2,00 qm/kW gemäß [200], 2.800 qm Rotorfläche entsprechend 59,7 m Rotordurchmesser. Mit den üblichen Mindestabständen von 5 Rotordurchmessern in Hauptwindrichtung mal 3 Rotordurchmessern rechtwinklig dazu resultiert für die Referenzanlage eine Erntefläche von 5,35 ha und damit eine spezifische Erntefläche von 3,82 ha/MW.				199
200 Annahme des durchschnittlichen Rotorfläche-/Nennleistungs-Verhältnis von 2,00 qm/kW für die Status-repräsentative Referenzanlage - in Anlehnung an das nach installierter Leistung gewichtete Mittel der zwischen 1992 und 2013 von ENERCON hergestellten Windenergieanlagen von 2,19 qm/kW (Maximum bei Schwachwindanlagen: 2,67, Minimum bei Starkwindanlagen: 1,72). Der etwas reduzierte Ansatz erfolgte vor dem Hintergrund, dass die guten Windverhältnisse in Niedersachsen überwiegend Starkwindanlagen vermuten lassen.				200
202 - ZIEL-Ansatz: 3,67 ha/MW beträgt gemäß [203] die durchschnittliche Flächenbeanspruchung künftiger Windparks unter Berücksichtigung der räumlichen Verhältnisse in Niedersachsen bei einer Beanspruchung von 2% der Bodenfläche. Es wird hier angenommen, dass dieser Wert in guter Näherung auch für andere Beanspruchungen in der Nähe dieses Wertes gilt. Der gegenüber dem Status geringere Wert resultiert aus der Anwendung unterschiedlicher Ermittlungsmethoden: Die Summe der Ernteflächen [199] enthält auch die Flächenanteile, die über die Windparkgrenzen hinausragen, während die GIS-Ermittlung ausschließlich die von Windenergieanlagenstandorten umgrenzte Fläche erfasst.				202
203 In der Studie [9.63] S. 77 wurde aufgrund von GIS-Analysen mit einem Raster von 100 mal 100 Meter ermittelt, dass bei Beanspruchung von 2 % der Bodenfläche Niedersachsens entsprechend 95.504 ha für Windparks eine Nennleistung von 26 GW installierbar ist. Daraus resultiert ein spezifischer Flächenbedarf von 3,67 ha/MW . Als beanspruchte Fläche wurden dabei die von Anlagen belegten Rasterelemente und die zwischen benachbarten Anlagen gelegenen Rasterelemente innerhalb der jeweiligen Windparkfläche gewertet.				203
205 Onshore: Vollbetriebsstunden jährlich	h/a	1.685 [206]	2.316 [209]	205
206 - STATUS-Ansatz: Mit 1.685 Vollbetriebsstunden waren die Windenergieanlagen 2013 in Niedersachsen im Einsatz, resultierend aus 12.623 GWh Stromerzeugung [207] und 7.490 MW [190] installierter Leistung.				206
207 Der Wert für die Stromerzeugung aus Windenergie in 2013 war noch nicht verfügbar. Ersatzweise wird die Stromerzeugung im Jahr 2012 [9.22], Zeile 12, 68, von 12.048 GWh über das Verhältnis der installierten Leistung hochgerechnet: 7.315 MW (2012) - 7.664 MW (2013). Daraus resultiert eine geschätzte Stromerzeugung von 12.623 GWh 2013.				207

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
209 - ZIEL-Ansatz: Der belegte, aber bezüglich der künftigen Entwicklung der Nabenhöhen konservative Ansatz gemäß [212] wird im Interesse minimaler Flächenbeanspruchung durch eine optimistische Annahme von 2.316 Vollbetriebsstunden gemäß [210] ersetzt. Auf eine Verringerung des in der Studie angenommenen Verhältnisses von Generatorleistung zur Rotorkreisfläche wurde jedoch verzichtet, obwohl damit eine weitere Erhöhung der Vollbetriebsstundenzahl verbunden wäre (wie zum Beispiel in einer Agora-Studie angegeben [9.34] S. 10). Dies wäre nämlich mit einem steigenden Flächenbedarf verbunden, weil die Verwertbarkeitsgrenze starker Winde schon bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten erreicht wäre. Zur Präzisierung der hier getroffenen, mit Unsicherheiten verbundenen Abschätzung wären weitere GIS-Analysen angeraten.				209
210 Eine Steigerung der in der Studie [212] für Windenergie in Niedersachsen ermittelten Erträge und damit der mittleren Vollbetriebsstundenzahl um 7,94% auf 2.316 h/a lässt sich durch eine Steigerung der Nabenhöhen gemäß [211] erreichen. Dies resultiert aus einer Abschätzung aufgrund der von FWG veröffentlichten EEG-Referenzerträge von existierende Anlagentypen mit verschiedenen Nabenhöhen und Extrapolation, exemplarisch wurde das ENERCON-Typenspektrum oberhalb 2 MW Nennleistung verwendet [9.81]: Ertragssteigerung Starkwindanlagen um 12,06% durch Erhöhung der NH 100 m auf 150 m, bei Schwachwindanlagen um 3,81% durch NH 150 m auf 170 m. Unter Annahme gleicher Anteile an Stark- und Schwachwindanlagen resultiert die oben angegebene durchschnittliche Ertragssteigerung.				210
211 'Erträge und resultierende Vollbetriebsstunden gemäß [212] wären durch größere Nabenhöhen steigerbar. In einer Agora-Studie [9.34], S. 9, mit dem Zeithorizont 2033 werden durchschnittliche Nabenhöhen von 120 m für Starkwind- bzw. 150 m für Schwachwindanlagen erwartet und darauf verwiesen, dass hohe Türme auch 200 Meter erreichen können. Um eine minimale Flächenbeanspruchung zu erreichen, werden hier für das Zieljahr 2050 Nabenhöhen von 150 Metern (Starkwindstandorte) und 170 Metern (Schwachwindstandorte) angenommen.				211
212 2.146 Vollbetriebsstunden können in Niedersachsen im Mittel gemäß [9.63] S. 77 erreicht werden, wenn die gesamte für Windenergie nutzbare Fläche von 25,8 % der Landesfläche vollständig belegt würde mit einer installierten Leistung von 292 GW und einer daraus resultierenden Jahresproduktion von 627 TWh/a. Im Rahmen der angewendete GIS-Analyse mit einem Raster von 100 mal 100 Metern wurden die restriktionsfreien und die eingeschränkt nutzbaren Flächen ermittelt und unter Einhaltung der erforderlichen Abstände mit Anlagen besetzt. Je nach Standortgüte wurden Starkwind-Referenzanlagen (Nabenhöhe 100 m, Rotorfläche/Generatorleistung 2,6 qm/kW) oder Schwachwindanlagen (Nabenhöhe 150 m, Rotorfläche/Generatorleistung 3,5 qm/kW) eingesetzt und die jährlich erreichbare Stromproduktion ermittelt. Aus den Summen von Stromproduktion und installierter Leistung resultiert die Vollbetriebsstundenzahl.				212
214 Windenergie Offshore				214
216 Offshore Deutschland: Leistung am Netz	MW	213 [217]	25.000 [219]	216
217 - STATUS-Ansatz: Zur der im Jahresmittel 2013 effektiv in vollem Betrieb befindlichen Leistung sind wegen teilweise verzögerter Netzanschlüsse explizit keine belastbaren Angaben verfügbar. Ersatzweise wird aus dem Verhältnis von 905 GWh Einspeisung deutschen Offshore-Windstroms im Jahr 2013 gemäß BMWI [9.57] zur Vollbetriebsstundenzahl gemäß [223] auf eine durchschnittlich in Betrieb befindliche Leistung von 213 MW geschlossen.				217
219 - ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: Durch das vorläufig noch nutzbare Kontingent an fossilen Brennstoffen ist der Endausbau (siehe unten) zunächst noch nicht erforderlich, es genügt ein Ausbau der deutschen Offshore-Windenergie auf 25.000 MW. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: Für einen ambitionierten Ausbau der deutschen Offshore-Windenergie bis zur Potenzialgrenze gemäß [220] auf 54.000 MW spricht gemäß IWES [9.87], S. 8 aus Energiewirtschaftlicher Sicht die Minimierung des Speicherbedarfs zum Fluktuationsausgleich und damit verbunden der Speicherverluste. Zum anderen wird dadurch der Bedarf an Onshore-Flächen verringert.				219
220 "Die Potenzialgrenze der Offshore-Windenergie beträgt (...) 54.000 MW installierte Leistung. Dieser Wert ergibt sich aus der maximal installierbaren Leistung in Nord- und Ostsee unter Berücksichtigung des Raumbedarfs gemäß dem Raumordnungsplan des Bundesamts für Schifffahrt und Hydrographie (BSH)." (IWES [9.87], S. 13).				220
222 Offshore Deutschl.: Vollbetriebsstunden jährlich	h/a	4.255 [223]	4.500 [225]	222
223 - STATUS-Ansatz: Zur durchschnittlichen Vollbetriebsstundenzahl der deutschen Offshore-Windenergieanlagen im Jahr 2013 sind keine expliziten Statistik-Angaben verfügbar. Ersatzweise wird gemäß einer Prognose für das Jahr 2014 im Auftrag der Übertragungsnetzbetreiber [9.151], S. 106 (Trendszenario), eine Vollbetriebsstundenzahl von 4.255 h/a angenommen. Dieser Wert kann aufgrund der Betriebserfahrungen im Alpha-Ventus-Windpark (vgl. [9.39]) als plausibel angesehen werden.				223
225 - ZIEL-Ansatz: Wegen der energiewirtschaftlichen Vorteile einer geringeren Fluktuation werden hier in Anlehnung an [226] Offshore-Windenergieanlagen mit geringer Leistungsdichte angesetzt, die sich durch eine hohe Vollbetriebsstundenzahl von 4.500 h/a auszeichnen.				225

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
<p>226 "Die Potenzialgrenze der (deutschen) Offshore-Windenergie beträgt 258 TWh/a. Um diesen Strombeitrag zu erzeugen, braucht es ca. 54 GW installierte Leistung. Dieser Wert ergibt sich aus der maximal installierbaren Leistung in Nord- und Ostsee unter Berücksichtigung des Raumbedarfs gemäß dem Raumordnungsplan des Bundesamts für Schifffahrt und Hydrographie (BSH)." ([9.87], S. 13). Daraus resultiert eine gegenüber dem Durchschnitt einschlägiger Studien [227] relativ hohe Vollbetriebsstundenzahl von 4.778 h/a. Offensichtlich sind für die Szenarien Anlagen mit einer geringen Leistungsdichte (Generatorleistung/Rotorfläche) gewählt worden, obwohl sie wegen geringerer Energieerträge einen höheren Flächenbedarf aufweisen (die Wispitzen über Nennlast werden nicht verwertet). Der entscheidende Vorteil liegt jedoch in einer geringeren Fluktuation verbunden mit geringeren Anforderungen an Speicherbedarf, Speicherverluste und Netze.</p>				226
<p>227 Nach einem Studienvergleich der AEE zur Entwicklung der Volllaststunden im Kraftwerksbereich wird die deutsche Offshore-Windenergie für die Jahre 2040/2050 auf durchschnittlich etwa 3800 h/a eingeschätzt. Von insgesamt 13 Studienergebnissen liegen 7 nahe bei diesem Wert, 5 deutlich darunter (Minimum 3.500) und ein einziger (4.250) darüber.</p>				227
229 Wasserkraft (ohne Pumpspeicher)				229
231 Nutzanteil am technische Potenzial	%	71,7 [232]	71,7 [234]	231
<p>232 - STATUS-Ansatz: Die Stromerzeugung aus Wasserkraft in Niedersachsen lag gemäß AEE [9.19], Zeile 20, im Jahresdurchschnitt 2008 bis 2012 bei 251 GWh/a (196, 295, 324, 227, 213). In Bezug zu 350 GWh/a technischem Arbeitsvermögen [238] ist das technische Potenzial damit zu 71,7 % genutzt.</p>				
<p>234 - ZIEL-Ansatz: Von einer Veränderung des heutigen Nutzungsumfangs der Wasserkraft in Niedersachsen [232] wird abgesehen. Eine Erhöhung erscheint kritisch wegen der besonderen ökologischen Sensibilität der Wasserläufe und nicht notwendig angesichts des geringen Beitrages zur Energieversorgung. Aber auch eine Reduzierung des bisher erfolgreichen Nutzungsumfangs erscheint wenig sinnvoll.</p>				
236 Strom - Energieertrag	MWh/ha/a	0,074 [237]	0,074 [241]	236
<p>237 - STATUS-Ansatz: Ein Energieertrag aus Wasserkraft in Niedersachsen von 0,074 MWh/ha/a resultiert aus dem technischen Potenzial von 350 GWh/a [238] bezogen auf die Bodenfläche des Landes von 4.761.378 ha [65].</p>				
<p>238 350 GWh/a beträgt das technische Potenzial (in der Quelle mit 'technischem Arbeitsvermögen' bezeichnet) der Wasserkraft in Niedersachsen gemäß einer externen Expertise an den Wissenschaftlichen Beirat für globale Umweltveränderungen [9.96] S. 13. Das Regelarbeitsvermögen, also die tatsächliche Stromerzeugung im langjährigen Durchschnitt wurde dort mit 233 GWh/a beziffert.</p>				
<p>239 Eine andere, von AEE angeführte Quelle [9.19] Zeile 56 nennt mit 793 GWh/a ein wesentlich höheres theoretisches Potenzial. Das erscheint wegen Nutzungskonkurrenzen mit bestehender Infrastruktur und der ökologisch besonders sensiblen Wasserläufe für das Szenario nicht relevant.</p>				
<p>241 - ZIEL-Ansatz: Der Status-Ansatz wird übernommen, eventuelle Einflüsse auf das technische Potenzial [238], beispielsweise durch die Klimaveränderung, sind aus heutiger Sicht nicht hinreichend einschätzbar.</p>				
243 Energieholz (Forst)				243
245 Energetisch genutzter Anteil am Zuwachs	%	46,7 [246]	44,4 [252]	245
<p>246 - STATUS-Ansatz: 46,7 % resultieren aus dem Verhältnis von energetischer Holznutzung [247] und dem Energiepotenzial des jährlichen Holzzuwachses in den Forsten [250].</p>				
<p>247 Auf 13.772GWh/a wird die energetische Holznutzung in Niedersachsen geschätzt. Geeignete Energiedaten direkt auf aktuellem Stand waren zwar nicht verfügbar. Ersatzweise werden die deutschen Verhältnisse 2013 gemäß [249] proportional zur Waldfläche [103] auf Niedersachsen übertragen: 4.739 GWh Stromerzeugung (Kraftwerke/Heizkraftwerke); 6.913GWh Wärme (Haushalte); 2.120 GWh Wärme (Industrie).</p>				
<p>248 Die energetische Holznutzung in Deutschland 2013 resultiert aus der Endenergiebereitstellung und bei der Bruttostromerzeugung unter Berücksichtigung des Jahresnutzungsgrades der Kraftwerke [248]: 44.929 GWh Strom (28,0 % Nutzungsgrad gemäß[350]); 65.530 GWh Wärme (Haushalte); 20.100 GWh Wärme (Industrie); vereinfachend wird bei Wärme (HW/HKW) ausschließlich von Heizkraftwerken ausgegangen, deren Holzbedarf bereits über die Stromerzeugung in die Kalkulation eingeht.</p>				
<p>249 Energiebereitstellung bzw. Bruttostromerzeugung aus Holz in Deutschland 2013 gemäß [9.57], S. 9, 13, aufgrund der Werte für biogene Festbrennstoffe, eine Abgrenzung von Holz zu anderen Feststoffen wie z. B. Abfallverbrennung war aus Mangel geeigneter Daten nicht möglich: 12.580 GWh Strom; 65.530 GWh Wärme (Haushalte); 20.100 GWh Wärme (Industrie); 7.510 GWh Wärme (Heizwerke/Heizkraftwerke).</p>				
<p>250 29.522 GWh/a (bezogen auf Vorratsfestmeter Vfm) beträgt das Energiepotenzial des jährlichen Holzzuwachses in den Forsten Niedersachsens, resultierend aus einer Forstfläche von 1.200.091 ha [109] und einem Energieertrag von 24,6 Mio. Fm/a[258].</p>				

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
252 - ZIEL-Ansatz: Das Potenzial an Energieholz direkt aus dem Wald mit einem Anteil von 23,3% am jährlichen Zuwachs [253] und aus anderen Quellen mit einem Anteil von 21,1% [255] ergibt einen insgesamt nutzbaren Anteil von 44,4% des jährlichen Zuwachses.				252
253 Unter der Annahme, dass 50% des insgesamt im Wald geernteten Holzes gemäß [254] direkt energetisch genutzt werden, sind das 23,3% vom Zuwachs.				253
254 Bei einem schonenden, naturschutzorientierten Waldbau gemäß Clusterstudie der Forstlichen Versuchsanstalt, wie er in diesem Szenario angenommen wird, ist über einen Erhalt sogar eine leichte Steigerung des jährlichen Holz-Volumenzuwachses (Vorratsfestmeter) gegenüber heute 10,2 Vfm/ha/a [262] auf langfristig 10,5 Vfm/ha/a zu erwarten, dies setzt aber die Begrenzung der Holznutzung (Erntefestmeter) auf 4,9 Efm/ha/a voraus [9.155], S. 67, entsprechend 46,7% vom Zuwachs.				254
255 Auf Hinweis aus dem Nds. Landwirtschaftsministerium [9.137] wird das langfristige jährliche Potenzial an Energieholz aus anderen Quellen wie folgt angesetzt: Landschaftspflegeholz 1,5 Mio. Fm/a, Altholz&Abfallholz&Industrieholz 1 Mio. Fm/a, insgesamt 2,5 Mio. Fm/a. Dies entspricht bei einem Zuwachs von 10,5 Vfm/ha/a [261] einer zusätzlichen virtuellen Waldfläche von 0,238 Mio. ha. Relativ zur bewirtschafteten Waldfläche von 1,128 Mio. ha [113] entspricht das 21,1%.				255
257 Energieholz (Forst) - Energieertrag	MWh/ha/a	24,6 [258]	25,3 [261]	257
258 - STATUS-Ansatz: Einen Heizwert von 24,6 MWh/ha/a weist der jährliche Holzzuwachs in den Forsten Niedersachsens durchschnittlich auf. Der Wert resultiert aus einem Volumenzuwachs der Holzvorräte von 12,3 Mio. Fm/a in den Wäldern Niedersachsens im Jahr 2013 gemäß [9.131], S. 41 und einem durchschnittlichen Energieinhalt von 2,41 MWh/Fm [259] bezogen auf die gesamte Waldfläche von 1,205 Mio. ha [97].				258
259 Ein durchschnittlicher spezifischer Energieinhalt von 2,41 MWh/Fm resultiert aus dem Ansatz in der Niedersächsischen Feuerstättenzählung 2013 [9.7], S. 18: Einem Holzvolumen von 3,5 Mio. Efm wird dort eine Energieinhalt von 8,44 Mio. MWh zugeordnet.				259
261 - ZIEL-Ansatz: Bei einem schonenden, naturschutzorientierten Waldbau gemäß Clusterstudie der Forstlichen Versuchsanstalt, wie er in diesem Szenario angenommen wird, ist über einen Erhalt sogar eine leichte Steigerung des jährlichen Holz-Volumenzuwachses gegenüber heute 10,2 Vfm/ha/a [262] auf langfristig 10,5 Vfm/ha/a [9.154], S. 67, zu erwarten. Der heutige Wert für den durchschnittlichen spezifischen Energieinhalt von 24,6 MWh/Fm [258] erhöht sich bei gleichbleibenden Holzarten-Anteilen somit auf 25,3 MWh/ha/a .				261
262 Der derzeitige spezifische Holz-Volumenzuwachs in Niedersächsischen Wäldern von 10,2 Vfm/ha/a resultiert aus einem Gesamtzuwachs von 12,3 Mio. Fm/a im Jahr 2013 [9.131], S. 41, und einer Waldfläche von 1,205 Mio. ha [97].				262
264 Energieholz (Acker, inkl. Miscanthus)				264
266 Energieholz (Acker) - Anbaufläche	ha	760 [267]	760 [270]	266
267 - STATUS-Ansatz: Geeignete statistische Daten direkt für Niedersachsen im Jahr 2013 sind nicht verfügbar. Ersatzweise wird ein Schätzwert auf Grundlage einer älteren Angabe herangezogen [268]:				267
268 Gemäß einer Studie des Von Thünen-Instituts [9.111], S. 4, lag Niedersachsen im Jahr 2011 mit 700 ha Kurzumtriebsplantagen inkl. Miscanthus nach Brandenburg auf Platz 2 der Bundesländer. Aufgrund der bundesweiten Steigerung von 6000 ha (2011) auf 6500 ha (2012) wird für Niedersachsen 2012/2013 konservativ von 760 ha ausgegangen, das entspricht 0,04 % der Ackerfläche [80].				268
270 - ZIEL-Ansatz: Kein weiterer Ausbau, Beibehaltung des Status. Begründung: Die Erträge liegen bei Verwendung trockener Brennstoffe [277] zwar in der gleichen Größenordnung wie Biogas [373], allerdings ist dies besser zur Substitution im besonders kritischen Kraftstoff-Bereich geeignet und wird daher bevorzugt.				270
272 Energieholz (Acker) - Energieertrag	%	29,9 [273]	51,4 [277]	272
273 - STATUS-Ansatz: 29,9 MWh/ha/a [274], wobei dieser Wert für Kurzumtriebsplantagen gleichermaßen auch auf Miscanthus gelten kann [275].				273
274 Typische Erträge von Kurzumtriebsplantagen (z. B. Pappel, Weiden) gemäß FNR [9.75], S. 16: 12 t/ha/a Masseertrag, 185 GJ/ha/a Energieertrag entsprechend 51,4 MWh/ha/a (bei einem Wassergehalt=15%). Hinweis, dass die Verfeuerung meist mit einem Wassergehalt von 35%-55% erfolgt, gemäß Diagramm (S. 15) resultiert daraus ein auf 58,1 % reduzierter Heizwert und ein Energieertrag von 29,9 MWh/ha/a.				274
275 Typische Erträge aus Miscanthus-Anbau (Chinaschilf) gemäß [9.75], S. 16 liegen mit 219 GJ/ha/a zwar etwas höher, als bei Kurzumtriebsplantagen, gelten aber erst ab dem 3. Anbaujahr. Der Durchschnitt über die gesamte Standzeit liegt niedriger und dürfte so in etwa dem Energieertrag von Kurzumtriebsplantagen entsprechen.				275
277 - ZIEL-Ansatz: 51,4 MWh/ha/a [274], wobei im Gegensatz zum Status von der Verwendung luftgetrockneter Brennstoffe mit einem Wassergehalt von 15% ausgegangen wird, um die Verschwendung eines Teils der enthaltenen Energie zu vermeiden. Eventuelle Einflüsse auf die Wachstumsbedingungen, beispielsweise durch die Klimaveränderung, sind aus heutiger Sicht nicht hinreichend einschätzbar.				277

