

Vertikale Agri-Photovoltaik in der Landwirtschaft

Für eine Doppelnutzung der Fläche



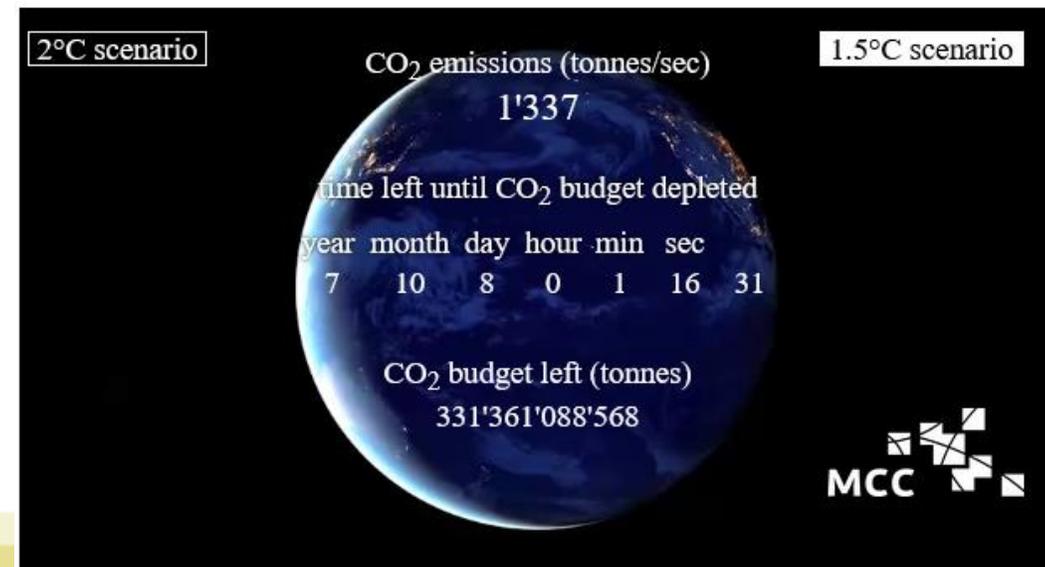
Übersicht Vortrag



Globale Klimakrise

- Der Klimawandel schreitet schnell voran.
- Globale Kipp-Punkte des Klimas drohen einzutreten.
- Die Energiewende wurde viele Jahrzehnte nicht angepackt.
- Das unterzeichnete Pariser 1,5°C-Ziel ist in kaum noch einzuhalten.