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
279	Energieholz gesamt				279
281	Energieholz-Anteil für Gebäudewärme	%	50,2 [282]	0,0 [284]	281
282	- STATUS-Ansatz: 50,2 % als Verhältnis von 6.913 GWh/a Energieholz für Haushalte zu 13.772 GWh/a energetischer Holznutzung insgesamt [247].				
284	- ZIEL-Ansatz: Energieholz für Gebäudewärme (Kamine, Öfen, Kessel) erscheinen für die Zukunft nicht sinnvoll, vorzuziehen ist die Verwendung des begrenzten Brennstoffanfalls für anspruchsvollere Anwendungsbereiche wie Prozesswärme oder Stromerzeugung.				
286	Energieholzanteil für Prozesswärme	%	15,4 [287]	100,0 [289]	286
287	- STATUS-Ansatz: 15,4 % als Verhältnis von 2.120 GWh/a Energieholz für Industrie zu 13.772 GWh/a energetischer Holznutzung insgesamt [247].				
289	- ZIEL-Ansatz: Energieholz ist hier vorrangig für Prozesswärme vorgesehen, um zumindest einen Teil der heute eingesetzten fossilen Brennstoffe zur Erzielung der hohen Temperaturen zu substituieren. Elementar ist dies bei Prozessen, die kohlenstoffhaltige Brennstoffe als Reaktionspartner erfordern.				
291	Energieholzanteil für Verstromung	%	34,4 [292]	0,0 [294]	291
292	- STATUS-Ansatz: 34,4 % als Verhältnis von 4.739 GWh/a Energieholz für Stromerzeugung zu 13.772 GWh/a energetischer Holznutzung insgesamt [247].				
294	- ZIEL-Ansatz: Auf die Verstromung von Energieholz wird zugunsten der Prozesswärme verzichtet, da mit dem begrenzten Brennstoffangebot nur ein marginaler Beitrag zur Stromversorgung geleistet werden könnte, selbst bei Einsatz in Regelkraftwerken.				
296	Energieholzanteil für Wärmenetze	%	0,0 [297]	0,0 [299]	296
297	- STATUS-Ansatz: 0 %. Begründung: Da der Energieholzeinsatz für Einspeisung von Abwärme aus Heizkraftwerken bereits über den Einsatz für Stromerzeugung in die Kalkulation eingeht, wird hier nur der Energieholzeinsatz von Heizwerken ohne Stromerzeugung angesetzt. Für Niedersachsen sind dazu keine geeigneten Daten verfügbar. Für Deutschland gibt es zwar Angaben zur Wärme von Heizwerken und Heizkraftwerken insgesamt, aber nicht differenziert [249]. Der Sachverhalt, dass dieser Wärmebeitrag insgesamt wesentlich niedriger liegt, als die Bruttostromerzeugung aus festen Biobrennstoffen [249], legt den Schluss nahe, dass es sich überwiegend um Abwärme aus Verstromung handelt. Vereinfachend wird daher die Wärme aus reinen Holz-Heizwerken hier vernachlässigt.				
299	- ZIEL-Ansatz: Reine Biomasse-Heizwerke zur Versorgung mit Gebäudewärme über Wärmenetze erscheinen für die Zukunft nicht sinnvoll, vorzuziehen ist die Verwendung des begrenzten Brennstoffanfalls für anspruchsvollere Anwendungsbereiche wie Prozesswärme oder Stromerzeugung.				
301	Stroh, energetische Nutzung				301
303	Energetisch genutzter Anteil am Strohanfall	%	0,0 [304]	20,0 [306]	303
304	- STATUS-Ansatz: Eine energetische Nutzung des anfallenden Getreidestrohs in relevantem Umfang findet bislang weder in Niedersachsen noch in Deutschland statt.				
306	- ZIEL-Ansatz: Mit 20 % wird der Empfehlung des Landwirtschaftsministeriums [307] gefolgt, da das IFEU-Papier [308] mit dem deutschen Durchschnitt die Niedersächsischen Verhältnisse nicht angemessen wiedergeben kann.				
307	Auf Hinweis aus dem Nds. Landwirtschaftsministerium [9.137] erscheint ausgehend von den Standortbedingungen in Niedersachsen ein energetisch nutzbares Strohpotenzial von 4.200 GWh/a angemessen. Das sind rund 20% des gesamten Strohanfalls, resultierend aus 898.000 ha Getreideanbaufläche [88] und 23,8 MWh/ha Energieertrag [313].				
308	In einem Positionspapier des IFEU [9.99] mit einer vergleichenden Bewertung von sieben verschiedenen Studien wird vorgeschlagen (S. 3), künftig maximal ein Drittel des anfallenden Getreidestrohs energetisch zu nutzen, um die Humusbilanz der Äcker auch längerfristig nicht zu beeinträchtigen.				
310	Getreidestroh - Energieertrag	MWh/ha/a	23,8 [311]	23,8 [313]	310
311	- STATUS-Ansatz: 23,8 GWh/ha/a gemäß FNR[9.75], S. 16: Der Bruttojahresbrennstofftrag von Getreidestroh ist dort mit 85,8 GJ/ha/a angegeben.				
313	- ZIEL-Ansatz: Der Status-Ansatz wird übernommen, eventuelle Einflüsse auf die Wachstumsbedingungen, beispielsweise durch die Klimaveränderung, sind aus heutiger Sicht nicht hinreichend einschätzbar.				
315	Energestrohanteil für Gebäudewärme	%	0,0 [316]	0,0 [318]	315
316	- STATUS-Ansatz: (keine energetische Nutzung von Getreidestroh [304]).				

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
318	- ZIEL-Ansatz: Stroh brennstoffe für Gebäudewärme (Pelletöfen, Pelletkessel) erscheinen nicht sinnvoll, vorzuziehen ist die Verwendung des begrenzten Brennstoffanfalls für anspruchsvollere Anwendungsbereiche wie Prozesswärme oder Stromerzeugung.				318
320	Energierohanteil für Prozesswärme	%	0,0 [321]	100,0 [323]	320
321	- STATUS-Ansatz: (keine energetische Nutzung von Getreidestroh [304]).				321
323	- ZIEL-Ansatz: Stroh brennstoffe sind hier vorrangig für Prozesswärme vorgesehen, um zumindest einen Teil der heute eingesetzten fossilen Brennstoffe zur Erzielung der hohen Temperaturen zu substituieren. Elementar ist dies bei Prozessen, die kohlenstoffhaltige Brennstoffe als Reaktionspartner erfordern.				323
325	Energierohanteil für Verstromung	%	0,0 [326]	0,0 [328]	325
326	- STATUS-Ansatz: (keine energetische Nutzung von Getreidestroh [304]).				326
328	- ZIEL-Ansatz: Auf die Verstromung von Stroh wird zugunsten der Prozesswärme verzichtet, da mit dem begrenzten Brennstoffangebot nur ein marginaler Beitrag zur Stromversorgung geleistet werden könnte, selbst bei Einsatz in Regelkraftwerken.				328
330	Energierohanteil für Wärmenetze	%	0,0 [331]	0,0 [333]	330
331	- STATUS-Ansatz: (keine energetische Nutzung von Getreidestroh [304]).				331
333	- ZIEL-Ansatz: Reine Biomasse-Heizwerke zur Versorgung mit Gebäudewärme über Wärmenetze erscheinen für die Zukunft nicht sinnvoll, vorzuziehen ist die Verwendung des begrenzten Brennstoffanfalls für anspruchsvollere Anwendungsbereiche wie Prozesswärme oder Stromerzeugung.				333
335	Verstromung biogene Brennstoffe (fest)				335
337	Strom aus Brennstoffen (fest) - Nutzungsgrad	%	28,0 [338]	36,2 [342]	337
338	- STATUS-Ansatz: Angaben zum Durchschnitt des Nutzungsgrades waren direkt weder für Niedersachsen noch für Deutschland verfügbar. Ersatzweise erfolgte eine Annahme von 28% el. unter Orientierung an zwei konkreten Anlagen innerhalb des Effizienz-Spektrums [339], [340].				338
339	Aus den Betriebsdaten eines 2009 in Langelsheim in Betrieb genommenen Biomasse-Heizkraftwerkes lässt sich auf einen Jahresnutzungsgrad von 20,5% el. und 36,6% therm. schließen, dies ergab eine Auswertung in [9.160], Ho69.				339
340	Für das 2008 in Piesteritz in Betrieb genommenen Biomasse-Heizkraftwerk wird in [9.163], S. 11 ein Wirkungsgrad von 36,2% el. Brutto angegeben, außerdem erfolgt eine Dampfauskoppelung mit einem Wirkungsgrad von 55% therm..				340
342	- ZIEL-Ansatz: 36,2 % el. gemäß der Referenzanlage in Piesteritz [340] markieren aus heutiger Sicht das obere Ende erreichbarer Nutzungsgrade des künftigen Anlagenparks.				342
344	Abwärme aus Verstromung - Nutzungsgrad	%	16,7 [345]	55,0 [346]	344
345	- STATUS-Ansatz: Angaben zum effektiven Jahresnutzungsgrad als Verhältnis von tatsächlich genutzter Abwärme zum Brennstoffeinsatz zur Verstromung waren direkt weder für Niedersachsen noch für Deutschland verfügbar. Ersatzweise wird ausgehend vom elektrischen Nutzungsgrad 28% el.[338] über das Verhältnis von 7.510 GWh/a th. Wärmebereitstellung aus Heizkraftwerken [249] zu 12.580 GWh/a el. Stromerzeugung dieser Heizkraftwerke [249] der effektive Nutzungsgrad von 16,7 % gebildet.				345
346	- ZIEL-Ansatz: 55 % el. gemäß der Referenzanlage in Piesteritz [340] markieren aus heutiger das obere Ende erreichbarer Nutzungsgrade des künftigen Anlagenparks.				346
348	Biogene Brennstoffe (fest) für Wärmenetze				348
350	Heizwerke/Wärmenetze - Nutzungsgrad	%	75,0 [351]	75,0 [352]	350
351	- STATUS-Ansatz: Da keine geeigneten Belege verfügbar waren, wurde eine eigene Einschätzung getroffen.				351
352	- ZIEL-Ansatz: Da keine geeigneten Belege verfügbar waren, wurde eine eigene Einschätzung getroffen.				352
354	Biogene Abfallstoffe (fest)				354
356	Strom aus Abfallstoffen (fest)	GWh/a	701 [357]	701 [358]	356
357	- STATUS-Ansatz: Geeignete Daten für Niedersachsen 2013 waren direkt nicht verfügbar, ersatzweise Abschätzung aus dem Wert für Deutschland 2013: 5.260 GWh Bruttostromerzeugung aus biogenem Anteil des Abfalls [9.57] S. 9, über Bevölkerungsproporz (10.734.539 Personen Niedersachsen 2013 [34] gemäß Solidar-Prinzip, 80.523.746 Einwohner Deutschland 2013 [58]).				357

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
358 - ZIEL-Ansatz: Beibehaltung des Statuswertes aufgrund einer aus heutiger Sicht schwer einschätzbaren Entwicklung. Auf der einen Seite ließe sich der Anteil energetischer Verwertung vermutlich noch erhöhen. Auf der anderen Seite könnte die weitere Optimierung von Müllvermeidung zu einer Senkung der energetisch verwertbaren Mengen führen.				358
360 Wärme aus Abfallstoffen (fest)	GWh/a	1.300 [361]	1.300 [362]	360
361 - STATUS-Ansatz: Geeignete Daten für Niedersachsen 2013 waren direkt nicht verfügbar, ersatzweise Abschätzung aus dem Wert für Deutschland 2013: 9.750 GWh Wärme aus biogenem Anteil des Abfalls [9.57] S. 13, über Bevölkerungsproporz (10.734.539 Personen Niedersachsen 2013 [34] gemäß Solidar-Prinzip, 80.523.746 Einwohner Deutschland 2013 [58]).				361
362 - ZIEL-Ansatz: Beibehaltung des Statuswertes aufgrund einer aus heutiger Sicht schwer einschätzbaren Entwicklung. Auf der einen Seite ließe sich der Anteil energetischer Verwertung vermutlich noch erhöhen. Auf der anderen Seite könnte die weitere Optimierung von Müllvermeidung zu einer Senkung der energetisch verwertbaren Mengen führen.				362
363 Biogas				363
365 Biogas - NAWARO-Anbaufläche	ha	279.961 [366]	293.921 [368]	365
366 - STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 23, lag die Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe für Biogas im Jahr 2013 bei 82,1 % der gesamten Energiepflanzen-Anbaufläche von 341.000 ha entsprechend 279.961 ha.				366
368 - ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: Entspricht dem Endausbau (siehe unten), jedoch bleibt die Fläche des zurückgestellten Solarfreiflächen-Ausbaus [133] zunächst noch für den Energiepflanzenanbau verfügbar. Die resultierende Zielfläche von 293.921 ha entspricht 11,4% der Landwirtschaftsfläche [75]. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: Innerhalb der Extrempositionen (bezüglich Anbau energetisch genutzter nachwachsender Rohstoffe) von einerseits der Leitstudie mit 22,5% [369] der Landwirtschaftsfläche und andererseits THGND mit einem völligen Verzicht [370] geht der gewählte Ansatz vom Erhalt des Status Quo aus [366], allerdings vermindert um die Hälfte des Solar-Freiflächen-Zubaus von 58.335 ha. Andererseits wird die frei gewordene Bioethanol-Anbaufläche von 15004 ha dem Energiepflanzenanbau für Biogas zugeschlagen. Die resultierende Zielfläche von 236.630 ha entspricht 9,2% der Landwirtschaftsfläche [75].				368
369 Leitstudie 2011 [9.51], S. 6: "Das begrenzte Potenzial der energetischen Nutzung von Biomasse verlangt einen sehr ressourceneffizienten Umgang (...) An nutzbarer inländischer Landfläche zum nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen werden 4,2 Mio. ha angenommen (entsprechend 22,5% der Landwirtschaftsfläche)."				369
370 "Treibhausgasneutrales Deutschland 2050" [9.183], S. 44: "Das Umweltbundesamt steht dem Anbau von Biomasse eigens zur energetischen Nutzung kritisch gegenüber, unter anderem aufgrund der zunehmenden Konkurrenz um fruchtbare Anbauflächen, der unverhältnismäßig hohen Flächenintensität der Energiegewinnung aus Anbaubiomasse im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energiequellen und der sozioökonomisch problematischen Verknüpfung mit den Lebensmittelpreisen am Weltmarkt. Daher werden nachfolgend nur Potenziale aus biogenen Abfallstoffen berücksichtigt."				370
371 Die komplexen Zusammenhänge zwischen Bioenergie-Anbaupotenzialen, Nahrungsmittelversorgung, Ernährungsgewohnheiten, Agrarimporten, Umweltgesichtspunkten, Nachhaltigkeit und die daraus resultierenden Entwicklungsperspektiven werden im Rahmen dieses Szenarios nicht näher betrachtet, sie werden beispielsweise in der Studie des Umweltbundesamtes "Treibhausgasneutrales Deutschland 2050" [9.183], S. 291 ff., ausführlich behandelt.				371
373 Biogas - Methanertrag	MWh/ha/a	53,0 [374]	42,4 [380]	373
374 - STATUS-Ansatz: Resultiert aus dem Heizwert der in Niedersachsen 2013 erzeugten Biogasmenge aus Energiepflanzen vom Acker von 14.825 GWh [375] bezogen auf die dafür beanspruchte Anbaufläche von 279.961 ha [378].				374
375 Einen Heizwert von 14.825 GWh besaß die im Jahr 2013 praktisch vollständig verstromte Biogasmenge aus Energiepflanzenanbau (was auch auf das ins Gasnetz eingespeiste Biomethan zutrifft), resultierend aus der Stromerzeugung [376] und dem durchschnittlichen Verstromungs-Wirkungsgrad von 38% gemäß [9.75] S. 37.				375
376 5.633 GWh Stromerzeugung aus Biogas entfallen auf Energiepflanzen vom Acker (wobei ein relativ geringer Anteil an pflanzlichen Nebenprodukten hier nicht herausgerechnet wird) - resultierend aus der gesamten Stromerzeugung [377] und einem Leistungsanteil von 82% gemäß [9.4] S. 15.				376
377 6.870 GWh Stromerzeugung aus Biogas in Niedersachsen 2013 gemäß AEE [9.10] Zeile 77.				377
378 279.961 ha Energiepflanzen-Anbaufläche für Biogas in Niedersachsen 2013 resultieren aus einer Gesamtfläche für Energiepflanzenanbau von 341.000 ha und einem Biogas-Anteil von 82,1% gemäß [9.4] S. 16.				378

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
380 - ZIEL-Ansatz: 42,4 MWh/ha/a entsprechend 80 % vom Status resultieren aus dem Versuch einer Abwägung der steigenden Einflüsse [381] und der senkenden Einflüsse [382] auf den Methanertrag, die aus heutiger Sicht nur umrisshaft erkennbar sind.				380
Dies erscheint wegen der Unsicherheiten als optimistischer Ansatz.				
381 Steigernde Einflüsse sind nur noch in geringem Umfang zu erwarten: Weitere Optimierung von Sorten, Ackerbau und Gärprozess, ausgehend von einem bereits hohen erreichten Standard.				381
382 Senkende Einflüsse könnten dagegen in erheblichem Umfang wirksam werden: Optimierung hinsichtlich Bodenerosion, Humusgehalt, Ökolandbau, Biodiversität, Artenschutz. Als idealtypischer Ansatz erscheinen aus heutiger Sicht beispielsweise Wildpflanzen als Biogassubstrat. Die bundesweite Feldforschung durch die bayrische Landesanstalt für Wein- und Gartenbau lässt ein hohes Problemlösungspotenzial zum Ziel einer zukunftsfähigen Wirtschaftsweise bereits erkennen [9.45]. Durch die damit verbundene Extensivierung liegen die heute erreichbaren Methanerträge allerdings erst bei knapp der Hälfte von Mais [9.45] S. 24.				382
384 Biogas aus Abfall-/Reststoffverwertung	GWh/a	3.254 [385]	6.508 [388]	384
385 - STATUS-Ansatz: Einen Heizwert von 3.254 GWh besaß die im Jahr 2013 praktisch vollständig verstromte Biogasmenge aus Landwirtschaftlichen Reststoffen und Bioabfällen (was auch auf das ins Gasnetz eingespeiste Biomethan zutrifft), resultierend aus der Stromerzeugung [386] und einem durchschnittlichen Verstromungs-Wirkungsgrad von 38% gemäß [9.75] S. 37.				385
386 1.237 GWh Stromerzeugung aus Biogas entfallen auf die Verwertung von Landwirtschaftlichen Reststoffen (Gülle, Festmist, Gärreste) mit einem Leistungsanteil von 11% und Bioabfälle (Fette, Flotate, organische Abfälle) mit einem Leistungsanteil von 7% gemäß [9.4] S. 15, bezogen auf die gesamte Stromerzeugung aus Biogas [387].				386
388 - ZIEL-Ansatz: Aus einer Studie, die von einer Verdoppelung der Biogasproduktion aus Wirtschaftsdünger bis 2030 ausgeht [389], wird die Erhöhung um 100% auf 6.508 GWh/a übernommen. Der Ansatz erscheint wegen erheblicher Unwägbarkeiten allerdings eher optimistisch, beispielsweise bezüglich der Verfügbarkeit von Gülle und Mist aufgrund veränderter Bedingungen bei der Fleischproduktion.				388
389 Studie von Airbus zur nachhaltigen Biokerosin-Produktion auf Basis von Biogas: "...wird aufgrund der Auswirkungen der Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger und der Niedersächsischen Verordnung über Meldepflichten in Bezug auf Wirtschaftsdünger annähernd eine Verdoppelung des heutigen Werts von 30% erwartet. Während heute 14% des Bioabfallaufkommens energetisch genutzt wird, ist nach Ende der Nutzungsdauer bestehender Kompostierungsanlagen eine Erhöhung auf 20 bzw. 30% anzunehmen."				389
391 Gase aus Deponien und Kläranlagen	GWh/a	173 [392]	173 [395]	391
392 - STATUS-Ansatz: Einen Heizwert von 173 GWh besaß die im Jahr 2013 praktisch vollständig verstromte Gasmenge aus Deponien und Kläranlagen, resultierend aus der Stromerzeugung [393] und einem durchschnittlichen Verstromungs-Wirkungsgrad von 38% gemäß [9.75] S. 37.				392
393 66 GWh Stromerzeugung aus Deponie- und Klärgasen in Niedersachsen im Jahr 2013 gemäß [9.66], Tabelle kWh.				393
395 - ZIEL-Ansatz: Es erscheint als unwahrscheinlich, das der heute vernachlässigbare Anteil an der Energieversorgung um Größenordnungen gesteigert werden kann. Daher wurde hier vereinfachend der Statuswert fortgeschrieben.				395
397 Biogas-Anteil für Prozesswärme	%	0,0 [398]	36,4 [400]	397
398 - STATUS-Ansatz: Es ist davon auszugehen, dass Biogas bisher nicht für Prozesswärme verwendet wird, da das ins Gasnetz eingespeiste Biomethan ortsversetzt vollständig wieder verstromt wird.				398
400 - ZIEL-Ansatz: Etwas über ein Drittel des Biogases wird für Prozesswärme zur Substitution fossiler Brennstoffe verwendet, der größere Teil aber für die mobilen Anwendungen, da die Substitution der fossilen Brennstoffe dort höchst anspruchsvoll ist.				400
402 Biogas-Anteil für Verstromung	%	99,4 [403]	0,0 [405]	402
403 - STATUS-Ansatz: Bis auf einen kleinen Verwendungs-Anteil als Kraftstoff [419] wurde das gesamte Biogas einschließlich Deponie- und Klärgase in Niedersachsen 2013 für Verstromung verwendet.				403
405 - ZIEL-Ansatz: Auf die Verstromung von Biogas wird zugunsten der Mobilen Anwendungen verzichtet, da mit dem begrenzten Brennstoffangebot nur ein geringer Beitrag zur Stromversorgung geleistet werden könnte, selbst bei Einsatz in Regelkraftwerken.				405
407 Biogasverstromung - Nutzungsgrad	%	38,0 [408]	45,0 [410]	407
408 - STATUS-Ansatz: Aktueller Durchschnittswert des deutschen Anlagenbestandes 2013 gemäß FNR [9.75] S. 37.				408
410 - ZIEL-Ansatz: Orientiert am oberen Ende der Bandbreite heutiger elektrischer Wirkungsgrade von Biogas-BHKWs zwischen 28-47% gemäß FNR [9.75] S. 41.				410

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
412	Biogasverstr. - Nutzungsgrad KWK-Abwärme effektiv	%	16,4 [413]	20,0 [417]	412
413	- STATUS-Ansatz: Der bei der Biogas-Verstromung tatsächlich genutzte Teil der anfallenden Abwärme [414] relativ zum Heizwert des zur Verstromung eingesetzten Biogases [415] (vereinfachend wird hier von der Nutzung als Gebäudewärme ausgegangen). Wegen Eigenverbrauch der Biogaserzeugung und örtlicher/zeitlicher Nichtübereinstimmung von Wärmeangebot und Wärmebedarf liegt der Wert erheblich unter dem thermischen Wirkungsgrad der Blockheizkraftwerke von 34-55% gemäß [9.75] S. 41.				
414	Rund 3000 GWh Abwärme aus der Biogasverstromung wurden 2013 in Niedersachsen im Jahr 2013 extern genutzt gemäß [9.4] S. 13.				
415	18252 GWh Biogas und Deponie- und Klärgas in Niedersachsen im Jahr 2013, resultierend aus 18.079 GWh Biogas (6.870 GWh Strom aus Biogasverstromung [377] bei einem Wirkungsgrad von 38% [408]) plus Deponie-/Klärgasen von 173 GWh [392].				
417	- ZIEL-Ansatz: Leichte Erhöhung gegenüber dem Status, resultierend aus folgender Überlegung: Beispielsweise durch erhöhte Anzahl von Satelliten-BHKW an Orten mit Wärmeabnahme lässt sich die Abwärmenutzung steigern. Bei verstärkt intermittierender BHKW-Betriebsführung zum Ausgleich von Strommangelphasen wird allerdings die zeitliche Übereinstimmung von Wärme-Angebot und -Bedarf weiter zurückgehen bzw. verlustbehaftete Wärmespeicherung erforderlich machen.				
419	Biogas-Anteil als Biomethan für Mobile Antriebe	%	0,6 [420]	63,6 [422]	419
420	- STATUS-Ansatz: In Ermangelung geeigneter Daten wird der deutsche Durchschnittswert hier für Niedersachsen angenommen.				
421	0,6% der gesamten Biogaserzeugung in Deutschland 2013 wurden im Verkehrssektor als Kraftstoff verwendet, resultierend aus dem Verhältnis von 450 GWh im Verkehrssektor gemäß [9.118], S. 17, zu 71.526 GWh für die Verstromung (mit 27.180 GWh Stromerzeugung (S. 9) und 38% Verstromungswirkungsgrad).				
422	- ZIEL-Ansatz: Biogas ist vorrangig zur Kraftstofferzeugung für die mobilen Anwendungen vorgesehen (vor allem Güterverkehr), da hier die Substitution der fossilen Kraftstoffe besonders anspruchsvoll ist.				
424	Biogas zu Biomethan-Kraftstoff - Nutzungsgrad	%	94,0 [425]	94,0 [428]	424
425	- STATUS-Ansatz: Annahme gemäß [426].				
426	Verluste bei Aufbereitung und Hochdruckverdichtung zur Verwendung von Biogas als Kraftstoff: 5% bis 7% gemäß [9.181].				
428	- ZIEL-Ansatz: Wegen der verlustarmen Bereitstellung von hochkomprimiertem Biomethan wird dies für mobile Anwendungen am Boden vorgesehen, wo es problemlos handhabbar ist. Der heutige Nutzungsgrad [426] wird auch für die Zukunft angenommen.				
431	Biogas-Anteil als Flüssigkraftst.für Mobile Antriebe	%	0,0 [432]	0,0 [433]	431
432	- STATUS-Ansatz: Bislang keine Erzeugung von Flüssigkraftstoffen aus Biogas.				
433	- ZIEL-Ansatz: Biogas ist vorrangig zur Kraftstofferzeugung für die Mobilen Anwendungen vorgesehen, da hier die Substitution der fossilen Kraftstoffe besonders anspruchsvoll ist. Dies trifft besonders auf den Luftverkehr zu, der wegen fehlender Elektrifizierungs-Möglichkeit wohl weitgehend auf Kraftstoffe - und hier aus verschiedenen Gründen (Platzbedarf, Handhabbarkeit, Sicherheit, Wandlungsverluste synthetischen Wasserstoffs) auf Kohlenwasserstoffe - angewiesen bleiben wird.				
435	Biogas zu Flüssigkraftstoff - Nutzungsgrad	%	45,0 [436]	45,0 [441]	435
436	- STATUS-Ansatz: Annahme eines kumulierten Wirkungsgrades gemäß [437].				
437	Gemäß [438] liegt der energetische Wirkungsgrad der Fischer-Tropsch-Synthese, unter Berücksichtigung aller zusätzlich erforderlichen Prozessschritte zur Erzeugung flüssiger Kohlenwasserstoffe aus reformiertem Biogas bei 67 %. Der stoffliche Wirkungsgrad zur Erzeugung von den als Flüssigkraftstoff einsetzbaren Produkten Kerosin und Diesel (C9 bis C24) beträgt dabei 45%.				
438	Der berechnete stoffliche Wirkungsgrad zur Erzeugung von Kerosin (C9 bis C14) beträgt 30% für das ausgewählte Konzept gemäß [439]. Neben Kerosin werden weitere energetisch nutzbare Produkte (Diesel und Naphta) sowie Strom aus Abwärme erzeugt (7%). Der stoffliche Wirkungsgrad zur Erzeugung von Diesel (C15 bis C24) beträgt dabei 15% [9.37], S. 48, Tab.6-11. Damit können in Summe 45% der eingesetzten Energie in Form der Zielprodukte Kerosin und Diesel genutzt werden (7% Strom bleibt hier unberücksichtigt).				
439	In [9.37] wurden verschiedene Konzepte zur Erzeugung von Kerosin aus Biogas betrachtet. Diese bestehen jeweils aus den Prozessschritten Reformierung, Synthesegasaufbereitung, Fischer-Tropsch-Synthese und Produktaufbereitung. Die ermittelten energetischen Wirkungsgrade betragen im Mittel 63 %, während das effizienteste Konzept ([9.37], S. 48, Tab.6-11) mit den geringsten Gestehungskosten für Kerosin ([9.37], S. 96, Tab.8-11) einen Wirkungsgrad von 67 % erreicht.				
441	- ZIEL-Ansatz: Der heutige Nutzungsgrad [437] wird auch für die Zukunft angenommen.				

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
443 Biodiesel (inkl. Pflanzenöl)				443
445 Biodiesel - Anbaufläche	ha	45.012 [446]	45.012 [448]	445
446 - STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 23, lag die Anbaufläche für Biodiesel im Jahr 2013 bei 13,2 % der gesamten Energiepflanzen-Anbaufläche von 341.000 ha entsprechend 45.012 ha. Mit dem resultierenden Biodiesel von ca. 650 GWh/a lässt sich etwa ein Drittel des Dieselbedarfs der Nds. Landwirtschaft in Höhe von ca. 2000 GWh decken.				446
448 - ZIEL-Ansatz: Innerhalb der Extrempositionen (bezüglich Anbau energetisch genutzter nachwachsender Rohstoffe) von einerseits der Leitstudie mit 22,5% der Landwirtschaftsfläche [369] und andererseits THGND mit einem völligen Verzicht [370] geht der gewählte Ansatz vom Erhalt des Status Quo aus [446]. Die Zielfläche von 45.012 ha entspricht 1,7% der Landwirtschaftsfläche [164]. Auf eine Ausweitung wurde zugunsten von Biogas [368] wegen der mehrfach höheren Energieerträge verzichtet. Mit dem Kraftstoff kann zumindest ein guter Teil des Verbrauchs landwirtschaftlicher Maschinen gedeckt werden.				448
450 Biodiesel - Energieertrag	MWh/ha/a	14,4 [451]	11,5 [454]	450
451 - STATUS-Ansatz: Resultiert aus einem durchschnittlichen Biodiesel-Ertrag aus Rapsanbau von 1.590 l/ha/a gemäß [9.75] S. 22, und einem Biodiesel-Heizwert gemäß [452]: 51.914 MJ/ha/a entsprechend 14,4 MWh/ha/a. 452 Heizwert Biodiesel gemäß [9.75] S. 26: 32,65 MJ/l .				451
454 - ZIEL-Ansatz: 11,5 MWh/ha/a entsprechend 80 % vom Status resultieren aus dem Versuch einer Abwägung der steigenden Einflüsse [455] und der senkenden Einflüsse [456] auf den Biodieselertrag, die aus heutiger Sicht nur umrisshaft erkennbar sind.				454
455 Steigernde Einflüsse sind nur noch in geringem Umfang zu erwarten: Weitere Optimierung von Sorten, Ackerbau und Herstellungsprozess, ausgehend von einem bereits hohen erreichten Standard.				455
456 Senkende Einflüsse könnten dagegen in erheblichem Umfang wirksam werden: Optimierung hinsichtlich Einschränkungen beim Pflanzenschutz, Ökolandbau, Biodiversität.				456
458 Biodiesel aus Import (+) / Export (-)	GWh/a	2.616 [459]	0 [468]	458
459 - STATUS-Ansatz: Resultiert aus dem von den Energieverbrauchern Niedersachsens 2013 nach dem Solidar-Prinzip verursachten Biodiesel- und Pflanzenölverbrauch (größtenteils als Beimischung zum Dieselmotorkraftstoff) gemäß [460], abzüglich der auf eigener Fläche erzeugten Menge [466]. Der Importanteil liegt bei 80,1 % vom Verbrauch.				459
460 3.265 GWh Verbrauch an Biodiesel inklusive Pflanzenöl wurde in Niedersachsen 2013 nach dem Solidar-Prinzip verursacht, resultierend aus dem deutschen Verbrauch [461] und dem Einwohnerproporz (Verhältnis 'Energieverbraucher Niedersachsens nach dem Solidar-Prinzip' [52] zur deutschen Einwohnerzahl [59]).				460
461 24.491 GWh Gesamtverbrauch an Biodiesel inklusive Pflanzenöl in Deutschland 2013, resultierend aus der Summe der Einzelverbäuche: Verkehrssektor 21.864 GWh [462], Verstromung 1.154 GWh [463], Landwirtschaft 1.473 GWh [464].				461
462 21.864 GWh Verbrauch an Biodiesel (21.854 GWh) inklusive Pflanzenöl (10 GWh) im Verkehrssektor in Deutschland 2013 gemäß [9.57] S. 17.				462
463 1.154 GWh Verbrauch an flüssigen Biobrennstoffen für Verstromung in Deutschland 2013 (unterstellt wird größtenteils Biodiesel und Pflanzenöl), resultierend aus einer Bruttostromerzeugung von 450 GWh gemäß [9.57], S. 9, mit einem Nutzungsgrad von 39,0% gemäß [482] .				463
464 1.473 GWh Verbrauch an Biodiesel in der Landwirtschaft in Deutschland 2013, resultierend aus dem zusammengefassten Wert für 'Wärme inklusive Landwirtschaft' von 2.050 GWh gemäß [9.57], S. 13, abzüglich der Abwärme aus Verstromung von 577 GWh gemäß [465] .				464
465 577 GWh Abwärme aus Verstromung flüssiger Biobrennstoffe in Deutschland 2013 (unterstellt wird größtenteils Biodiesel und Pflanzenöl), resultierend aus einem Verbrauch an flüssigen Biobrennstoffen für Verstromung von 1.154 GWh gemäß [463] und einem thermischen Nutzungsgrad von 50,0% gemäß [487] .				465
466 Ein Anteil von 649 GWh am Biodiesel bzw. Pflanzenöl-Aufkommen stammte in Niedersachsen 2013 aus dem Anbau von Raps im Land, resultierend aus einer Anbaufläche von 45.012 ha [446] und einem Energieertrag von 14,4 MWh/ha/a [451] .				466
468 - ZIEL-Ansatz: Ein Import von Pflanzenölprodukten für energetische Zwecke ist nicht vorgesehen, übereinstimmend mit der Leitstudie [469] und THGND [470]. Vor dem Hintergrund gravierender globaler Probleme erscheint die Inanspruchnahme von Anbauflächen im Ausland nicht sinnvoll: Welthungerproblem in Verbindung mit globalem Bevölkerungswachstum und Wüstenbildung, Verluste tropischer Wälder, Bodenschädigung durch Palmölplantagen.				468
469 Leitstudie 2011 [9.51], S. 6: "Da das nachhaltig nutzbare globale Biomassepotenzial auf nur etwa 100 EJ geschätzt wird, stellt ein deutlicher Biomasseimport keine nachhaltige Strategie dar. Es werden daher in dieser Studie keine (Netto-)Importe an energetisch genutzter Biomasse angenommen."				469

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
470	"Treibhausgasneutrales Deutschland 2050" [9.183], S. 44, 70: "Das Umweltbundesamt steht dem Anbau von Biomasse eigens zur energetischen Nutzung kritisch gegenüber, unter anderem aufgrund der zunehmenden Konkurrenz um fruchtbare Anbauflächen, der unverhältnismäßig hohen Flächenintensität der Energiegewinnung aus Anbaubiomasse im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energiequellen und der sozioökonomisch problematischen Verknüpfung mit den Lebensmittelpreisen am Weltmarkt." Auch ein Import von flüssigen Biobrennstoffen ist in der Studie nicht vorgesehen.				470
472	Biodiesel - Anteil für Mobile Anwendungen	%	95,3 [473]	100,0 [475]	472
473	- STATUS-Ansatz: Resultiert nach dem Verusacher- bzw. Solidarprinzip aus dem Verhältnis des deutschen Biodiesel- und Pflanzenöl-Verbrauchs im Verkehrssektor von 21.864 GWh [462] plus Landwirtschaft von 1.473 GWh [464] zum Gesamtverbrauch von 24.491 GWh [461].				473
475	- ZIEL-Ansatz: Biodiesel bzw. Pflanzenöl ist vorrangig als Kraftstoff für die Landwirtschaft und andere Mobile Anwendungen vorgesehen, da hier die Substitution der fossilen Kraftstoffe besonders anspruchsvoll ist. Dies trifft besonders auf den Luftverkehr zu, der wegen fehlender Elektrifizierungs-Möglichkeit wohl weitgehend auf Kraftstoffe - und hier aus verschiedenen Gründen (Platzbedarf, Handhabbarkeit, Sicherheit, Wandlungsverluste synthetischen Wasserstoffs) auf Kohlenwasserstoffe - angewiesen bleiben wird.				475
477	Biodiesel - Anteil für Verstromung	%	4,7 [478]	0,0 [480]	477
478	- STATUS-Ansatz: Resultiert nach dem Verusacher- bzw. Solidarprinzip aus dem Verhältnis des deutschen Biodiesel- und Pflanzenöl-Verbrauchs für Verstromung von 1.154 GWh [463] zum Gesamtverbrauch von 24.491 GWh [461].				478
480	- ZIEL-Ansatz: Auf die Verstromung von Bioiesel bzw. Pflanzenöl wird zugunsten der Mobilen Anwendungen verzichtet, da mit dem begrenzten Brennstoffangebot nur ein zu vernachlässigend geringer Beitrag zur Stromversorgung geleistet werden könnte, selbst bei Einsatz in Regelkraftwerken.				480
482	Biodiesel-Verstromung - Nutzungsgrad	MWh/ha/a	39,0 [483]	39,0 [485]	482
483	- STATUS-Ansatz: Nach einer Studie zu BHKW-Kenndaten [9.42], S. 11, liegen die von den Herstellern angegebenen elektrischen Wirkungsgrade von Pflanzenöl-BHKW im Bereich von minimal 29% bis maximal 46%, der Durchschnitt liegt bei 39 %. Dieser Wert dient als Orientierung für den Jahresnutzungsgrad, der mit 39% angenommen wird.				483
485	- ZIEL-Ansatz: Es ist davon auszugehen, dass bei der heutigen Blockheizkraftwerk-Technologie die Effizienzpotenziale weitgehend ausgeschöpft sind. Daher wird der Statuswert als Ziel übernommen.				485
487	Biodiesel-Verstr. - Nutzungsg. KWK-Abwärme eff.	MWh/ha/a	50,0 [488]	50,0 [490]	487
488	- STATUS-Ansatz: Repräsentative Statistikdaten zum thermischen Jahresnutzungsgrad des tatsächlich als Gebäudewärme verwerteten Abwärmeanteils liegen nicht vor. Er dürfte wegen der meist stromgeführten Betriebsweise auch in Zeiten mit geringer Wärmenachfrage erheblich unter dem thermischen BHKW-Wirkungsgrad liegen. Hier wird eine vor diesem Hintergrund optimistische Annahme getroffen.				488
490	- ZIEL-Ansatz: Es ist davon auszugehen, dass bei der heutigen Blockheizkraftwerk-Technologie die Effizienzpotenziale weitgehend ausgeschöpft sind. Daher wird der Statuswert als Ziel übernommen.				490
492	Bioethanol				492
494	Bioethanol - Anbaufläche	ha	15.004 [495]	0 [497]	494
495	- STATUS-Ansatz: Gemäß Nds. Landwirtschaftsministerium [9.134], S. 23, lag die Anbaufläche für Bioethanol im Jahr 2013 bei 4,4 % der gesamten Energiepflanzen-Anbaufläche von 341.000 ha entsprechend 15.004 ha.				495
497	- ZIEL-Ansatz: Energiepflanzenanbau für die Ethanolproduktion ist nicht mehr vorgesehen. Die Nutzung der begrenzten Energiepflanzen-Anbauflächen für Biogas erscheint wegen der erheblich höheren Flächenproduktivität [373] sinnvoller. Dies um so mehr, als der erhebliche Energieaufwand zur Ethanolherstellung zu einem stark reduzierten Netto-Energieertrag führt.				497
499	Bioethanol - Energieertrag (brutto)	MWh/ha/a	27,3 [500]	21,8 [505]	499
500	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus einem durchschnittlichen Biodiesel-Ertrag aus Getreide- und Zuckerrübenanbau von 4.660 l/ha/a gemäß [501] (deutsches Anteilsverhältnis wird dabei auch für Niedersachsen angenommen), und einem Bioethanol-Heizwert von 21,1 MJ/l gemäß [503]: 98.132 MJ/ha/a entsprechend 27,3 MWh/ha/a.				500
501	Gemäß [9.75] liegt der durchschnittliche Bioethanolertrag aus Weizen bei 2.760 l/ha/a, dieser Wert wird als Durchschnitt für Bioethanol aus Getreide genutzt (Mais liegt höher, andere Getreidesorten niedriger, deren Anteile sind nicht bekannt). Der Ertrag aus Zuckerrüben liegt danach bei 7.540 l/ha/a. Ein durchschnittlicher Bioethanolertrag von 4.660 l/ha/a resultiert aus dem gewichteten Mittel entsprechend der Anteile an der Bioethanolproduktion [502].				501