➤ **Die Zeit drängt für eine schnelle Energiewende!**

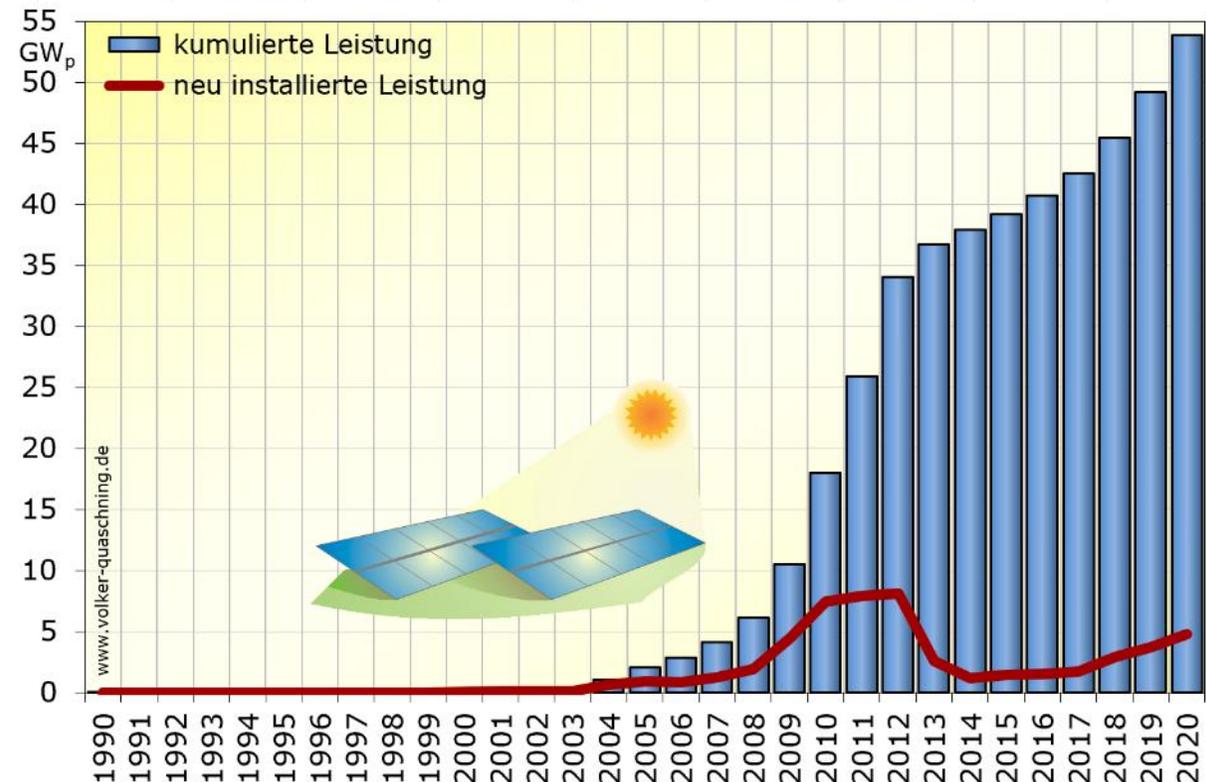


Quelle: www.mcc-berlin.net



Situation Energiewende & EEG

- Das EEG ist eine zentrale Antriebsfeder für das bisher Erreichte.
 - Der Land-Windenergie-Ausbau ist nahezu zum Erliegen gekommen.
 - Neues EEG 2021 hat Licht und Schatten – aber reicht nicht aus!
- **Jede PV-Anlage zählt – in Zukunft vermehrt auch ohne EEG!**



Chancen der Energiewende

- Durch den angestrebten Ausbau von Wind und PV könnten tausende Arbeitsplätze für Planung und Installation der Anlagen neu entstehen.
 - Es ist wichtig rechtzeitig mit der Umschulung von Mitarbeitern und der Neuorientierung der Unternehmen zu beginnen.
- ***Die Energiewende bietet die Chance auf grünes Wachstum!***



Chancen der Energiewende

- Durch die Doppelnutzung der Flächen durch Agri-PV ist eine doppelte Wertschöpfung auf jedem Hektar Land möglich.
- **Agri-PV könnte einen Beitrag zum Erhalt landwirtschaftlicher Betriebe leisten!**



VERLORENE HÖFE

Rückgang landwirtschaftlicher Betriebe nach Bundesländern, absolut und in Prozent, 2018 zu 2010

Schließungen

■ 5 bis unter 10 Prozent

■ 10 bis unter 15 Prozent

■ 15 Prozent und darüber

Neugründungen

■ bis 5 Prozent



ohne Stadtstaaten

Deshalb: mehr Photovoltaik!



Ausgangslage Photovoltaik

- Bereits heute werden mit starker Einspeiseleistung der Photovoltaik-Anlagen am Mittag Grenzen im Stromnetz erreicht.
- Zum Erreichen der Energiewende ist jedoch eine Vervielfachung der installierten PV-Leistung nötig (ca. 400 GW statt heute etwa 50 GW).
- Der Strombedarf in den Morgen- und Abendstunden muss mit anderen Kraftwerken und immer mehr Speicher gedeckt werden.

➤ **Zielkonflikt: Ausbau Erneuerbare Energien vs. Netzstabilität**



Ausgangslage Photovoltaik



Ausgangslage Photovoltaik

- Das Ausbaupotential auf Dachflächen ist mittlerweile sehr begrenzt. Die Ausbau-Geschwindigkeit ist aber das Hauptproblem.
 - Der Ausbau erneuerbarer Energien – besonders bei PV – geht bisher mit einer Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen einher.
- ***Zielkonflikt: Ausbau Erneuerbare Energie vs. Flächensparsamkeit***



Unsere Lösung: Agri-Photovoltaik



DEUTSCHER
SOLARPREIS
GEWINNER
2020



- für Wiese, Weide und Acker
- nicht nur für Sonderkulturen
- auch großflächige Anlagen