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
502	Gemäß [9.201] stammten 60,3% (404.954 t) der deutschen Bioethanolproduktion 2013 aus Getreide, 39,7% (267.074 t) aus Zuckerrüben.				502
503	Heizwert Bioethanol gemäß [9.75] S. 27: 21,06 MJ/l .				503
505	- ZIEL-Ansatz: 21,8 MWh/ha/a entsprechend 80 % vom Status resultieren aus dem Versuch einer Abwägung der steigenden Einflüsse [506] und der senkenden Einflüsse [507] auf den Biodethanol-Ertrag, die aus heutiger Sicht nur umrisshaft erkennbar sind.				505
506	Steigernde Einflüsse sind nur noch in geringem Umfang zu erwarten: Weitere Optimierung von Sorten, Ackerbau und Herstellungsprozess, ausgehend von einem bereits hohen erreichten Standard.				506
507	Senkende Einflüsse könnten dagegen in erheblichem Umfang wirksam werden: Optimierung hinsichtlich Einschränkungen beim Pflanzenschutz, Ökolandbau, Biodiversität.				507
509	Bioethanol aus Import (+) / Export (-)	%	776,3 [510]	0,0 [515]	509
510	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus dem von den Energieverbrauchern Niedersachsens 2013 nach dem Solidar-Prinzip verursachten Bioethanol-Verbrauch (vollständig als Beimischung zum Ottokraftstoff) gemäß [511], abzüglich der auf eigener Fläche erzeugten Menge [513]. Der Importanteil liegt bei 65,5 % vom Verbrauch.				510
511	1.185 GWh Verbrauch von Bioethanol wurde in Niedersachsen 2013 nach dem Solidar-Prinzip verursacht, resultierend aus dem deutschen Verbrauch [512] und dem Einwohnerproporz (Verhältnis 'Energieverbraucher Niedersachsens nach dem Solidar-Prinzip [37] zur deutschen Einwohnerzahl [59]).				511
512	8.891 GWh Verbrauch von Bioethanol im Verkehrssektor in Deutschland 2013 gemäß [9.57] S. 17.				512
513	Ein Anteil von 409 GWh am Bioethanol-Aufkommen stammte in Niedersachsen 2013 aus dem Anbau von Getreide und Zuckerrüben im Land, resultierend aus einer Anbaufläche von 15.004 ha [495] und einem durchschnittlichen Energieertrag von 27,3 MWh/ha/a [500] .				513
515	- ZIEL-Ansatz: Ein Import von Bioethanol bzw. dessen Ausgangsprodukten für energetische Zwecke ist nicht mehr vorgesehen. Vor dem Hintergrund gravierender globaler Probleme erscheint die Inanspruchnahme von Anbauflächen im Ausland nicht sinnvoll: Welthungerproblem in Verbindung mit globalem Bevölkerungswachstum, Wüstenbildung.				515
517	Umgebungswärme (Wärmepumpe)				517
519	Wärmepumpen - Stromverbrauch jährlich	MWh/ha/a	133 [520]	9.489 [524]	519
520	- STATUS-Ansatz: Resultiert aus der installierten Wärmepumpen-Anschlussleistung [521] und den Jahresvollbenutzungsstunden 483.				520
521	Gemäß Umweltbericht des Niedersächsischen Umweltministeriums [9.139] wird die installierte Wärmepumpenleistung der oberflächennahen geothermischen Anlagen auf ca. 70 MW geschätzt. Dies wird hier als elektrische Anschlussleistung gewertet, da sich gasbetriebene Wärmepumpen noch im Pilotstadium befinden.				521
522	Gemäß Bundesverband Wärmepumpe werden die Jahresvollbenutzungsstunden der Heizungswärmepumpen im Feldbestand Deutschlands (Jahr 2010) mit 1.900 h/a angegeben, dieser Wert wird für Niedersachsen 2013 übernommen.				522
524	- ZIEL-Ansatz: 8.810 GWh/a -- ETAPPE -80%THG: Durch das vorläufig noch nutzbare Kontingent an fossilen Brennstoffen zum Einsatz in Kraftwerken ohne KWK (zugunsten eines hohen elektrischen Wirkungsgrades) zum Strommangelausgleich fällt gegenüber Endausbau (siehe unten) weniger nutzbare Abwärme aus der Wasserstoff-Rückverstromung an. Dies wird durch einen leicht erhöhten Einsatz von 9.489 GWh/a aus Wärmepumpen ausgeglichen. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: 8.810 GWh/a gewählt entsprechend dem Bedarf an Gebäudewärme, der nicht aus anderen Quellen (Abwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, Solarthermie, Brennstoffen, elektrische Widerstandsheizungen) gedeckt wird. Hier werden Wärmepumpen als ideale Lösung zur Schonung der begrenzten Brennstoffpotenziale und wegen der 3-4 fachen Wärmeausbeute auch zum Ersatz der strombetriebenen Widerstandsheizungen eingesetzt. Unter Annahme der Jahresvollbenutzungstunden gemäß				524
525	Nach Untersuchungen des Bundesverbandes Wärmepumpe hat eine bessere Wärmedämmung durch energetische Sanierung und zunehmenden Anteil energieeffizienter Neubauten einen senkenden Einfluss auf die Jahresvollbenutzungsstunden, 1.700 h/a werden für die neu installierten Wärmepumpen im Jahr 2030 prognostiziert [9.60] S. 27.				525
527	Wärmep. - Anteil Anlagen mit Luftkopplung	%	45,7 [528]	72,0 [530]	527
528	- STATUS-Ansatz: Nach einer Auswertung der Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland von 1993 bis 2013 gemäß Bundesverband Wärmepumpe [9.60], S. 41, haben die luftgekoppelten Anlagen im Feldbestand Deutschlands einen Anteil von 45,7%, der Wert wird für Niedersachsen übernommen. Der übrige Anteil besteht aus Anlagen mit Erdreichkopplung (Erdkollektoren, Erdsonden) und Wasserkopplung (Brunnen), die von der Jahresarbeitszahl höher liegen und daher gesondert zu betrachten sind.				528

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
530 - ZIEL-Ansatz: Nach Untersuchungen des Bundesverbandes Wärmepumpe [9.60], S. 41, wird ein künftig zunehmender Anteil luftgekoppelter Heizungswärmepumpen trotz geringerer Jahresarbeitszahlen prognostiziert, begründet durch die einfachere Installation und geringeren Kosten (keine Erdsonden bzw. Brunnen erforderlich). Für den betrachteten Prognosezeitraum 2015 bis 2030 wird ein Anteil von 72,0% angegeben, der als Zielwert für Niedersachsen übernommen wird.				530
Wärmep. Luftkopplung - Jahresarbeitszahl	%	2,8 [534]	3,3 [536]	532
533 Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpen-Anlage gibt an, das wievielfache der eingesetzten Antriebsenergie als Nutzwärme bereit gestellt wird. Die Differenz zum Energieeinsatz = 1 (Antriebsenergie für die Wärmepumpe) resultiert aus gewonnener Umgebungswärme (aus dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Umgebungsluft).				533
534 - STATUS-Ansatz: Nach einer Auswertung der Jahresarbeitszahlen der in Deutschland von 1993 bis 2013 abgesetzten Heizungswärmepumpen gemäß Bundesverband Wärmepumpe [9.60], S. 32, kommen die luftgekoppelten Anlagen im Feldbestand auf eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl (gewichtetes Mittel) von 2,8, der Wert wird für Niedersachsen übernommen.				534
536 - ZIEL-Ansatz: 3,3 gemäß [537] erscheint aus Gutachtersicht erreichbar, die Branchenangabe gemäß [538] offensichtlich zu optimistisch ist.				536
537 In einer Untersuchung des Fraunhofer ISE von Wärmepumpen im realen Betrieb [9.84], S. 30, Bild 19, übertrafen nur zwei von 18 untersuchten luftgekoppelten Anlagen die Jahresarbeitszahl während der Bestwert nur ganz knapp bei 3,4 lag. Viel mehr als die heutigen Spitzenwerte dürften im Jahr 2050 im Rahmen der Lernkurve im Durchschnitt über alle Anlagen wohl kaum erreicht werden können.				537
538 Nach Angaben des Bundesverbandes Wärmepumpe [9.60], S. 32, kann durch technische Weiterentwicklungen und niedrigere Vorlauftemperaturen besser gedämmter Gebäude mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Jahresarbeitszahl für luftgekoppelte Anlagen auf einen im Jahr 2020 erreichbaren Endwert von 3,8 gerechnet werden.				538
Wärmep. Erdreich-/Wasserk. - Jahresarbeitszahl	%	3,4 [542]	4,4 [544]	540
541 Begriffsbestimmung siehe [533].				541
542 - STATUS-Ansatz: Nach einer Auswertung der Jahresarbeitszahlen der in Deutschland von 1993 bis 2013 abgesetzten Heizungswärmepumpen gemäß Bundesverband Wärmepumpe [9.60], S. 32, kommen die Erdreich- und Wassergekoppelten Anlagen im Feldbestand auf eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl (gewichtetes Mittel) von 3,4, der Wert wird für Niedersachsen übernommen.				542
544 - ZIEL-Ansatz: Nach Angaben des Bundesverbandes Wärmepumpe [9.60], S. 32, ist durch technische Weiterentwicklungen und niedrigere Vorlauftemperaturen besser gedämmter Gebäude mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Jahresarbeitszahl für Erdreich- und Wassergekoppelte Anlagen (letztere nur geringfügig höher, hier zusammengefasst) zu rechnen. Hier wird der für das Jahr 2030 prognostizierte Wert von 4,4 als Zielwert für Niedersachsen angenommen.				544
Wärmeertrag Erdreich/Grundwasser (oberflächennah)	%	1.000 [547]	1.000 [549]	546
547 - STATUS-Ansatz: Für Erdreichgekoppelte Wärmepumpenanlagen wird in [9.117], S. 410, ein durchschnittliches Wärmeentzugspotenzial von jährlich 360 MJ/qm angegeben, entsprechend 100 kWh/qm bzw. 1.000 MWh/ha. Dieser Durchschnittswert dient im Szenario zur Abschätzung der für Wärmeentzug beanspruchten Fläche, um Überbeanspruchungen zu vermeiden. Gemäß [9.117], S. 452 können etwa 13% der Siedlungsflächen als geeignete Potenzialflächen für oberflächennahe Erdwärme angesehen werden.				547
549 - ZIEL-Ansatz: Status-Wert wird übernommen, da der Wärmeertrag von der Bodenbeschaffenheit abhängt, die als konstant vorausgesetzt werden kann.				549
Tiefen-Geothermie				551
Tiefen-Geoth. - Netzanschlussleistung (elektrisch)	MW	0 [554]	500 [556]	553
554 - STATUS-Ansatz: Gemäß AEE [9.13] Zeile 37 bisher keine Stromerzeugung aus Tiefen-Geothermie (ebenfalls keine Wärmeerzeugung).				554
556 - ZIEL-Ansatz:				
Tiefen-Geoth. - Vollbetriebsstunden (Stromerzeug.)	MWh/ha/a	0 [559]	8.500 [561]	558
559 - STATUS-Ansatz: (siehe [554])				559
561 - ZIEL-Ansatz: Gemäß TAB [9.178], S. 52, "eignet sich die Geothermie vor allem für die Grundlastherzeugung, da es sich um eine Kapitalintensive Energiebereitstellungsoption handelt mit hohen Investitionskosten und niedrigen Betriebskosten."				561
Tiefen-Geoth. - Nutzungsgrad (elektrisch)	%	0,0 [564]	10,0 [566]	563

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
564	- STATUS-Ansatz: (siehe [554])				564
566	- ZIEL-Ansatz: Gemäß TAB [9.178], S. 52, beträgt bei der Stromerzeugung mit Tiefen-Geothermie der "...Wirkungsgrad der Stromerzeugung ca. 10% ...".				566
568	Techn. Aquifer-Pot. Norddeutsches Becken	TWh	6.296 [569]	(n.r.)	568
569	Gemäß TAB [9.178], S. 35, liegt das in den Heißwasser-Aquiferen des norddeutschen Beckens gespeicherte technische Potenzial an Elektrischer Energie in der Größe von 6,8 EJ . Da auf Niedersachsen etwa ein Drittel des norddeutschen Beckens entfällt, wird dies hier vereinfachend auch für die Aquifere angenommen, dies entspricht 6.296 TWh . Mit einem Verstromungs-Wirkungsgrad von 10% [566] zurück gerechnet liegt das Heißwasser-Energiepotenzial bei 6.296 TWh . Diese Angabe dient im Sinne der Nachhaltigkeit zu der Abschätzung, nach welcher Betriebszeit das Potenzial erschöpft wäre (siehe dazu [570] und [571]).				569
570	"Unter Nachhaltigkeitsaspekten sollte dieses (geothermische) technische Potenzial – auch vor dem Hintergrund seiner gewaltigen Dimensionen – nur innerhalb eines sehr langen Zeitraums erschlossen werden. Denn eine Regeneration der geothermischen Ressourcen infolge des natürlichen Wärmestroms ist über kürzere Zeiträume nicht möglich. Gründe hierfür liegen u. a. in der relativ geringen Eigenwärmeerzeugung des tieferen Untergrunds, in einem relativ kleinen Wärmestrom aus dem Erdinnern (im Bereich von rund 65 mW/m ²) und der im Allgemeinen vergleichsweise schlechten Wärmeleitfähigkeit von Gesteinen. Eine einmal vollständig abgekühlte Gesteininformation benötigt einige Jahrhunderte oder länger, um wieder die ursprüngliche Temperatur zu erreichen." [9.178] S. 51.				570
571	"...bei der Ermittlung des technischen Angebotspotenzials (...) wird davon ausgegangen, dass das o.g. technische Potenzial über einen Zeitraum von 1.000 Jahren sukzessive erschlossen werden kann." [9.178] S. 51.				571
573	Tiefen-Geoth. - Technisches Gesamtpot.Nds.	TWh	61.111 [574]	(n.r.)	573
574	Gemäß TAB [9.178], S. 39, liegt das im Kristallinen Gestein des norddeutschen Beckens gespeicherte technische Potenzial an Elektrischer Energie in der Größe von 66 EJ . Da auf Niedersachsen etwa ein Drittel des norddeutschen Beckens entfällt, wird dies hier vereinfachend auch für das Potenzial angenommen, dies entspricht 6.111 TWh . Mit einem Verstromungs-Wirkungsgrad von 10% [571] zurück gerechnet liegt das Heißwasser-Energiepotenzial bei 61.111 TWh . Diese Angabe dient im Sinne der Nachhaltigkeit zu der Abschätzung, nach welcher Betriebszeit das Potenzial erschöpft wäre (siehe dazu [575]).				574
575	3.000.000 TWh Wärmepotenzial aus Geothermie sind in Deutschland über einen Zeitraum von 1000 Jahren zur Verstromung nutzbar, resultierend aus einer Abschätzung des TAB [9.178], S. 55: 300.000 TWh jährliches technisches Angebotspotenzial geothermischer Stromerzeugung, nutzbar mit einem Verstromungs-Wirkungsgrad von 10% [566]. Im Gestein gespeicherte Wärme macht mit 95% den größten Anteil aus.				575
577	Tiefen-Geoth. - eff.Nutzungsgrad KWK-Abwärme	%	0,0 [578]	0,0 [580]	577
578	- STATUS-Ansatz: (siehe [554])				578
580	- ZIEL-Ansatz: Wegen des geringen Temperaturniveaus der geothermischen Wärmequellen (in Unterhaching z.B. 122°C) liegen die Wirkungsgrade bei der Stromerzeugung niedrig (brutto etwa 10-13%). Aus dem gleichen Grund ist die Abwärmennutzung aus der Verstromung (Kraft-Wärme-Kopplung) physikalisch nicht möglich, der Nutzungsgrad wird hier daher mit Null angesetzt. In realen Projekten mit Wärmelieferung (z.B. Geothermiekraftwerk Unterhaching) handelt es sich um parallele Zweige von Stromerzeugung und Wärmelieferung.				580
582	Wasserstoffherzeugung (als Brennstoff, für Kraftstoff- und Grundstoffsynthese)				582
584	Wasserstoffherzeugung - Stromeinsatz	GWh/a	0 [585]	0 [587]	584
585	- STATUS-Ansatz: Die elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff aus Wind- und Solarstrom ist eine Zukunftsoption zur Substitution der heute verwendeten fossilen Brennstoffe, Kraftstoffe und Grundstoffe für die Chemieindustrie.				585
587	- ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: Solange der verbleibende Bedarf an Kohlenwasserstoffen als Grundstoff und Kraftstoff noch fossil gedeckt werden kann, ist eine synthetische Erzeugung mit Wind- und Solarstrom wegen der damit verbundenen Verluste nicht sinnvoll. Daraus resultiert der Ansatz von 0 GWh/a. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: Wurde mit 55.000 GWh/a so gewählt, dass der verbleibende Restbedarf an Brennstoffen, Kraftstoffen und Grundstoffen (nach Elektrifizierung und Abdeckung durch das begrenzte Angebot an Biobrennstoffen) gedeckt werden kann.				587
589	Wasserelektrolyse - Nutzungsgrad	%	0,0 [590]	65,0 [592]	589
590	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].				590

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
592	- ZIEL-Ansatz: Aus einem breiten Spektrum von Einschätzungen wird hier ein optimistischer Wert aus der Leitstudie 2011 verwendet [593].				592
593	65% Wirkungsgrad bezogen auf den Heizwert Hi resultieren aus der Annahme eines bis 2050 erreichbaren Wirkungsgrades von 77% gemäß [9.51], S. 39, der allem Anschein nach auf den Brennwert bezogen ist, und einem Verhältnis von Brennwert Hs zu Heizwert Hi bei Wasserstoff von 1,182. Diese Anpassung ist zur Gewährleistung der Konsistenz notwendig, da sämtliche übrigen Brennstoffe mit ihrem Heizwert Hi in die Kalkulation eingehen (dieser Sachverhalt blieb in den meisten Studien bisher unberücksichtigt).				593
595	Wasserstofferzeugung - Anteil für Prozesswärme	%	0,0 [596]	0,0 [598]	595
596	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].				596
598	- ZIEL-Ansatz: Auf die Verwendung von Wind-/Solarwasserstoff für Prozesswärme wurde zugunsten der Mobilien Anwendungen [600] und der Grundstofferzeugung [611] verzichtet. Ein großer Teil der Prozesswärmeanwendungen wird sich auf Strom umstellen lassen, womit Wandlungsverluste vermieden werden. Für die auf Brennstoffe angewiesenen Prozesse sind die festen Biobrennstoffe vorgesehen [286][320]. Eine gewisse Optimierung wäre durch bivalente Prozessöfen möglich, die in Stromüberschussphasen mit Strom und in Mangelphasen mit Wasserstoff betrieben werden, dadurch entfallen die Rückverstromungsverluste.				598
600	Wasserstofferz. - Anteil für Mobile Anwendungen	%	0,0 [601]	37,5 [603]	600
601	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].				601
603	- ZIEL-Ansatz: Die Substitution der fossilen Kraftstoffe im Verkehrsbereich und bei den übrigen mobilen Anwendungen stellt eine besondere Herausforderung dar [XXX]. Für den nicht durch Elektrifizierung oder Biokraftstoffe abzudeckenden Restbedarf können synthetische Kraftstoffe auf Basis von Wind-/Solarwasserstoff dienen, was hier durch einen hohen Anteil berücksichtigt wurde.				603
605	Kraftstoffsynthese - Nutzungsgrad	%	0,0 [606]	63,0 [608]	605
606	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].				606
608	- ZIEL-Ansatz: Der Nutzungsgrad ist stark abhängig vom Mix der verschiedenen Kraftstoffe: Wasserstoff kann mit einem Nutzungsgrad von nahe 100 % bereitgestellt werden, für die Wasserstoff-Methanisierung zu tankbarem Autogas ist mit einem Nutzungsgrad von 80% [614] zu rechnen. Hier wird die Erzeugung von flüssigen Kraftstoffen Kerosin, Benzin und Diesel angenommen, die beispielsweise im Luftverkehr ohne Alternative sind. Der Nutzungsgrad der Kraftstoffgewinnung aus Wasserstoff liegt gemäß [609] bei 63 %.				608
609	In einer Studie von LBST für den FVV [9.78], 3-62, werden für die Herstellung von Benzin, Kerosin und Diesel auf der Grundlage von Wasserstoff aus der elektrischen Wasserelektrolyse über den Methanopfad für den Produktmix folgende Gesamtwirkungsgrade angegeben: 47 % wenn CO2 aus Biogas verwendet werden kann, 41 % wenn CO2 aus der Verbrennung von Biomasse verwendet werden kann und 36 % wenn das CO2 aus der Luft gewonnen werden muss. Hier wird das Mittel über die drei Fälle angenommen, aus dem Wirkungsgrad von 41% und dem in der Studie angenommenen Elektrolyse-Wirkungsgrad von 65% resultiert ein Synthese-Wirkungsgrad von 63% .				609
611	Wasserstoff-Methanisierung - Nutzungsgrad	%	0,0 [612]	80,0 [614]	611
612	- STATUS-Ansatz: Nicht relevant, siehe [585].				612
614	- ZIEL-Ansatz: Aus einem breiten Spektrum von Einschätzungen wird hier ein optimistischer Wert aus der Leitstudie 2011 verwendet [615].				614
615	Auf einen erreichbaren Wirkungsgrad von etwa 80 % für die Methanisierung von Wasserstoff kann aus den Angaben in [9.51], S. 39 gefolgert werden.				615
617	Langzeitspeicherung Strom				617
619	Langzeitspeicherung - Stromaufnahme	GWh/a	0 [624]	23.455 [626]	619
620	Mit steigenden Anteilen von Wind- und Solarstrom werden zum Ausgleich von Mangelphasen Stromspeicher erforderlich, die in Phasen mit Stromüberschuss entsprechende Energiemengen aufnehmen können. Neben dem Ausgleich kurzzeitiger Schwankungen im Sekunden-, Minuten- und Stundenbereich (siehe [664]) wird eine Langzeitspeicherung über Tage, Wochen und Monate hinweg erforderlich.				620
621	Zur Schaffung der großen dafür erforderlichen Speicherkapazitäten kommt aus heutiger Sicht in Deutschland nur die stoffliche Speicherung in Form von Gas in Frage. Dazu wird überschüssiger Strom durch Wasser-Elektrolyse in Wasserstoff gewandelt, unter Druck in unterirdische Kavernen und Porenspeicher gepresst (in gleicher Weise wie heute Erdgas und Erdöl) und in Mangelphasen in Blockheizkraftwerken (durch Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen) wieder rückverstromt.				621

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
622	Die stoffliche Speicherung von Strom ist vor allem durch Elektrolyse und Rückverstromung mit hohen Wandlungsverlusten verbunden, die durch entsprechend erhöhte Wind- und Solarstromspeisung ausgeglichen werden müssen. Im Interesse einer Minimierung der Wandlungsverluste wird auf eine zusätzliche Methanisierung des Wasserstoffs verzichtet und dafür ein wegen unterschiedlicher Energiedichte 3,3-faches Speichervolumen in Kauf genommen.				622
623	Mit Hilfe einer Simulation wurden aufgrund der Szenario-Ansätze die täglichen Speicherflüsse und daraus Nutzungsgrad und die mindestens erforderliche Speicherkapazität ermittelt, wobei der Nutzungsgrad im Szenario kalkulatorisch berücksichtigt wird. Simulationsmodell, Parameter und Jahresgang dieser Simulation siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS].				623
624	- STATUS-Ansatz: Die stark schwankende Einspeisung von Wind- und Solarstrom kann bislang vollständig durch entsprechende Regelung der Pumpspeicher- und fossilen Kraftwerke ausgeglichen werden. Die Speicherung von Stromüberschüssen zum Ausgleich von Mangelphasen über Tage und Wochen hinweg ist daher noch nicht erforderlich geworden.				624
626	- ZIEL-Ansatz: 23.455 GWh an Überschuss-Strom müssen der Wasser-Elektrolyse zur Stromspeicherung während eines Jahres zugeführt werden, um ausreichend Gas zur Rückverstromung in Mangelphasen bereit stellen zu können (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]).				626
628	Stromspeicherung gesamt - Nutzungsgrad	%	0,0 [629]	33,7 [631]	628
629	- STATUS-Ansatz: Lanzeitstromspeicherung bislang noch nicht relevant [624].				629
631	- ZIEL-Ansatz: Ein Gesamt-Jahresnutzungsgrad der Strom-Langzeitspeicherung von 33,7 % als Verhältnis von der rückverstromten zu der der Elektrolyse zugeführten Strommenge resultiert aus der Simulation (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]) mit den folgenden Parametern [632]...[637]:				631
632	Die Nennleistung der Wasser-Elektrolyse entspricht 100 % des durchschnittlichen Strom-Endverbrauchs (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]). An Tagen mit Erzeugungsspitzen, die über den Verbrauch plus Aufnahmefähigkeit der Elektrolyse hinausgehen, erfolgt eine entsprechende Abregelung des Wind- bzw. PV-Anlagenparks [648].				632
633	Als Nutzungsgrad der Wasser-Elektrolyse wurde 65 % gewählt (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]). Aus einem breiten Spektrum von Einschätzungen wird hier ein optimistischer Wert aus der Leitstudie 2011 verwendet [593].				633
634	Als Verlust der Wasserstoffspeicher wurde in Anlehnung an [9.204] 0,1 % der aktuellen Ladung pro Tag angenommen (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]). Nach anderen Einschätzungen liegen die Verluste wesentlich niedriger und könnten vernachlässigt werden.				634
635	58,5% Nutzungsgrad für die Rückverstromung des Wasserstoffs in Mangelphasen resultiert aus der Annahme, dass sie jeweils zur Hälfte in Blockheizkraftwerken mit Wärmerückgewinnung und einem elektrischen Wirkungsgrad von 52% [636] erfolgt, zur anderen Hälfte in Spitzenlastkraftwerken ohne Wärmenutzung mit 65% [636].				635
636	Wasserstoff-Rückverstromungs-Wirkungsgrade gemäß Leitstudie [9.51], S. 39: 52% elektrisch bei Blockheizkraftwerken mit 40% nutzbarer Abwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung als eine Variante, 65% elektrisch bei Spitzenlastkraftwerken zur kurzfristigen Leistungsbereitstellung ohne Wärmenutzung als andere Variante.				636
638	Stromspeicher. Abwärme KWK - Nutzanteil eff.	%	0,0 [639]	12,7 [641]	638
639	- STATUS-Ansatz: Lanzeitstromspeicherung bislang noch nicht relevant [624].				639
641	- ZIEL-Ansatz: 12,7% tatsächlich genutzte Abwärme aus der Rückverstromung von Wasserstoff bezogen auf den aufgenommenen Elektrolysestrom [626] resultieren aus der Annahme, dass die Hälfte der Rückverstromung in Blockheizkraftwerken (Kraft-Wärme-Kopplung) erfolgt [635] und das gesamte Abwärmepotenzial (BHKW-Wirkungsgrad thermisch 40% [636]) zeitlich und örtlich vollständig (effektiv) als Gebäudewärme verwertet werden kann.				641
643	Stromspeicherung - Gasspeicherkapazität min.	GWh	0 [644]	8.218 [646]	643
644	- STATUS-Ansatz: Lanzeitstromspeicherung bislang noch nicht relevant [624].				644
646	- ZIEL-Ansatz: Die Strom-Langzeitspeicherung erfordert eine Mindestspeicherkapazität für Wasserstoff von 8.218 GWh, das resultiert aus der Simulation (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]).				646
648	Abregelung von Wind- und Solarstrom	GWh/a	0 [649]	418 [651]	648
649	- STATUS-Ansatz: Lanzeitstromspeicherung bislang noch nicht relevant [624]. Hier nicht bewertet wird die Ausfallarbeit, die bereits im Jahr 2013 durch Abregelung vor allem bei Windenergieanlagen im Rahmen des Einspeisemanagements entstanden ist (Deutschlandweit 555 GWh, größtenteils in den nördlichen Bundesländern).				649

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
651 - ZIEL-Ansatz: Aufgrund der begrenzten Kapazität der Wasser-Elektrolyse zur Strom-Langzeitspeicherung gemäß [632] kann an Tagen mit besonders hohem Wind- bzw. Solarstromangebot nicht die gesamte Strommenge verwertet werden, aus der Abregelung des Anlagenparks entsteht eine Ausfallarbeit von 0.418 GWh, das resultiert aus der Simulation (siehe Szenario-Dokumentation Abschnitt [WS]).				651
653 Stromübertragung				
655 Stromeinfuhr (Erneuerbar) in Solidarbereich	GWh/a	0 [656]	0 [658]	655
656 - STATUS-Ansatz: Die Einfuhr von Strom aus erneuerbaren Quellen von außerhalb Deutschlands ist zurzeit nicht relevant. Sie wird als Zukunftsoption diskutiert, beispielsweise aus Solarthermischen Kraftwerken in der Sahara.				656
658 - ZIEL-Ansatz: Die Einfuhr von Strom aus erneuerbaren Quellen von außerhalb Deutschlands wird hier nicht vorgesehen. Einer möglichen Entlastung der eigenen energetischen Flächenbeanspruchung stehen andere Aspekte entgegen, beispielsweise steigende Risiken für die Versorgungssicherheit oder der durch wirksamen Klimaschutz stark wachsende Bedarf an erneuerbaren Energien weltweit.				658
660 Übertragungsverluste Stromnetz	%	5,2 [661]	15,2 [663]	660
661 - STATUS-Ansatz: Gemäß Energiebilanz Deutschland für das Jahr 2012 [9.31] (Aufbereitung siehe [8.22]) kommen zum Endverbrauch im Stromnetz 5,5% Übertragungsverluste im Stromnetz. Bezogen auf die Einspeisung ins Stromnetz entspricht das 5,2% Übertragungsverlusten, die hier auch für Niedersachsen angenommen werden.				661
663 - ZIEL-Ansatz: Die künftige Netzstruktur und deren Eigenschaften sind aus heutiger Sicht schwer einschätzbar. Es wird hier davon ausgegangen, dass die spezifischen Netzübertragungsverluste keinen gravierenden Änderungen unterworfen sein werden, der Statuswert von 5,2% wird beibehalten. Zusätzlich werden hier 10% Verluste aus der künftig erforderlichen Kurzzeitspeicherung und Netzstabilisierung gemäß [664] berücksichtigt.				663
664 Auf 10% relativ zur Einspeisung ins Stromnetz werden die Verluste durch Kurzzeitspeicherung von Strom zum Schwankungsausgleich jeweils innerhalb eines Tages und zur Netzstabilisierung nach einer eigenen überschlägigen Abschätzung veranschlagt. Dabei wird unterstellt, dass gut 30 % des Jahresstromverbrauchs zum Mangelausgleich aus Kurzzeitspeichern (Pumpspeicher-Kraftwerke, Batterien, adiabate Druckluftspeicherkraftwerke usw.) zugeführt werden müssen und diese einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 75 % aufweisen.				664
666 Wirtschaftliche Entwicklung				
668 Betrachteter Zeitraum	Kal.-Jahr	2012 [671]	2050 [673]	668
669 Die jährliche Veränderungsrate für die wirtschaftliche Entwicklung [675] ist als Durchschnittswert für den Zeitraum vom Statusjahr bis zum Zieljahr angegeben:				669
671 - STATUS-Ansatz: Gemäß Szenario-Rahmen [27].				671
673 - ZIEL-Ansatz: Gemäß Szenario-Rahmen [27].				673
675 Durchschnittliche Jahresrate BIP/Kopf	%	1,04 [676]		675
676 Der Ansatz für die wirtschaftliche Entwicklung orientiert sich an drei Studien zur Energiezukunft Deutschlands. Für das Bruttoinlandsprodukt bzw. die Bruttowertschöpfung werden dort folgende durchschnittliche Wachstumsraten angenommen: 0,85 %/a in der BMU-Leitstudie 2011 [678], 0,7 %/a im WWF-Szenario [679] und ebenfalls 0,7 %/a in der UBA-Studie Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [680]. In diesem Szenario wird für das absolute Wachstum eine durchschnittliche Rate von 0,7%/a angenommen. Bei der angesetzten Bevölkerungsdegression [37] entspricht das einer durchschnittlichen pro-Kopf-Wachstumsrate von 1,04 %/a.				676
677 HINWEIS: Der Nachweis einer umweltverträglichen und versorgungssicheren Energieversorgung mit 100% Erneuerbaren Energien (Zielprämissen) unter Fortschreibung des Wirtschaftswachstums wird mit diesem Szenario für das Jahr 2050 erbracht. Dazu wurden die vertretbaren bzw. zumutbaren Flächenpotenziale für Energiegewinnung und die Effizienzpotenziale weitgehend ausgeschöpft, ein über 2050 hinaus weiter steigender Energiebedarf wäre unter Einhaltung der Zielprämissen von der Fläche Niedersachsens nicht zu decken. Voraussetzung für weiteres Wirtschaftswachstum ist somit entweder eine vollständige Entkopplung des Energieverbrauchs oder der Import regenerativer Energien vom Weltmarkt, der prinzipiell allerdings ebenfalls begrenzt ist.				677
678 BMU Leitstudie 2011 [9.51], S. 2: "In den Szenarien wächst das Bruttoinlandsprodukt (ausgehend vom Niveau 2010) bis zum Jahr 2050 real um über 40%." Das entspricht einer Wachstumsrate von 0,85%/a.				678
679 WWF Modell Deutschland [9.204], S. 38: "Den Szenarien liegt ein durchschnittliches reales Wirtschaftswachstum von 0,7% p.a. zu Grunde."				679
680 UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 29: Geht im Szenario davon aus, "...dass Deutschland im Jahre 2050 ein exportierendes Industrieland mit einem bis dahin durchschnittlichen jährlichen Wirtschaftswachstum von 0,7 % des Bruttoinlandsprodukts ist."				680

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
682	BIP pro Kopf	€	33.569 [683]	(resultiert) [685]	682
683	- STATUS-Ansatz: Wirtschaftsleistung Deutschlands im Jahr 2012 als Bruttoinlandsprodukt pro Kopf gemäß STATISTA [9.169].				
685	- ZIEL-Ansatz: Nicht hier im Datenmodell erforderlich. Resultiert aus dem Statusansatz [683] und der durchschnittlichen Jahresrate für die Veränderung des Bruttoinlandsproduktes pro Kopf [675] im Betrachtungszeitraum [668]. Berechnung erfolgt in der Szenario-Tabelle nach der Zinseszins-Formel.				
687	Anteil Dienstleistungsbereiche an BIP/Kopf	%	68,6 [688]	68,6 [690]	687
688	- STATUS-Ansatz: Gemäß [9.166] für Deutschland im Jahr 2014. Dient der Abgrenzung der Dienstleistungsbereiche von produzierendem Gewerbe (Industrie) einschließlich Baugewerbe (produzierender Teil im Sektor 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, wie er in der Energiebilanz gefasst ist) zur Berechnung mit unterschiedlichen wirtschaftlichen Entwicklungen.				
690	- ZIEL-Ansatz: Dient der Abschätzung der wirtschaftlichen Entwicklung und des daraus resultierenden Energiebedarfs differenziert für den Industrie- und Dienstleistungsbereich. Er ist orientiert an folgender Überlegung: Einerseits war in der Vergangenheit eine Verschiebung vom Produzierenden bzw. verarbeitenden Gewerbe zu Handel/Dienstleistungen zu verzeichnen. Andererseits ist davon auszugehen, dass dieser Trend in Deutschland als Industrie- und Exportnation sich nicht beliebig fortsetzt. Hier wird von einem gleichbleibenden Anteil ausgegangen.				
692	Kraft, Licht, Inform./Komm., Kälte-Endenergieverbr. (KLIK)				
694	Anteil Haushalte an KLIK	%	17,0 [695]	17,0 [697]	694
695	- STATUS-Ansatz: Endenergieverbrauch der elektrischen Geräte in Haushalten für Kraft=Mechanische Energie, Licht=Beleuchtung, Informations-/Kommunikations-Kommunikations-Technologien, Kälte (Geräte für Gebäudewärme- und Prozesswärme-Bereitstellung sind unter GW bzw. PW gefasst und bleiben hier ausgespart). Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.90].				
697	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich 'Kraft, Licht, Informations-/Kommunikations-Technologien, Kälte' im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				
699	Zieleinfluss Endgeräte-Effizienz Haushalte auf KLIK	%	100,0 [700]	73,0 [702]	699
700	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Strombedarf pro erbrachte Dienstleistung) der elektrischen Geräte in Haushalten für Kraft=Mechanische Energie, Licht=Beleuchtung, Informations-/Kommunikations-Kommunikations-Technologien, Kälte (Geräte für Gebäudewärme- und Prozesswärme-Bereitstellung sind unter GW bzw. PW gefasst und bleiben hier ausgespart). Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				
702	- ZIEL-Ansatz: Orientiert an den Ergebnissen einer Studie des VDE [9.189], aufbereitet in [9.157], Absatz Ba72.				
703	Die pessimistischere Aussage in [704] blieb hier unberücksichtigt.				
704	Nach den Aussagen eines Forschungsberichtes an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [9.148], S. 54 kann das Effizienz-Potenzial als marginal eingeschätzt werden: Wäschetrockner und Waschmaschinen werden auf 10% Bedarfsminderung (Wirtschaftliches Potenzial 2007-2016) geschätzt, Kochen und Backen bleiben, vermutlich wegen sehr geringer Potenziale, unbetrachtet.				
706	Anteil Handel/Dienstleistungen an KLIK	%	29,6 [707]	29,6 [709]	706
707	- STATUS-Ansatz: Endenergieverbrauch der elektrischen Geräte im Sektor Handel/Dienstleistungen (ohne produzierendes Gewerbe) für Licht=Beleuchtung, Informations-/Kommunikations-Technologien, Kälte (Geräte für Gebäudewärme-Bereitstellung sind unter GW gefasst und bleiben hier ausgespart). Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.91].				
709	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Kraft/Licht/Informations- u. Kommunikationstechnologien/Kälte im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				
711	Zieleinfl.Handels-/Dienstleist.-Vol./Pers.auf KLIK	%	100,0 [712]	148,2 [714]	711
712	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Stromverbrauchs für Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte im Durchschnitt über alle Prozesse im Dienstleistungsbereich (Sektor 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen' ohne den gewerblichen Anteil). Dient als Referenz für den im Ziel durch wirtschaftliche Entwicklung veränderten Energiebedarf.				