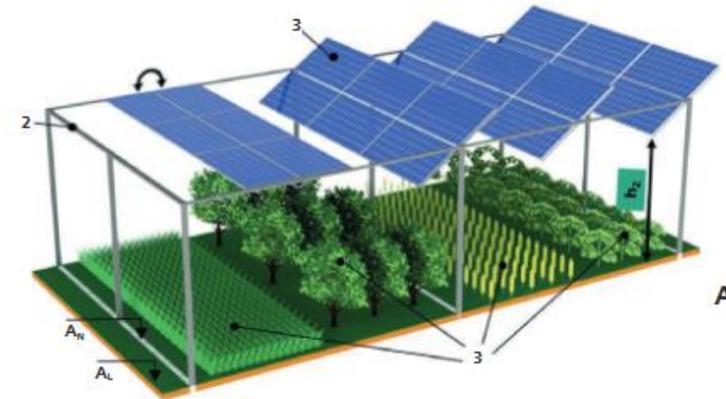


Agri-PV Kategorien

Tab. 01: Überblick über Kategorien und Nutzungsformen der DIN SPEC 91434

Agri-PV-Systeme	Nutzung
Kategorie I:	1A: Dauerkulturen und mehrjährige Kulturen
Bodennahe Aufständering < 2,1 m	1B: Einjährige und überjährige Kulturen
Bewirtschaftung unter der Agri-PV-Anlage	1C: Dauergrünland mit Schnittnutzung
(Bild 1)	1D: Dauergrünland mit Weidenutzung
Kategorie II:	2A: Dauerkulturen und mehrjährige Kulturen
Bodennahe Aufständering < 2,1 m	1B: Einjährige und überjährige Kulturen
Bewirtschaftung zwischen den Agri-PV-Anlagenreihen	1C: Dauergrünland mit Schnittnutzung
(Bild 2/3)	2D: Dauergrünland mit Weidenutzung

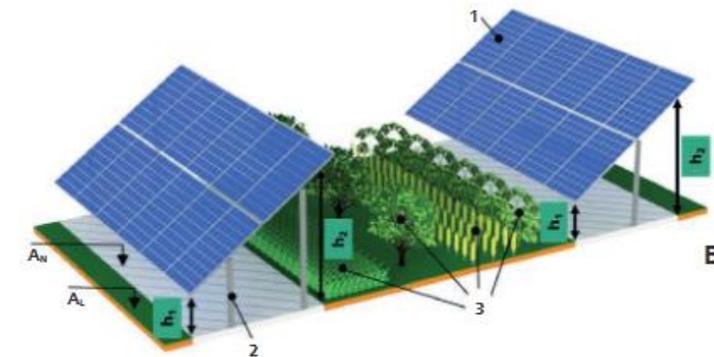
Quelle: Fraunhofer ISE



A

Abb. 10: Illustration der Kategorien und Nutzungsformen der DIN SPEC 91434. © Fraunhofer ISE

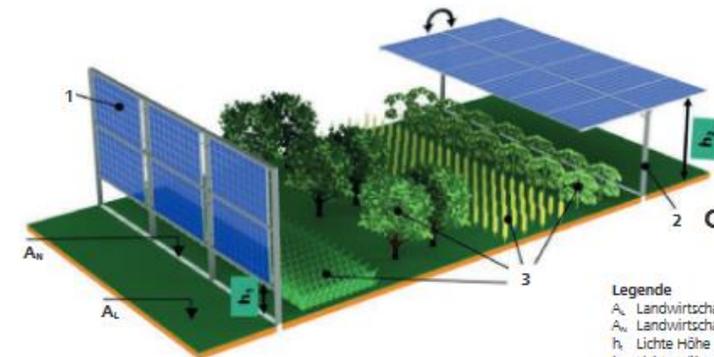
Bild A: Darstellung zu Kategorie I;



B

Bild B: Darstellung zu Kategorie II, Variante 1;

Bild C: Darstellung zu Kategorie II, Varianten 1 und 2.



C

- Legende**
- A_w Landwirtschaftlich nutzbare Fläche
 - A_L Landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche
 - h₁ Lichte Höhe unter 2,10 m
 - h₂ Lichte Höhe über 2,10 m
 - 1 Beispiele zu Solarmodulen
 - 2 Aufständering
 - 3 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen



Vielfalt der Agri-Photovoltaik (Agrivoltaics)



Quelle: Öko-Haus GmbH



Quelle: Fraunhofer ISE



Quelle: Krinner Solar



Quelle: MK Group



Quelle: BayWa r.e.