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
714	- ZIEL-Ansatz: Es wird angenommen, dass die wirtschaftliche Entwicklung im Handels-/Dienstleistungssektor sich proportional auf den Stromverbrauch in diesem Bereich auswirkt.				714
716	Zieleinfluss Prozess-Effizienz Dienstleist. auf KLIK	%	100,0 [717]	73,0 [719]	716
717	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Stromverbrauchs für Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte im Durchschnitt über alle Prozesse im Dienstleistungsbereich (Sektor 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen' ohne den gewerblichen Anteil). Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf bei gleichem Leistungsumfang.				717
719	- ZIEL-Ansatz: Orientiert an den Ergebnissen einer Studie des VDE [9.189], aufbereitet in [9.157], Absatz Ba72.				719
722	Anteil Industrie + produzierendes Gewerbe an KLIK	%	53,4 [723]	53,4 [725]	722
723	- STATUS-Ansatz: Endenergieverbrauch der elektrischen Geräte im Sektor Industrie plus Gewerbeanteil im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen für Kraft=Mechanische Energie, Licht=Beleuchtung, Informations-/Kommunikations-Technologien, Kälte (Geräte für Gebäudewärme- und Prozesswärme-Bereitstellung sind unter GW bzw. PW gefasst und bleiben hier ausgespart). Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.92].				723
725	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Prozesswärme im Sektor Industrie, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				725
727	Zieleinfl.Materieldurchsatz/Pers.auf KLIK	%	100,0 [728]	124,1 [730]	727
728	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Stromverbrauchs für Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte im Durchschnitt über alle Prozesse im produzierenden Gewerbe (Sektoren Industrie einschließlich Baugewerbe als Teil des Sektors 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen'). Dient als Referenz für den im Ziel durch wirtschaftliche Entwicklung veränderten Energiebedarf.				728
730	- ZIEL-Ansatz: Es wird angenommen, dass die wirtschaftliche Entwicklung im produzierenden Gewerbe (Sektor Industrie einschließlich Baugewerbe als Teil des Sektors Gewerbe/Handel/Dienstleistungen) sich mit halber Intensität auf den Stromverbrauch in diesem Bereich auswirkt. Hintergrund für diese Annahme ist eine weiter zurückgehende Materialintensität der künftigen Produktpalette, wie dies beispielsweise in der Datenverarbeitung mit dem Trend zu immer kleineren Geräten zu beobachten ist. Diese Annahme ist allerdings mit großen Unsicherheiten behaftet.				730
732	Zieleinfluss Prozess-Effiz.prod.Gewerbe auf KLIK	%	100,0 [733]	73,0 [735]	732
733	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Stromverbrauchs für Kraft, Licht, Informations- und Kommunikationstechnologien, Kälte im Durchschnitt über alle Prozesse produzierenden Gewerbe (Sektor 'Industrie') plus dem gewerblichen Anteil des Sektors 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen'. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf bei gleichem Leistungsumfang.				733
735	- ZIEL-Ansatz: Orientiert an den Ergebnissen einer Studie des VDE [9.189], aufbereitet in [9.157], Absatz S. 72.				735
738	Gebäudewärme-Endenergieverbrauch (GW)				738
740	Anteil Haushalte an GW	%	67,3 [741]	67,3 [743]	740
741	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.90].				741
743	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Gebäudewärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				743
745	Wohnfläche pro Person	qm/Person	43,2 [746]	49,1 [748]	745
746	- STATUS-Ansatz: 43,2 qm/Kopf resultieren aus einer linearen Interpolation der angegebenen Werte von 42,0 für 2010 und 44,11 für 2015 gemäß BMU Leitstudie 2011 [9.51], S. 47.				746
748	- ZIEL-Ansatz: 49,1 qm/Kopf gemäß BMU Leitstudie 2011 [9.51], S. 47, die hier als realistisch erscheinende Grundlage verwendet wird.				748
750	Anteil GHD + Industrie an GW	%	32,7 [751]	32,7 [753]	750
751	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.91] + [7.92].				751
753	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Gebäudewärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				753

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
755	Zieleinfluss Erwerbstätigkeit auf GW	%	100,0 [756]	91,3 [758]	755
756	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Bedarfs an Gebäudewärme in gewerblich genutzten Gebäuden. Dient als Referenz für den im Ziel durch Entwicklung der Erwerbstätigkeit veränderten Energiebedarf.				
758	- ZIEL-Ansatz: 91,3 % des heutigen Bedarfs an Gebäudewärme in gewerblich genutzten Gebäuden resultieren aus der Entwicklung der Anzahl Beschäftigter und der Nutzfläche pro Beschäftigtem [759].				
759	In der BMU Leitstudie 2011 [9.51], S.47, wird von einem Rückgang der Beschäftigtenzahlen auf 78% , aber von einem Anstieg der Nutzfläche pro Beschäftigtem auf 117% ausgegangen.				
761	Anteil Raumwärme an GW	%	85,3 [762]	85,3 [764]	761
762	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.44].				
764	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Gebäudewärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz-und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				
766	Spez. Raumwärmeverbrauch	kWh/qm/a	124,8 [767]	45,2 [770]	766
767	- STATUS-Ansatz: Gemäß co2online [9.108] wird für Niedersachsen 2013 ein Heizenergieverbrauch von 137kWh/qm/a angegeben. Dieser liegt nahe am deutschen Durchschnittswert von 134 kWh/qm/a . Die Raumwärme hatte daran einen Anteil von 124,8 kWh/qm/a (errechnet mit [768]), der Rest dient der Warmwasserbereitung. Hier wird angenommen, dass der für Wohnungen ermittelte Wert ohne großen Fehler auch für gewerbliche und für Dienstleistungen genutzte Räume angesetzt werden kann.				
768	91,1% beträgt der Anteil Raumwärme am Heizenergieverbrauch der Wohnungen in Deutschland 2012, resultierend aus den Anwendungsbilanzen gemäß [9.28].				
770	- ZIEL-Ansatz: Unter der Annahme, dass 33% des künftigen Gebäudebestandes auf Passivhausstandard gebracht werden können und die übrigen Gebäude zukunftsfähig saniert werden [771], resultiert am Ende ein durchschnittlicher Raumwärmeverbrauch von 45,2kWh/qm/a, der hier angenommen wird. Dieser Ansatz liegt somit zwischen dem sehr optimistisch erscheinenden Ansatz in UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [772] und dem konservativen Ansatz in BMU Leitstudie 2011 [773].				
771	15 kWh/qm/a können nach eigenen Recherchen [9.157] als Raumwärmebedarf von Bauten im Passivhausstandard angenommen werden, 60 kWh/qm/a für zukunftsfähig sanierte Gebäude.				
772	UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 76: Geht im zielkonformen Szenario V1 von einer energetischen Gebäudesanierungsrate von 2,7%/a aus, wobei 82% des Bestandes auf einen durchschnittlichen Nutzwärmebedarf von 30 kWh/qm/a gebracht werden und 18 % durch Neubauten mit einem Nutzwärmebedarf von 10 kWh/qm/a ersetzt werden. Daraus resultiert ein Nutzwärmebedarf von 26 kWh/qm/a.				
773	BMU Leitstudie 2011 [9.51], S. 63: "In den Szenarien 2011 wird davon ausgegangen, dass der spezifische Endenergieverbrauch für Raumwärme in Wohngebäuden bis 2050 um über 57% auf 63 kWh/(m ² · a) im Jahr 2050 sinken wird.				
775	Gebäude-Sanierungs-/Ersatzrate	%	2,64 [776]		775
776	In Anlehnung an UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [772] wird hier die Sanierungsrate so gewählt, dass bis 2050 praktisch der gesamte Gebäudebestand auf einen zukunftsfähigen Wärmeschutz gebracht ist.				
778	Gebäudesanierungs-Zeitraum	Jahr:	2012 [779]	2050 [781]	778
779	- STATUS-Ansatz: Hier wurde aus Konsistenzgründen das allgemein für die Statusbetrachtung angenommene Referenzjahr [27] angenommen. Die die Sanierungsrate zurzeit aber sehr viel niedriger liegt, muss dies durch eine zweitweilig entsprechend erhöhte Sanierungsrate ausgeglichen werden.				
781	- ZIEL-Ansatz: Entsprechend [27].				
783	Anteil Warmwasser an GW	%	14,7 [784]	14,7 [786]	783
784	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.44].				
786	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Gebäudewärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz-und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				
788	Zieleinfluss Verwend./Proz.Effizienz Warmwasser	kWh/qm/a	100,0 [789]	80,0 [791]	788
789	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status als Bezug für den künftig gesenkten Energiebedarf durch Effizienzsteigerung im Bereich der Warmwasser-Verwendung in Haushalten (z. B. Sparbrause) und verringerten Warmwasserbedarf durch optimierte Prozesse im gewerblichen und Dienstleistungsbereich.				

100prosim (D.xlsx V.150805) - 12.01.2016 20:08

150826

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
791 - ZIEL-Ansatz: Pauschale Annahme für die Senkung des Energiebedarfs für Warmwasser durch effiziente Anwendung in Haushalten (z. B. Sparbrause), Wärmerückgewinnung und Wassersparende Prozesse im gewerblichen Bereich.				791
793 Anteil Strom an GW	%	4,5 [794]	(resultierend) [796]	793
794 - STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.37].				794
796 - ZIEL-Ansatz: Resultiert aus 100% abzüglich Anteil Brennstoffe [804] abzüglich Anteil Wärme [798]. Begründung für den großen Anteil: Für Gebäudewärme lässt sich der universell einsetzbare und daher besonders wertvolle Energieträger Strom durch den Einsatz von Wärmepumpen um den Faktor 3-4 effizienter nutzen [524] als durch Direktwärme in Widerstandsheizungen (z. B. Nachtspeicherheizungen, Heizlüfter, Heizstrahler usw.).				796
798 Anteil Wärme an GW	%	16,9 [799]	75,9 [801]	798
799 - STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.39].				799
801 - ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: Durch das vorläufig noch nutzbare Kontingent an fossilen Brennstoffen zum Einsatz in Kraftwerken ohne KWK (zugunsten eines hohen elektrischen Wirkungsgrades) zum Strommangelausgleich fällt gegenüber Endausbau (siehe unten) weniger nutzbare Abwärme aus der Wasserstoff-Rückverstromung an. Dies wird durch einen leicht erhöhten Einsatz von Wärmepumpen ausgeglichen. Deren erhöhte Stromaufnahme geht mit einem gegenüber Endausbau geringeren Wärmeanteil von 75,885 % einher. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: 77,6 % in Anlehnung an IWES [802] und UBA [808] aufgrund folgender Überlegung: Neben der Nutzung von Abwärme kann ein hoher Anteil mit Wärmepumpen gewonnener Umgebungswärme im Gebäudebereich zur Schonung der begrenzten Brennstoffpotenziale für kritische Anwendungen (z. B. Kraftstoffe, Prozesswärme) und zum effizienten Umgang mit Strom beitragen (siehe [524]).				801
802 IWES Geschäftsmodell Energiewende [9.90], S. 14: "(...) hohe Durchdringung von 75% Wärmepumpen im Niedertemperaturbereich für Raumwärme und Warmwasser (...)".				802
804 Anteil Brennstoffe an GW	%	78,5 [805]	0,0 [807]	804
805 - STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.41].				805
807 - ZIEL-Ansatz: Die Nutzung von Biomasse zur Substitution der fossilen Brennstoffe als heutige Hauptquelle für Gebäudewärme liegt zwar nahe. Allerdings sind die Potenziale eng begrenzt und sie stehen in Konkurrenz mit Anwendungen, bei denen eine Substitution aus anderen Quellen technisch noch ungünstiger wäre (z. B. Kraftstoffe oder Brennstoffe in Industrieprozessen). Hier wird daher in Anlehnung an Variante 1 in Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [808] auf den Einsatz von Brennstoffen für Gebäudewärme verzichtet.				807
808 UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 77: Ein Variantenvergleich zur Beheizung der Wohngebäude ergibt für die ausschließliche Anwendung von Wärmepumpen (V1 Energieziel 2050) einen Energieverbrauch von 27,3 TWh, bei Gasheizkesseln in den sanierten Gebäuden (V3) mit 63,5 TWh mehr als das Doppelte.				808
810 Nutzungsgrad Endanwend. Brennstoffe für GW	%	80,0 [811]	85,0 [813]	810
811 - STATUS-Ansatz: Schätzwert für den durchschnittlichen Nutzungsgrad aller mit Brennstoff befeuerten Industrieöfen und gewerblichen Verbrennungsprozesse (Nutzenergie / Heizwert). Dient dazu, reduzierte Wandlungsverluste und damit die Bedarfsminderung bei der Endenergie für Prozesswärme zu ermitteln, die durch Effizienzgewinne und durch Verschiebung des Energiemix auf die verlustarm zu nutzenden Energieträger Strom und Wärme zu erreichen ist.				811
813 - ZIEL-Ansatz: Annahme einer leichten Verbesserung durch Effizienzsteigerung bei Heizungskesseln und Öfen, der durch hohe Temperaturen und unvermeidliche Rauchgas-Verluste allerdings enge technische Grenzen gesetzt sind.				813
815 Prozesswärme-Endenergieverbrauch (PW)				815
817 Anteil Haushalte an PW	%	7,5 [818]	7,5 [820]	817
818 - STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28] für das Jahr 2012, Aufbereitung siehe [7.90].				818
820 - ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Prozesswärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				820
822 Zieleinfluss Anwendungs-Effiz. Haushalte auf PW	%	100,0 [823]	90,0 [825]	822

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
823 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Prozesswärmebedarf pro erbrachte Dienstleistung) der thermischen Prozesse in Haushalten (Wäsche trocknen, Wäsche waschen, Kochen, Backen usw). Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				823
825 - ZIEL-Ansatz: Orientiert an den Aussagen eines Forschungsberichtes an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [9.148], S. 54. Danach kann das Effizienz-Potenzial als marginal eingeschätzt werden: Wäschetrockner und Waschmaschinen werden auf 10% Bedarfsminderung (Wirtschaftliches Potenzial 2007-2016) geschätzt, Kochen und Backen bleiben, vermutlich wegen sehr geringer Potenziale, unbetrachtet.				825
827 Anteil Industrie und Gewerbe an PW	%	92,5 [828]	92,5 [830]	827
828 - STATUS-Ansatz: 92,5 % Industrie plus 0,0 % Gewerbe vom Endenergieverbrauch für Prozesswärme im Jahr 2012 gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.92]. (Der verbleibende Restanteil ist den Haushalten zuzuordnen).				828
830 - ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Prozesswärme in den Sektoren Industrie und Gewerbe, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				830
832 Zieleinfl.Materialdurchsatz/Pers.auf PW	%	100,0 [833]	124,1 [835]	832
833 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status des spezifischen Prozesswärmeverbrauchs im Durchschnitt über alle Prozesse im produzierenden Gewerbe (Sektoren Industrie einschließlich Baugewerbe als Teil des Sektors 'Gewerbe/Handel/Dienstleistungen'). Dient als Referenz für den im Ziel durch wirtschaftliche Entwicklung veränderten Energiebedarf.				833
835 - ZIEL-Ansatz: Es wird angenommen, dass die wirtschaftliche Entwicklung im produzierenden Gewerbe (Sektor Industrie einschließlich Baugewerbe als Teil des Sektors Gewerbe/Handel/Dienstleistungen) sich mit halber Intensität auf den Prozesswärmebedarf in diesem Bereich auswirkt. Hintergrund für diese Annahme ist eine weiter zurückgehende Materialintensität der künftigen Produktpalette, wie dies beispielsweise in der Datenverarbeitung mit dem Trend zu immer kleineren Geräten zu beobachten ist. Diese Annahme ist allerdings mit großen Unsicherheiten behaftet.				835
837 Zieleinfluss Prozess-Effizienz Ind./Gew. auf PW	%	100,0 [838]	80,0 [840]	837
838 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Prozesswärmebedarf pro Güterproduktion) im Durchschnitt über alle industriellen und gewerblichen Prozesse. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				838
840 - ZIEL-Ansatz: Die Übernahme der Ergebnisse eines älteren Forschungsberichtes mit einem ermittelten technischen Gesamtpotenzial bei Prozesswärme von 35,6% [842] wird wegen des nahezu abgelaufenen Betrachtungshorizonts verworfen. Es ist davon auszugehen, dass die wesentlichen Teile des Potenzials im Statusjahr 2012 bereits erschlossen waren. Die im Bereich Prozesswärme weniger detailliert gestaltete Folgestudie [841] lässt vermuten, dass die über den Betrachtungshorizont 2016 hinausgehenden weiteren Potenziale deutlich geringer sind. Da zurzeit konkret verwertbare Erkenntnisse nicht vorliegen, wird hier eine moderate Bedarfsminderung um 20% auf 80% im Zieljahr geschätzt.				840
841 Ein Forschungsvorhaben für die nationale Klimainitiative der Bundesregierung [9.105] ergab für die Zeitspanne von 2010 bis 2030 erhebliche, bereits unter heutigen Bedingungen wirtschaftliche Effizienzpotenziale. Eine direkte Nutzung der Studienergebnisse war wegen methodischer Unterschiede und mangelnder Detailinformationen bisher nicht möglich. Die auf S. 76 gezeigte "Landkarte der bis 2030 realisierbaren Effizienzpotenziale" deutet aber darauf hin, dass die Hauptpotenziale im Bereich Gebäudesanierung und effizienter PKW liegt. Die Potenziale für Prozesswärme nehmen sich dagegen eher bescheiden aus.				841
842 Ein Forschungsbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [9.148] kommt zu dem Ergebnis, dass durch Effizienzsteigerung der verschiedenen thermischen Prozesse in der Industrie bis zum Jahr 2016 insgesamt ein technisches Minderungspotenzial von 35,6 Prozent besteht, wobei 20,2 Prozent aus Sicht der Autoren (2006) bereits unter derzeitigen Bedingungen als wirtschaftlich bewertet wurden. Dieses Gesamtpotenzial setzt sich aus Einzelmaßnahmen [843] und Systemoptimierung [844] zusammen.				842
843 Durch Einzelmaßnahmen zur Effizienzsteigerung der thermischen Prozesse in der Industrie (Maßnahmen 10, 11, 12, 13) gemäß [9.148] besteht ein technisches Minderungspotenzial von 13,6 Prozent, wobei 6,2 Prozent als wirtschaftlich bewertet wurden (Stand 2006).				843
844 Durch Prozess- und Systemoptimierung, die über Einzelmaßnahmen hinausgeht, ist gemäß [9.148] ein weiteres Potenzial von 22 Prozent erschließbar, davon wurden 14 Prozent als wirtschaftlich erachtet (2006).				844
846 Anteil Brennstoffe an PW	%	72,7 [847]	82,8 [849]	846
847 - STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.41].				847