Quelle: BayWa r.e. 



Quelle: Karthaus



Quelle: Sun'Agri



Städtebauliche Betrachtung von Agri-PV

Keine Agri-PV



GRZ 0,7 oder höher
(= G+I Gebiet)

Agri-PV



a) Festsetzung: minimale Höhe
Unterkante Modul 4 m ++



b) Festsetzung: minimale Höhe
Unterkante Modul 2,1 m ++



GRZ 0,15 oder geringer



Das Next2Sun-System

- Die PV-Module werden senkrecht in Reihen aufgestellt.
- Gleichzeitige Nutzung für Stromgewinnung und Landwirtschaft.
- ***Doppelnutzung durch Agri-Photovoltaik***
- Durch den Einsatz bifacialer (beidseitig wirksamer) Solarmodule kann auf beide Seiten der Strom „geerntet“ werden.
- Die Modulflächen werden i.d.R nach Osten & Westen ausgerichtet.
- ***Stromproduktion primär in den Morgen- und Abendstunden***



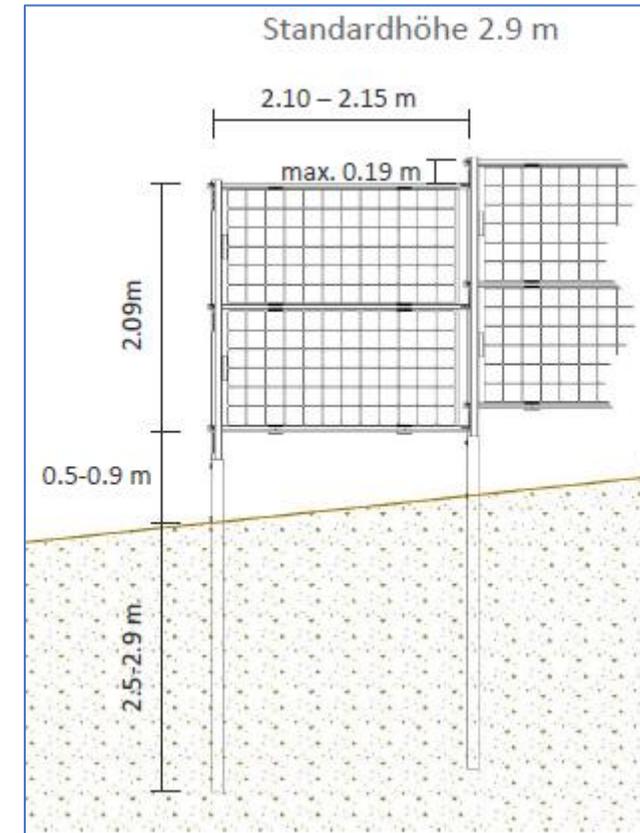
Eckdaten des Next2Sun-Systems

- **Module:** aktuell ca. 400 Wp Leistung pro Modul (Vorderseite).
- **Bifazialität:** Rückseite hat noch einmal etwa 85% der Leistung.
- **Maße:** Die 72-Zell-Module haben eine Größe von etwa 200x100 cm.
- **Ertrag:** Etwa 1.100 kWh pro kWp sind möglich im Mitteldeutschland.
- **Pro Hektar** können ca. 350-450 kWp PV-Leistung installiert werden.



Das Next2Sun-System

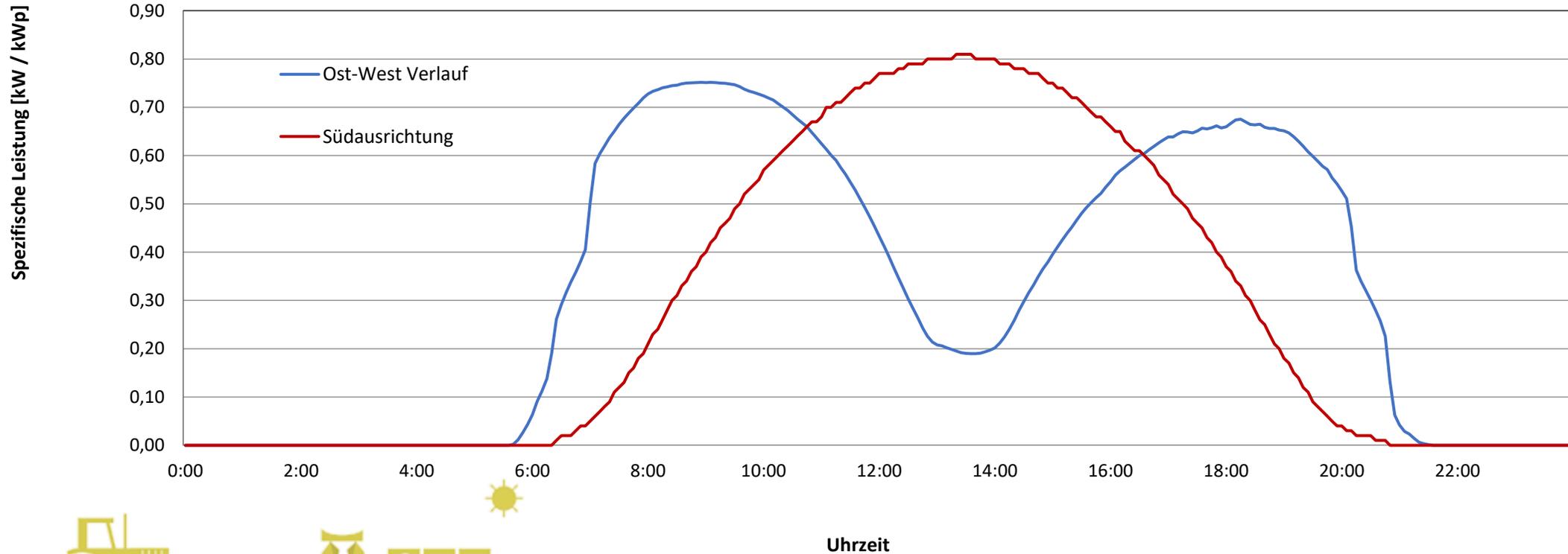
- Rahmenlose Glas-Glas-Module
- Höhe von ca. 2,80 m
- Bodenfreiheit von ca. 80 cm
- Gelände mit Gefälle von bis zu 14% bebaubar



Das Next2Sun-System

Anlagenleistung in Tagesverlauf [kW / kWp]

Beispiel: 26.05.2017



Ertragsdaten des Next2Sun-Systems

21.06.2018 04:00	0,00
21.06.2018 05:00	43,44
21.06.2018 06:00	415,64
21.06.2018 07:00	630,45
21.06.2018 08:00	671,83
21.06.2018 09:00	686,11
21.06.2018 10:00	430,89
21.06.2018 11:00	325,16
21.06.2018 12:00	312,13
21.06.2018 13:00	369,64
21.06.2018 14:00	369,53
21.06.2018 15:00	444,21
21.06.2018 16:00	604,95
21.06.2018 17:00	635,98
21.06.2018 18:00	573,20
21.06.2018 19:00	606,09
21.06.2018 20:00	328,36
21.06.2018 21:00	15,89
21.06.2018 22:00	0,00

Monatswerte		Jahreswert	
Monat	spez. Ertrag kWh/kWp/m	Jahr	spez. Ertrag kWh/kWp/y
1	16,39	2018	1159,2
2	64,25		
3	65,95		
4	131,81		
5	164,96		
6	156,37		
7	181,14		
8	138,52		
9	117,55		
10	72,98		
11	32,16		
12	17,14		



Marktvorteile

- Auch Flächen in Gebieten mit Netzengpässen (durch andere Solarparks) können genutzt werden, weil Ertrag zu anderen Zeiten.
- Spezifischer Energie-Mehrertrag von bis zu 10 % im Vergleich zu „normalen“ Süd-Freiflächenanlagen (Etwa 1.100 kWh pro kWp sind möglich im Mitteldeutschland).
- Zusätzlicher Mehrerlös bis zu 10 % durch höhere Marktpreise an der Strombörse (weil Stromangebot nicht nur zu Mittagszeit).