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
849	- ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: Ein wesentlicher Teil des zunächst noch zulässigen Kontingents an fossilen Brennstoffen wird dazu verwendet, die zum Endausbau erforderliche Umstellung der Prozesswärmeerzeugung weitgehend auf Strom (siehe unten), noch hinauszuzögern, da diese aus Sicht der industriellen Prozesse technisch besonders anspruchsvoll erscheint. Mit dem gewählten Brennstoffanteil von 82,8 % bleibt der Stromanteil auf Status-Niveau. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: 44,05% aufgrund folgender Überlegung: Die Nutzung von Biomasse zur Substitution der fossilen Brennstoffe als heutige Hauptquelle für Prozesswärme liegt zwar nahe. Allerdings sind die Potenziale eng begrenzt und sie stehen in Konkurrenz mit Anwendungen, bei denen eine Substitution aus anderen Quellen technisch noch ungünstiger wäre (z. B. Kraftstoffe für mobile Anwendungen im Verkehrsbereich). Hier bleibt die Brennstoff-Substitution daher auf die festen Biobrennstoffe beschränkt, der übrige Bedarf wird durch Strom abgedeckt [849].				849
851	Nutzungsgrad Endanwend. Brennstoffe für PW	%	70,0 [852]	80,0 [854]	851
852	- STATUS-Ansatz: Schätzwert für den durchschnittlichen Nutzungsgrad aller mit Brennstoff befeuerten Industrieöfen und gewerblichen Verbrennungsprozesse (Nutzenergie / Heizwert). Dient dazu, reduzierte Wandlungsverluste und damit die Bedarfsminderung bei der Endenergie für Prozesswärme zu ermitteln, die durch Effizienzgewinne und durch Verschiebung des Energiemix auf die verlustarm zu nutzenden Energieträger Strom und Wärme zu erreichen ist.				852
854	- ZIEL-Ansatz: Annahme einer leichten Verbesserung durch Effizienzsteigerung bei den Industrieöfen, der durch hohe Temperaturen und unvermeidliche Rauchgas-Verluste allerdings enge technische Grenzen gesetzt sind. Die zusätzliche Abwärmenutzung, z. B. für Gebäudewärme, ist nicht in diesem Wert enthalten, sie wird unter Wärmequellen gesondert erfasst.				854
856	Anteil Wärme (Hoch-Temp.) an PW	%	11,0 [857]	0,0 [859]	856
857	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.39].				857
859	- ZIEL-Ansatz: Aufgrund folgender Überlegung: Die Nutzung von Abwärme als Prozesswärme ist grundsätzlich sinnvoll und lässt sich vermutlich noch ausweiten. Im Gegensatz zur Anwendung im Gebäudebereich dürfte das noch ungenutzte Potenzial wegen des höheren Temperaturniveaus allerdings überschaubar sein. Andere Quellen (z. B. Solarthermie mit Konzentratoren) erscheinen in Deutschland wenig aussichtsreich.				859
861	Anteil Strom an PW	%	16,3 [862]	(resultierend) [864]	861
862	- STATUS-Ansatz: Gemäß Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [9.28], Aufbereitung siehe [7.37].				862
864	- ZIEL-Ansatz: Resultiert aus 100% abzüglich Anteil Brennstoffe [846] abzüglich Anteil Wärme [856]. Begründung für den großen Anteil: Der künftige Hauptenergieträger Strom wird den Anteil der heute überwiegend fossilen Prozesswärmebereitstellung übernehmen müssen, der weder durch Wärmelieferung (z. B. Abwärme) [856] noch durch das begrenzte Angebot an erneuerbaren Brennstoffen [846] substituiert werden kann.				864
866	Mobile Anwendungen (MA)				866
868	MA am Boden				868
870	Anteil Personenverkehr (PVk) am EEV MA Boden	%	68,1 [871]	68,1 [874]	870
871	- STATUS-Ansatz: Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [872].				871
872	Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [9.192], S. 13, 10: Die aus Verkehrsleistung und spezifischem Verbrauch (Tank-to-Wheel) der verschiedenen Verkehrsmittel ermittelten Endenergie-Verbräuche für Deutschland im Jahr 2013 ergeben rund 389 TWh für den Personenverkehr auf Straße und Schiene und 571 TWh insgesamt einschließlich Güterverkehr. Daraus resultiert ein Anteil von 68,1% am Endenergieverbrauch der mobilen Anwendungen am Boden.				872
874	- ZIEL-Ansatz: Dient als Berechnungsgrundlage für das (fiktive) künftige Bedarfsniveau im Anwendungsbereich Prozesswärme im Sektor Haushalte, das sich ohne Volumen-, Effizienz- und Energiemix-Änderungen einstellen würde. Der Status-Ansatz wird methodisch bedingt unverändert übernommen.				874
876	Zieleinfluss Entwicklung PVk	%	100,0 [877]	99,3 [879]	876
877	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Personenkilometer) im Durchschnitt über den Modal-Mix der Personenverkehrsmittel. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				877
879	- ZIEL-Ansatz: Gemäß BMU-Leitstudie [880] wird davon ausgegangen, dass die Personenkilometerzahl pro Kopf auf gleichem Stand wie heute liegt.				879
880	In der BMU Leitstudie 2011 [9.51], S.47, ist man gemäß der Ansätze in früheren Leitstudien von einer Entwicklung der Personenverkehrsleistung in Deutschland von 13.829 Personenkilometern pro Kopf im Jahr 2010 auf 13.734 pkm/Kopf im Jahr 2050 entsprechend 99,3% ausgegangen.				880

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
882	Anteil Elektrotraktion am Endverbrauch im PVk	%	2,3 [883]	85,0 [886]	882
883	- STATUS-Ansatz: Eigene Berechnungen nach VDV-Statistik [884].				
884	Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [9.192], S. 13, 10: Die aus Verkehrsleistung und spezifischem Verbrauch (Tank-to-Wheel) der verschiedenen Verkehrsmittel ermittelten Endenergie-Verbräuche für Deutschland im Jahr 2013 ergeben rund 389 TWh für den Personenverkehr auf Straße und Schiene, davon 8,8 TWh Strom für Fernbahn, Regionalbahn, Stadtbahn, U-Bahn und Straßenbahn (Elektro-Straßenfahrzeuge waren noch vernachlässigbar). Damit hatte die Elektrotraktion einen Anteil von 2,3% am Endenergieverbrauch des Personenverkehrs auf Straße und Schiene.				
886	- ZIEL-Ansatz:				
	-- ETAPPE -80%THG: Ein Teil des vorläufig noch nutzbaren Kontingents an fossilen Brennstoffen wird dazu verwendet, die Elektrotraktion mit einem Anteil von 85,0 % noch nicht ganz auf Endausbau-Niveau (siehe unten) bringen zu müssen.				
	-- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: Ein hoher Anteil von 87,86 % Elektrotraktion im Personenverkehr wurde einmal wegen der ca. dreifach höheren Effizienz des Elektroantriebs gegenüber Verbrennungsmotoren gewählt, zum anderen wegen des sehr begrenzten Potenzials an biogenen Kraftstoffen. Der Ansatz ist am IWES Geschäftsmodell Energiewende orientiert [889], der über den Ansatz in UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [888] deutlich hinaus geht (dort ist der Import großer Mengen an synthetischen Kraftstoffen aus Wind-/Solarstrom vorgesehen, der durch unseren Ansatz bis auf Luftverkehrs-Kraftstoffe vermieden werden kann).				
887	Bei dieser Betrachtung wurde keine Änderung im Modalsplit vorgesehen, der hohe Anteil von Individualverkehr am Personenverkehr bleibt erhalten. Allerdings erscheint es als wahrscheinlich, dass der Anteil der Bahn am Modalsplit zumindest im Fernverkehr zunehmen könnte. Wegen des Effizienzvorteils der Bahnen gegenüber PKW würde dies zu einer weiteren Senkung des Energiebedarfs führen.				
888	UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 114: "(...) bei den Pkw bis zum Jahr 2050 57 % der Fahrleistung elektrisch erbracht wird (...)".				
889	IWES Geschäftsmodell Energiewende [9.90], S. 14, sieht "100% E-Mobilität im PKW-Bereich" vor und erfasst damit den weitaus größten Teil des Personenverkehrs.				
891	Zieleinfluss 100% Elektrotraktion auf Endverbr. PVk	%	0,0 [892]	-65,8 [894]	891
892	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status Quo der möglichen Verbrauchsminderung, die sich durch Erhöhung des Anteils elektrisch betriebener PKW, Bahnen und Busse erreichen lässt. Dient als Referenz für die im Ziel erreichbare Bedarfsminderung.				
894	- ZIEL-Ansatz: Ein gegenüber [895] etwas verminderter Zieleinfluss von -65,8 % auf den Endenergieverbrauch im Personenverkehr würde aus dem vollständigen Ersatz sämtlicher verbrennungsmotorisch betriebenen PKW und Bahnen gemäß [895] resultieren (2,3% des Verbrauchs entfällt heute bereits auf den effizienten elektrischen Bahnverkehr [882]).				
895	Ein um 67,3% reduzierter Endenergieverbrauch resultiert aus dem Ersatz von Fahrzeugen mit Otto- und Dieselmotor (je zur Hälfte gemäß den gegenwärtigen Anteilen an der deutschen PKW-Flotte) durch batteriebetriebene Elektrofahrzeuge, wenn man die Nutzungsgrade gemäß [896] zugrunde legt.				
896	In einer Betrachtung der TU München zur Energieeffizienz durch Elektromobilität [9.195], S. 17, werden Fahrzeug-Nutzungsgrade (Verhältnis Nutzenergie zu der als Kraftstoff getankten bzw. zur Batterieladung aufgenommenen Endenergie) abhängig vom Antriebstyp gegenübergestellt: Ottomotor 24% , Dieselmotor 27% , Elektromotor mit Batterie 78% .				
898	Zieleinfluss PVk-Effizienz auf Kraftstoffverbr.	%	100,0 [899]	88,6 [901]	898
899	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Personenkilometer) im Durchschnitt über die verbrennungsmotorisch betriebenen Personenverkehrsmittel. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				
901	- ZIEL-Ansatz: Orientiert an dem Einsparpotenzial von 11,4% gemäß IFEU Effizienzstrategie [902] im PKW-Bereich, die den größten Anteil am Personenverkehr ausmachen.				
902	IFEU Effizienzstrategie für Deutschland [9.102], S. 19: "Durch Einführung von effizienten Fahrzeugen, insbesondere durch effiziente PKW, können etwa 175 PJ eingespart werden." Bezogen auf den Endenergieverbrauch 2012 von 1.534 PJ, der auf PKW entfällt (2419,6 PJ Mobile Anwendungen am Boden [BS.4.20] * 68,1% Anteil Personenverkehr * 93,1% Anteil PKW), entspricht das einem Einsparpotenzial von 11,4% .				
904	Zieleinfluss Entwicklung Güterverkehr (GVk)	%	100,0 [905]	158,0 [907]	904
905	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Tonnenkilometer) im Durchschnitt über die verbrennungsmotorisch betriebenen Güterverkehrsmittel. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)	Einheit	STATUS	ZIEL	
907 - ZIEL-Ansatz: Gemäß BMU-Leitstudie [908] wird davon ausgegangen, dass die Tonnenkilometerzahl pro Kopf auf 158 % gegenüber 2012 steigt.				907
908 In der BMU Leitstudie 2011 [9.51], S.47, ist man gemäß der Ansätze in früheren Leitstudien von einer Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland von 7.643 Tonnenkilometern pro Kopf im Jahr 2010 auf 12.075 tkm/Kopf im Jahr 2050 entsprechend 158% ausgegangen.				908
910 Anteil Elektrotraktion am Endverbrauch im GVk	%	1,6 [911]	85,0 [914]	910
911 - STATUS-Ansatz: Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [912].				911
912 Eigene Berechnungen auf Basis VDV-Statistik [9.192], S. 13, 10: Die aus Verkehrsleistung und spezifischem Verbrauch (Tank-to-Wheel) der verschiedenen Verkehrsmittel ermittelten Endenergie-Verbräuche für Deutschland im Jahr 2013 ergeben rund 181 TWh für den Güterverkehr auf Straße, Schiene und Binnenwasserstraßen, davon 2,9 TWh Strom für die Bahn. Damit hatte die Elektrotraktion einen Anteil von 1,6% am Endenergieverbrauch des Güterverkehrs.				912
914 - ZIEL-Ansatz: -- ETAPPE -80%THG: Ein Teil des vorläufig noch nutzbaren Kontingents an fossilen Brennstoffen wird dazu verwendet, die Elektrotraktion mit einem Anteil von 85,0 % noch nicht ganz auf Endausbau-Niveau (siehe unten) bringen zu müssen. -- ENDAUSBAU 100%EE zum Vergleich: Ein hoher Anteil von 87,85 % Elektrotraktion im Güterverkehr wurde einmal wegen der ca. dreifach höheren Effizienz des Elektroantriebs gegenüber Verbrennungsmotoren gewählt, zum anderen wegen des sehr begrenzten Potenzials an biogenen Kraftstoffen. Der Ansatz ist am IWES Geschäftsmodell Energiewende orientiert [916], der im Gegensatz zu UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [915] steht (dort ist der Import großer Mengen an synthetischen Kraftstoffen aus Wind-/Solarstrom vorgesehen, der durch unseren Ansatz vermieden werden kann).				914
915 Bei dieser Betrachtung wurde keine Änderung im Modalsplit vorgesehen, der hohe Anteil der LKW am Güterverkehr wird fortgeschrieben. Allerdings erscheint es als wahrscheinlich, dass der Anteil der Bahn am Modalsplit auch im Güterverkehr zunehmen könnte. Wegen des Effizienzvorteils der Bahnen gegenüber PKW würde dies zu einer weiteren Senkung des Energiebedarfs führen.				915
916 UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 [9.183], S. 114: "(...) die Restriktionen beim Schwerlastverkehr sowie der Einsatz von stromgenerierten Kraftstoffen bei den übrigen Verkehrsmitteln (insbesondere bei Flugzeugen) zu einem hohen Anteil von Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben führen (...)".				916
917 IWES Geschäftsmodell Energiewende [9.90], S. 14, sieht "Ausbau der vielbefahrenen Autobahnstrecken für Oberleitungs-LKW [SRU 2012]" vor und eröffnet so eine realistische Möglichkeit für einen hohen Elektrifizierungsanteil des LKW-Verkehrs.				917
919 Zieleinfluss 100% Elektrotraktion auf Endverbr. GVk	%	0,0 [920]	-64,4 [922]	919
920 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status Quo der möglichen Energieeinsparung, der sich durch Erhöhung des Anteils elektrisch betriebener Güterverkehrsmittel erreichen lässt. Dient als Referenz für die im Ziel erreichbare Bedarfsminderung.				920
922 - ZIEL-Ansatz: Ein gegenüber [923] etwas verminderter Zieleinfluss von -64,4 % auf den Endenergieverbrauch im Güterverkehr würde aus dem vollständigen Ersatz sämtlicher verbrennungsmotorisch betriebenen LKW und Bahnen gemäß [923] resultieren (1,6% des Verbrauchs entfällt heute bereits auf den effizienten elektrischen Bahnverkehr [910]).				922
923 Ein um 65,4% reduzierter Endenergieverbrauch resultiert aus dem Ersatz von Fahrzeugen mit Dieselmotor (im Güterverkehr die dominierende Antriebsform) durch batteriebetriebene Elektrofahrzeuge, wenn man die Nutzungsgrade gemäß [924] zugrunde legt. Hier wird vereinfachend angenommen, dass eine Reduktion in dieser Größenordnung auch im Güterverkehr erreichbar wäre, wobei an die Stelle der batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge vielmehr auf Autobahnen über Obereitung versorgte Hybrid-LKW [917], aber auch Verlagerung auf die Schiene treten.				923
924 In einer Betrachtung der TU München zur Energieeffizienz durch Elektromobilität [9.195], S. 17, werden Fahrzeug-Nutzungsgrade (Verhältnis Nutzenergie zu der als Kraftstoff getankten bzw. zur Batterieladung aufgenommenen Endenergie) abhängig vom Antriebstyp gegenübergestellt: Dieselmotor 27% , Elektromotor mit Batterie 78% .				924
926 Zieleinfluss GVk-Effizienz auf Kraftstoffverbr.	%	100,0 [927]	88,6 [929]	926
927 - STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Tonnenkilometer) im Durchschnitt über die verbrennungsmotorisch betriebenen Güterverkehrsmittel. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				927
929 - ZIEL-Ansatz: Die Senkung des Kraftstoffverbrauchs im Güterverkehrsbereich durch Effizienzsteigerung der Verbrennungsmotoren, vor allem bei LKW, wird hier von der Effizienzsteigerung um 11,4% bei PKW [902] abgeleitet.				929
931 MA Luftverkehr				931

100prosim (D.xlsx V.150805) - 12.01.2016 20:08

150826

D.1. Datenmodell 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)		Einheit	STATUS	ZIEL	
933	Zieleinfluss Luftverkehrs-Entwicklung	%	100,0 [934]	99,3 [936]	933
934	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Personenkilometer) im Durchschnitt der Luftfahrzeuge. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				
936	- ZIEL-Ansatz: Für die weitere Entwicklung des Luftverkehrs (größtenteils Personenverkehr) wird Annahme für die Entwicklung des Personenverkehrs allgemein [880] zugrunde gelegt.				
938	Zieleinfl.Luftverkehrs-Effizienz auf Kraftstoffverbr.	%	100,0 [939]	71,9 [941]	938
939	- STATUS-Ansatz: Repräsentiert den Status der Energieintensität (Energiebedarf pro Personenkilometer) im Durchschnitt über die Luftfahrzeuge. Dient als Referenz für den im Ziel durch Effizienzsteigerung gesenkten Energiebedarf.				
941	- ZIEL-Ansatz: Orientiert sich an einer vom BMU beauftragten Studie [942].				
942	Vom BMU beauftragte Studie zu den Effizienzpotenzialen bei Flugzeugen [9.93], S. 57: "Kurz- und mittelfristig könnte sich der spezifische Kraftstoffverbrauch der weltweiten Flotte von 4,8 Liter pro 100 Pkm heute auf 3,8 Liter pro 100 Pkm im Jahr 2015 reduzieren. Bis zum Jahr 2026 könnte der spezifische Kraftstoffverbrauch auf 3 Liter pro 100 Pkm sinken (Airbus 2007)". Bezogen auf den linear für 2012 interpolierten Verbrauchswert von 4,2 l/100km resultiert ein auf 71,9% verminderter Energieverbrauch.				

D.7.VerbrauchStatus - Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

4
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44

Endverbrauch Anteile Energieträger je Anwendungsbereich

Energieträger % von Anwendungsber.	Anwendungsbereich				
	Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozess- wärme	Mobile Anwend.
		Raumw.	Warmwas.		
Strom	100,0	4,5		16,3	2,1
		1,6	2,9		
Wärme	0,0	16,9		11,0	0,0
		15,3	1,6		
Brennstoffe	0,0	78,5		72,7	97,9
		68,3	10,2		
Gesamt	100,0	100,0		100,0	100,0
		85,3	14,7		

Errechnet aus [51] bis [61].

46
47

BS.2.a Endenergie-Verbrauch+ / Einwohner (direkt/indirekt)

Endenergie (kWh)	Anwendung	insgesamt	Nicht- energet.				
				Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozess- wärme
				Raumw.	Warmwas.	Boden+	Luft
Strom	4.697	493	1.055	205		6.449	
		175	318	205	0		
Brennst.gasförm.	0	4.974	2.859	81		7.914	323
		4.225	749	81	0		
Brennst.flüssig	0	2.389	334	9.385		12.108	2.962
		2.056	333	8.061	1.324		
Brennst.fest	0	1.190	1.503	0		2.693	83
		1.158	32	0	0		
Wärme	0	1.843	710	0		2.553	
		1.671	172	0	0		
insgesamt	4.697	10.889	6.460	9.670		31.716	3.367

9.285 1.605

66

BS.2.b Wärme-Endverbrauch pro Einwohner nach Quellen

Endenergie in kWh	Gebäudewärme		Prozesswärme	
	fossil	erneuerb.	fossil	erneuerb.
Wärme	1.843		710	
Fernheizwerke fossil	343		0	
erneuerbar		81	0	0
Fern-HeizKRAFTwerke	952	301	404	0
Nahwärme Abw./erneuerb.	-	167	306	0

75

76

BS.2.c Jahresnutzungsgrade Endenergie-Anwendung im Wärmebereich

Jahresnutzungsgrad in %	Gebäudewärme	Prozesswärme
Strom	100,0	100,0
Brennst.gasförmig	85,0	90,0
Brennst.flüssig	80,0	85,0
Brennst.fest	75,0	80,0
Wärme-Endverbr.	100,0	100,0

84

85

BS.2.d Endverbrauch Anteile Sektoren je Anwendungsbereich

Sektoren % von Anwendungsber.	Anwendung					
	Kraft/Licht/ IKT/Kälte	Gebäudewärme		Prozess- wärme	Mobile Anwend.	
		Raumw.	Warmwas.		Boden+	Luft
Haushalte	17,0	67,3	7,5		0,0	
Handel/Dienstl.(ohne Gewer)	29,6	24,4	0,0		0,0	
Industrie+prod.Gewerb	53,4	8,3	92,5		0,0	
Verkehr	0,0	0,0	0,0		100,0	

93

D.8.Kennzahlen Deutschland zum Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

4

5 Übernommen aus:

6 BS.3. Kennzahlen Energieversorgung Deutschland 2012

7

8 BS.3.a Strommix und Jahresnutzungsgrad (JNG) Kraftwerke

	Mix- Anteil (%)	JNG (NV+/UE) (%)	[BS.3.5]
Fossil/atomar	100,0		[BS.3.6]
Braunkohle	33,4	34,8	[BS.3.7]
Steinkohle	24,2	34,9	[BS.3.8]
Kernenergie	20,7	30,5	[BS.3.9]
Naturgase	15,9	37,1	[BS.3.10]
Erdöl	1,6	44,4	[BS.3.11]
Abfall u.sonst.	4,3	27,7	[BS.3.12]

18

19

20 BS.3.b Strom: Leitungsverluste / Verbrauch im Umwandlungsbereich

		(%)	[BS.3.17]
Leitungsverluste	LV/EV	5,5	[BS.3.18]
Verbr.im Umwandlungsbereich (\	VU/NV	2,5	[BS.3.19]

24

25

26 BS.3.d Gasversorgung

		(%)	[BS.3.23]
Leitungsverluste	LV/EV+	0,0	[BS.3.24]
Fackelverluste	FV/NV.fos	0,9	[BS.3.25]
Verbr.im Umwandlungsbereich	VU/NV.fos	3,8	[BS.3.26]
Jahresnutzungsgrad Umwandl.	NV+/PEV	100,00	[BS.3.27]