Von der Planung bis zur Fertigstellung



- Planung & Dienstleistungen
- Vertrieb (DE, EU, Welt)
- Bau der Anlage (extern)
- Pacht- & Betreibermodelle
- Bürgerbeteiligung / Investment



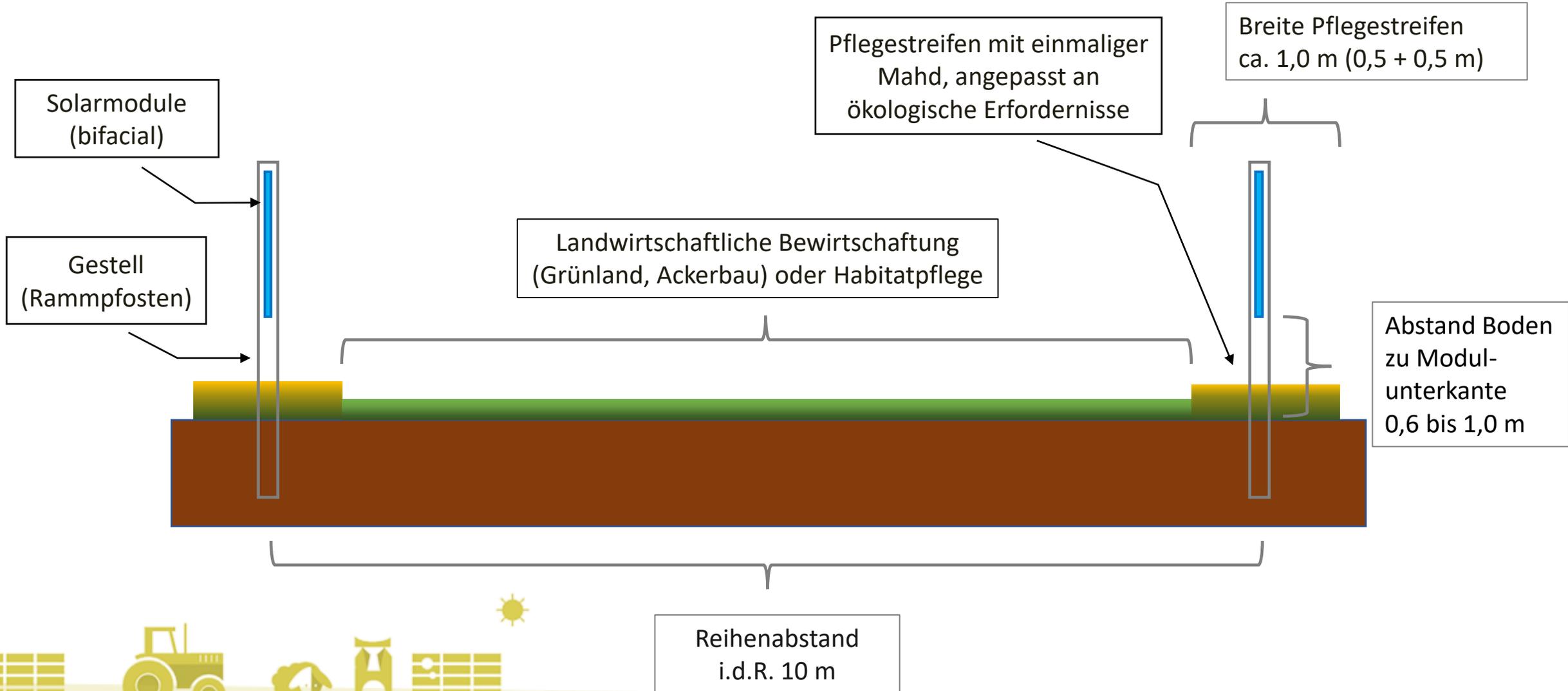
Vergleich Reihenzwischenräume



Reihenzwischenraum = ca. 99 %



Reihenzwischenraum im Detail



Vergleich Agroforst & Agri-Photovoltaik

Bildquelle: Agroforstkampagne

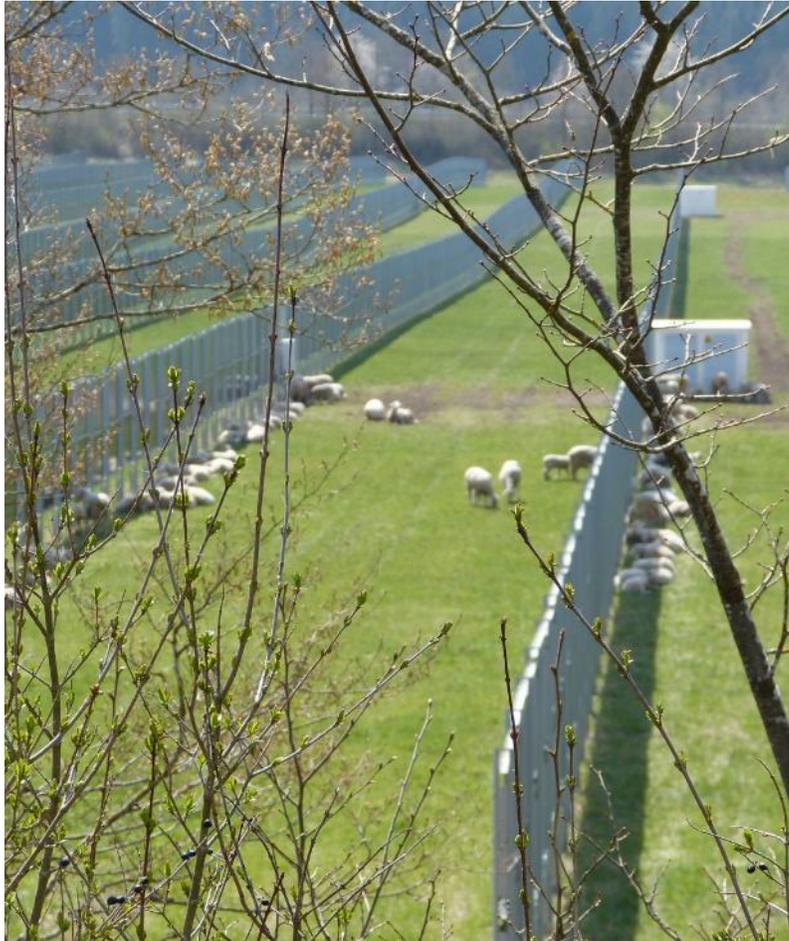


Landwirtschaftliche Nutzung



Landwirtschaftliche Nutzung

Ausnahme: Schafe für Nachbeweidung der Pflegestreifen unter den Modulen



Landwirtschaftliche Nutzung

- Um eine gegenseitige Verschattung zu verhindern benötigen die Modulreihen mindestens 8 m Abstand voneinander.
- Die Reihenabstände sind mit 10 m so groß, dass übliche landwirtschaftliche Maschinen und Geräte eingesetzt werden können.
- ***Eine landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Fläche bleibt möglich (Mähnutzung, Weiden, Ackerbau).***
- Aber auch die gezielte Nutzung als besonders artenreiches (extensiv genutztes) Grünland ist möglich.



Ackerbauliche Nutzung bei Agri-PV



- Viele gängige Feldfrüchte sind möglich:
 - Weizen, Gerste, Hafer, Dinkel, Triticale