32

33

34

35 BS.3.e Mineralölversorgung

		(%)	[BS.3.32]
Leitungsverluste	LV/EV+	0,0	[BS.3.33]
Fackelverluste	FV/NV.fos	0,0	[BS.3.34]
Verbr.im Umwandlungsbereich	VU/NV.fos	2,8	[BS.3.35]
Jahresnutzungsgrad Umwandl.	NE/UE	82,83	[BS.3.36]

41

42

D.8.Kennzahlen Deutschland zum Szenario 'Niedersachsen -80%THG' (150826t)

4

BS.3.c Braun-/Steinkohleversorgung

44	Kohle-Mix		Braunk.	Steink.	[BS.3.40]
45	Gebäudewärme (%)		57,8	42,2	[BS.3.41]
46	Prozesswärme (%)		18,09	81,9	[BS.3.42]

47

48	Umwandlung (%):		Braunk.	Steink.	[BS.3.44]
49	Leitungsverluste	LV/EV+	0,0	0,0	[BS.3.45]
50	Fackelverluste	FV/NV.fos	0,0	0,0	[BS.3.46]
51	Verbr.im Umwandlungsbereich	VU/NV.fos	11,2	0,7	[BS.3.47]
52	Jahresnutzungsgrad Umwandl.	NV+/PEV	100,00	97,72	[BS.3.48]

53

54

BS.3.f Fernheizwerke: Fossiler Brennstoffmix

56	Mix fossiler Brennstoffe:		(%)	[BS.3.52]
57	Fossile		100,0	[BS.3.53]
58	Braunkohle		1,8	[BS.3.54]
59	Steinkohle		20,7	[BS.3.55]
60	Erdgas		55,5	[BS.3.56]
61	Mineralölprodukte		4,4	[BS.3.57]
62	nicht erneuerb.Abfälle		17,5	[BS.3.58]

63

64	Umwandlung:		(%)	[BS.3.60]
65	Leitungsverluste	LV/EV	9,4	[BS.3.61]
66	Verbr.im Umwandlungsbereich	VU/NV.fos	9,9	[BS.3.62]
67	Jahresnutzungsgrad Umwandl.	NV+.fos/UE.fos	71,4	[BS.3.63]

68

69

BS.3.g Brennstoff-Endverbrauch: Fossiler Brennstoffmix

71	Mix fossiler Brennstoffe (%):		GW	PW	[BS.3.67]
72	Fossile		100,0	100,0	[BS.3.68]
73	Braunkohle		2,0	5,0	[BS.3.69]
74	Steinkohle		1,5	22,8	[BS.3.70]
75	Erdgas		65,2	64,6	[BS.3.71]
76	Mineralölprodukte		31,3	7,5	[BS.3.72]

77

D.9. Datenmodell Niedersachsen -80%THG' (150826t) - Quellen

- 4 3N KOMPETENZZENTRUM (2014): "Biogas in Niedersachsen - Inventur 2014". Zugriff am 03.03.2015.
5 http://www.3-n.info/download.php?file=pdf_files/InfomaterialDownloadsBiogas/biogasinventur_niedersachsen_2014.pdf
- 7 3N KOMPETENZZENTRUM (2014): "Feuerstättenzählung Niedersachsen 2013". Zugriff am 10.08.2015.
8 http://www.3-n.info/download.php?file=pdf_files/InfomaterialDownloadsFestbrennstoffe/feuerstaettenzaehlung_niedersachsen_2013.pdf
- 10 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Bioenergie Niedersachsen"; Zugriff am 07.01.2015, 03.03.2015.
11 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NI/kategorie/bioenergie/ausgabe/download>
- 13 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Geothermie Niedersachsen"; Zugriff am 08.03.2015.
14 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NI/kategorie/erdwaerme/ausgabe/download>
- 16 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Solar Niedersachsen"; Zugriff 07.01.2015.
17 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NI/kategorie/solar/ausgabe/download>
- 19 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Wasserkraft Niedersachsen"; Zugriff 11.02.2015.
20 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NI/kategorie/wasser/ausgabe/download>
- 22 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN: "föederal erneuerbar - Datenblatt Wind Niedersachsen"; Zugriff 07.01.2015.
23 <http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NI/kategorie/wind/ausgabe/download>
- 25 AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (2013): "Forschungsradar Erneuerbare Energien - Studienvergleich: Die Auslastung von Kraftwerken im Zuge der Energiewende"; Zugriff 05.02.2015.
26 http://www.forschungsradar.de/uploads/media/AEE_Dossier_Studienvergleich_Volllaststunden_juli13.pdf
27
- 28 AGE B - ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V. (November 2013): "Anwendungsbilanzen für die Energiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012".
29 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_endbericht_anwendungsbilanzen_2011-2012_endg.pdf
30
- 31 AGE B - ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN e. V. (2014): "Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2012". Stand 12.07.2014.
32 http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx
33
- 34 AGORA ENERGIEWENDE (2013): "Entwicklung der Windenergie in Deutschland". Studiendurchführung Fraunhofer IWES. Zugriff am 23.04.2015
35 <http://www.agora-energiewende.de/service/publikationen/publikation/pub-action/show/pub-title/entwicklung-der-windenergie-in-deutschland/>
36
- 37 AIRBUS OPERATIONS (Hrsg.), 3N-KOMPETENZZENTRUM, KRALEMANN M. (2014): "Nachhaltige Biokerosin-Produktion auf Basis von Biogas aus unterschiedlichen Quellen in der südlichen Metropolregion Hamburg/Niedersachsen (Biogas-to-Kerosene).
38
- 39 ALPHA VENTUS (2012): "FACT-SHEET alpha ventus".
40 http://www.alpha-ventus.de/fileadmin/user_upload/av_Factsheet_de_Dez2012_2.pdf
41
- 42 ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR SPARSAMEN UND UMWELTFREUNDLICHEN ENERGIEVERBRAUCH e. V. (2011): "BHKW-Kenndaten 2011". Zugriff am 06.03.2015."
43 <http://asue.de/cms/upload/broschueren/2011/bhkw-kenndaten/asue-bhkw-kenndaten-0311.pdf>
44

D.9. Datenmodell Niedersachsen -80%THG' (150826t) - Quellen

- 45 BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (2013): "Wildpflanzen als Biogassubstrat";
Fachvortrag Dr. Birgitt Vollrath zum Projekt 'Energie aus Wildpflanzen'. Zugriff am 13.02.2014.
46 http://www.bioenergie-wendland-elbetal.de/fileadmin/bilder/Vortr%C3%A4ge/Retmar_Vollrath_09.08.2013_Kurzversionpdf.pdf
47
- 48 BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT BMEL (Oktober 2014): "Der Wald in
Deutschland - Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur". Zugriff 11.08.2015.
49 https://bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/BMEL_Wald_Broschuere.pdf
50
- 51 BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT BMU (Hrg.), DLR,
FRAUNHOFER IWES, IFNE (2012) "Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien
in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global" (Leitstudie 2011 - Schlussbericht an das
BMU). Zugriff am 29.03.2015.
52 http://www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/bilder/portal/portal_2012_1/leitstudie2011_bf.pdf
53
- 54 BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT BMU (2007) "Nationale
Strategie zur biologischen Vielfalt". Zugriff am 29.03.2015.
55 http://www.biologischievielfalt.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf
56
- 57 BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2014): "Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale
und Internationale Entwicklung 2013". Zugriff am 05.02.2015.
58 http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen.pdf?__blob=publicationFile&v=5
59
- 60 BUNDESVERBAND WÄRMEPUMPE e. V. (2014) Online-Portal: "Immer mehr Bauherren setzen auf
Wärmepumpen". Zugriff am 07.03.2015.
61 <http://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/article/immer-mehr-bauherren-setzen-auf-waermepumpe.html>
62
- 63 BUNDESVERBAND WINDENERGIE e. V. / FRAUNHOFER IWES (2011): "Potenzial der Windenergienutzung an
Land"; Langfassung; ISBN: 978 3 94257993.
64 <http://www.wind-energie.de/shop-potenzial-der-windenergienutzung-land>
65
- 66 DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SOLARENERGIE DGS, Online-Portal ENERGYMAP (2015): "Niedersachsen".
Zugriff am 03.03.2015.
67 <http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/116.html>
68
- 69 DEUTSCHE WINDGUARD (2014): "Ausbau der Offshore-Windenergie in Deutschland - in 2013 gehen 240 MW ans
Netz"; Pressemitteilung vom 29.1.2014, Zugriff am 05.02.2015.
70 http://www.windguard.de/_Resources/Persistent/2a1574c37ee9b45a46c5755a5d3b0e18c19242cd/Pressemitteilung-Status-Offshore-2013-2014-01-29.pdf
71
- 72 ENERGIEAGENTUR NRW: "Online-Rechner Photovoltaik"; Zugriff am 30.01.2015.
73 <http://www.energieagentur.nrw.de/photovoltaik/themen/online-rechner-photovoltaik-15111.asp>
74
- 75 FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e. V. (2014): "Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014".
Zugriff 15.02.2015.
76 http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/b/a/basisdaten_9x16_2014_web_v02.pdf
77
- 78 FORSCHUNGSVEREINIGUNG VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN e. V. (2013): "Zukünftige Kraftstoffe für
Verbrennungsmotoren und Gasturbinen". Zugriff am 13.04.2015.
79 http://www.fvv-net.de/cms/upload/Download/FVV-Kraftstoffstudie_LBST_2013-10-30.pdf
80
- 81 FÖRDERGESELLSCHAFT WINDENERGIE UND ANDERE ERNEUERBARE ENERGIEN FGW e. V. (2015):
"Veröffentlichung der EEG-Referenzerträge". Exemplarisch wurde die Tabelle der ENERCON-Anlagen genutzt.
Zugriff am 23.04.2015.
82 http://www.wind-fgw.de/eeg_referenzertrag.htm
83

D.9. Datenmodell Niedersachsen -80%THG' (150826t) - Quellen

- 84 FRAUNHOFER ISE (2011) "Wärmepumpen Effizienz - Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb". Kurzfassung.
85 http://wp-effizienz.ise.fraunhofer.de/download/wp_effizienz_endbericht_kurzfassung.pdf
86
- 87 FRAUNHOFER IWES (2013): "Energiewirtschaftliche Bedeutung der Offshore-Windenergie"; Zugriff am 05.02.2015.
88 <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/forschungsthemen/energie/Energiewirtschaftliche-Bedeutung-von-Offshore-Windenergie.pdf>
89
- 90 FRAUNHOFER IWES (2013): "Geschäftsmodell Energiewende"; Zugriff am 30.03.2015.
91 <http://www.energie.fraunhofer.de/de/bildmaterial/pdf/studie-geschaeftsmodell-energiewende.pdf>
92
- 93 GMELIN T. C., HÜTTING G., LEHMANN O. (2008): "Zusammenfassende Darstellung der Effizienzpotenziale bei Flugzeugen unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen Triebwerkstechnik sowie der absehbaren mittelfristigen Entwicklungen". Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Zugriff am 01.04.2015.
94 http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/workshop_effizienz_flugverk_studie.pdf
95
- 96 HORLACHER Prof. H.-B. (2003): "Globale Potenziale der Wasserkraft" - Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 "Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit"; Zugriff am 11.02.2015.
97 http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/ig2003/wbgu_ig2003_ex03.pdf
98
- 99 IFEU - INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG (2008): "Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland". Zugriff 16.02.2015.
100 <http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/IFEU%20-%20Positionspapier%20Stroh.pdf>
101
- 102 IFEU, FRAUNHOFER ISI, GWS, PROGNOSE (2009): "Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland". Gefördert durch BMU.
103 http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Klimaschutz_Energieeffizienz_undBeschaeftigung.pdf
104
- 105 IFEU, FRAUNHOFER, ISI, PROGNOSE, GWS et al. (2011): "Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative". Endbericht. Gefördert durch BMU.
106 https://www.ifeu.de/energie/pdf/NKI_Endbericht_2011.pdf
107
- 108 JAHNKE K., CO2ONLINE (2014): "Trendreport Energie 1". Zugriff am 15.03.2015.
109 <http://www.co2online.de/service/publikationen/trendreport-energie/heizenergieverbrauch/>
110
- 111 JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (2012): "Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht". Zugriff 16.02.2015.
112 http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/bitv/dn050857.pdf
113
- 114 JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (Hg. 2012): "Thünen-Report 17 - Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2012". Zugriff 25.02.2015.
115 http://www.ti.bund.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen-Report_17.pdf
116
- 117 KALTSCHMITT M., STREICHER W., WIESE A. (2006): "Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte".
118
- 119 LANDKREIS OSNABRÜCK (2012): "Solardachkataster"; Zugriff am 24.10.2014.
120 <http://www.solardachkataster-ikos.de/#!menubar/stats.html>
121
- 122 NETZ-TRANSPARENZ.DE (Internetplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber: 50HERTZ, AMPRION, TENNET, TRANSNET BW) (2015): "EEG-Anlagenstammdaten Gesamtdeutschland zur Jahresabrechnung 2013". Zugriff am 02.04.2015.
123 <http://www.netztransparenz.de/de/Anlagenstammdaten.htm>

D.9. Datenmodell Niedersachsen -80%THG' (150826t) - Quellen

- 124
- 125 NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN (201?) "Waldschutz in niedersächsischen Wäldern - Naturwälder". Online-Veröffentlichung, Zugriff am 29.03.2015.
- 126 <http://www.landesforsten.de/Naturwaelder.2131.98.html>
- 127
- 128 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (November 2013): "Bundesziel wird derzeit verfehlt - Beitrag für biologische Vielfalt". Zugriff am 29.03.2015.
- 129 http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=1810&article_id=118824&psmand=7
- 130
- 131 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2014): "Der Wald in Niedersachsen - Ergebnisse der Bundeswaldinventur 3". Zugriff am 15.02.2015.
- 132 http://www.ml.niedersachsen.de/download/90884/Download_Broschuere_Der_Wald_in_Niedersachsen_Ergebnisse_der_Bundeswaldinventur_3.pdf
- 133
- 134 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (November 2014): "Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2014". Zugriff am 27.02.2015.
- 135 http://www.ml.niedersachsen.de/download/91912/Die_niedersaechsische_Landwirtschaft_in_Zahlen_2014.pdf
- 136
- 137 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (06.08.2015): Hinweise Herr Dr. Höher.
- 138
- 139 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (2014): Online-Portal "Umweltbericht - Erneuerbare Energien". Zugriff am 07.03.2015.
- 140 http://www.umwelt.niedersachsen.de/umweltbericht/nutzungsfelder/energie/stand_und_entwicklung/erneuerbare_energien/erneuerbare-energien-89139.html
- 141
- 142 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (2015): "Stellungnahmen und Anmerkungen der Mitglieder des Runden Tisches zum Szenario 1 des Gutachtens Energieszenarien 2050". Online-Portal, Zugriff 11.08.2015.
- 143 <http://www.umwelt.niedersachsen.de/energie/rundertisch/dokumente/stellungnahmen-135092.html>
- 144
- 145 NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (2011): Online-Portal "Abschlussbericht des Arbeitskreises Flächenverbrauch und Bodenschutz". Zugriff am 07.03.2015.
- 146 http://www.umwelt.niedersachsen.de/download/62952/Abschlussbericht_Flaechenverbrauch_und_Bodenschutz_Dez_2011_.pdf
- 147
- 148 PROGNOSE, SEEFELD F. et al (2007); "Endbericht 18/06 - Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen"; Forschungsbericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie von prognos, progtrans und basics; 31.08.2007. Zugriff am 24.02.2015.
- 149 http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/prognos_Effizienzpotenzial_070915_final.pdf
- 150
- 151 R2B ENERGY CONSULTING GMBH (2013): "Jahresprognose 2014 und Mittelfristprognose bis 2018 zur deutschlandweiten Stromerzeugung aus EEG geförderten Kraftwerken"
- 152 https://www.netztransparenz.de/de/file/r2b_EEG_Mittelfristprognose_11112013.pdf
- 153
- 154 RÜTHER B. et.al., NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (2007): "Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen". Zugriff 15.02.2015.
- 155 <http://www.ml.niedersachsen.de/download/3458>
- 156
- 157 SCHMIDT-KANEFENDT, H.-H. (2013): "Basisdaten allgemein für 100%-Szenarien".
- 158 <http://skn.privat.t-online.de/wattweg/media/files/BA130306.pdf>
- 159
- 160 SCHMIDT-KANEFENDT, HANS-HEINRICH (2013): "Holz - Basisdaten für 100%-Szenarien" (130306).
- 161 <http://skn.privat.t-online.de/wattweg/media/files/Ho130306.pdf>
- 163 STADTWERKE LEIPZIG (2009): "Holzlogistik - Transport von Energieholz bei den Stadtwerken Leipzig". Zugriff 16.02.2015.

D.9. Datenmodell Niedersachsen -80%THG' (150826t) - Quellen

- 164 <http://www.holzlogistik.iff.fraunhofer.de/media/pdf/2009/4.pdf>
- 165
- 166 STATISTA - STATISTIKPORTAL (2015): "Anteil der Wirtschaftsbereiche am Bruttoinlandsprodukt (BIP)* in Deutschland im Jahr 2014 ". Zugriff am 01.03.2015.
- 167 <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/36846/umfrage/anteil-der-wirtschaftsbereiche-am-bruttoinlandsprodukt/>
- 168
- 169 STATISTA - STATISTIKPORTAL (2015): "Bruttoinlandsprodukt (BIP) je Einwohner in Deutschland von 1991 bis 2014". Zugriff am 01.03.2015.
- 170 <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1252/umfrage/entwicklung-des-bruttoinlandsprodukts-je-einwohner-seit-1991/>
- 171
- 172 STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER: "Regionaldatenbank Deutschland"; Online-Angebot GENESIS.
- 173 <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/logon>
- 174
- 175 STATISTISCHES BUNDESAMT (2015): "12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung". Zugriff am 13.02.2015.
- 176 <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Bevoelkerungsvorausberechnung.html>
- 177
- 178 TAB - BÜRO FÜR TECHNOLOGIEFOLGEN-ABSCHÄTZUNG BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG (Hrg.), PASCHEN H., OERTEL D., GRÜNWALD R. (2003): "Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland". TAB-Bericht 84. Zugriff am 08.03.2015.
- 179 <http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/Service/Publikationen/Tab84.pdf>
- 180
- 181 TRETTER H. (2010): "Schweden - Biogas als leitungsbebundener Energieträger und Kraftstoff für Fahrzeuge". Zugriff am 11.03.2010.
- 182
- 183 UMWELTBUNDESAMT (2014): "Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050". Zugriff am 29.03.2015.
- 184 <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgasneutrales-deutschland-im-jahr-2050-0>
- 185
- 186 UNITED NATIONS (DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION 2013): "Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung bis 2100". Zugriff über Portal 'statista' am 20.02.2015.
- 187 <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/>
- 188
- 189 VDE (2008): „Effizienz- und Einsparpotentiale elektrischer Energie in Deutschland“.
- 190 http://en-q.de/media/links/VDE_Effizienz-_und_Einsparpotentiale_in_Deutschland.pdf
- 191
- 192 VERBAND DEUTSCHER VERKEHRSUNTERNEHMEN e.V. (2014): "2013 Statistik"; Zugriff 23.02.2015.
- 193 <https://www.vdv.de/statistik-2013.pdf?forced=true>
- 194
- 195 WAGNER U., DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT e. V. / TU MÜNCHEN (2012): "Energieeffizienz durch Elektromobilität". Zugriff am 02.04.2015.
- 196 <https://www.vde.com/de/regionalorganisation/bezirksvereine/suedbayern/facharbeit%20regional/akenergietechnik/documents/vortrag%2015112012%20elektromobilit%C3%A4t%20und%20energieeffizienz.pdf>
- 197
- 198 WIRTH, Dr. Harry, FRAUNHOFER ISE (2012): "Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland".
- 199 <http://www.zsd-solar.de/wp-content/uploads/2013/02/Fakten-zur-PV-Fraunhofer-ISE-120202.pdf>
- 200
- 201 WIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG ZUCKER (2015): "Biokraftstoff Ethanol". Zugriff am 06.03.2015.
- 202 <http://www.zuckerverbaende.de/ruebe-zucker/bioethanol.html>
- 203
- 204 WWF DEUTSCHLAND (Hrg.), ÖKO-INSTITUT, PROGNOSE (2009): "Modell Deutschland - Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken".
- 205 http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Modell_Deutschland_Endbericht.pdf

Herausgeber:
Niedersächsisches Ministerium
für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Archivstr. 2
30169 Hannover

April 2016

poststelle@mu.niedersachsen.de
www.umwelt.niedersachsen.de

ISBN 978-3-00-052763-0

Druck: gutenbergs beuys feindruckerei gmbh