 - Ackerbohnen, Erbsen, Lupine, Sojabohnen
 - Grünfutter (z.B. Klee/Luzerne-Gras, Phacelia)
 - Zuckerrüben, Feldgemüse, Sonderkulturen
- Mit Einschränkungen möglich:
 - Kartoffeln, Möhren (abh. von Rode-Technik)
 - Roggen, Raps (Wuchshöhe sortenabhängig)
- Wegen zu hoher Wuchshöhe nicht möglich:
 - Mais, Sonnenblumen, Silphie, Miscanthus

Ackerbauliche Nutzung bei Agri-PV

Beispielfruchtfolge Ökologisch A <i>schwerere Böden, höhere Niederschläge z.B. Mittelgebirgs- landschaften</i>	
1	Klee-Gras
2	Klee-Gras
3	Winterweizen
4	Dinkel
5	Ackerbohnen
6	Sommergerste

Beispielfruchtfolge Ökologisch B <i>leichtere Böden, mittlere Niederschläge z.B. fränkische Gäulandschaften</i>	
1	Luzerne-Gras
2	Luzerne-Gras
3	Winterweizen
4	Kartoffeln
5	Lupine
6	Hafer

Beispielfruchtfolge Konventionell B <i>schwerere Böden, hohe Niederschläge z.B. norddeutsche Niederunglandschaften</i>	
1	Winterraps
2	Winterweizen
3	Ackerbohnen
4	Wintergerste

Beispielfruchtfolge Konventionell A <i>leichtere Böden, niedrige Niederschläge z.B. mitteldeutsche Bördelandschaften</i>	
1	Zuckerrüben
2	Winterweizen
3	Winterraps
4	Triticale



+ ggf. verschiedene Zwischenfrüchte und Untersaaten

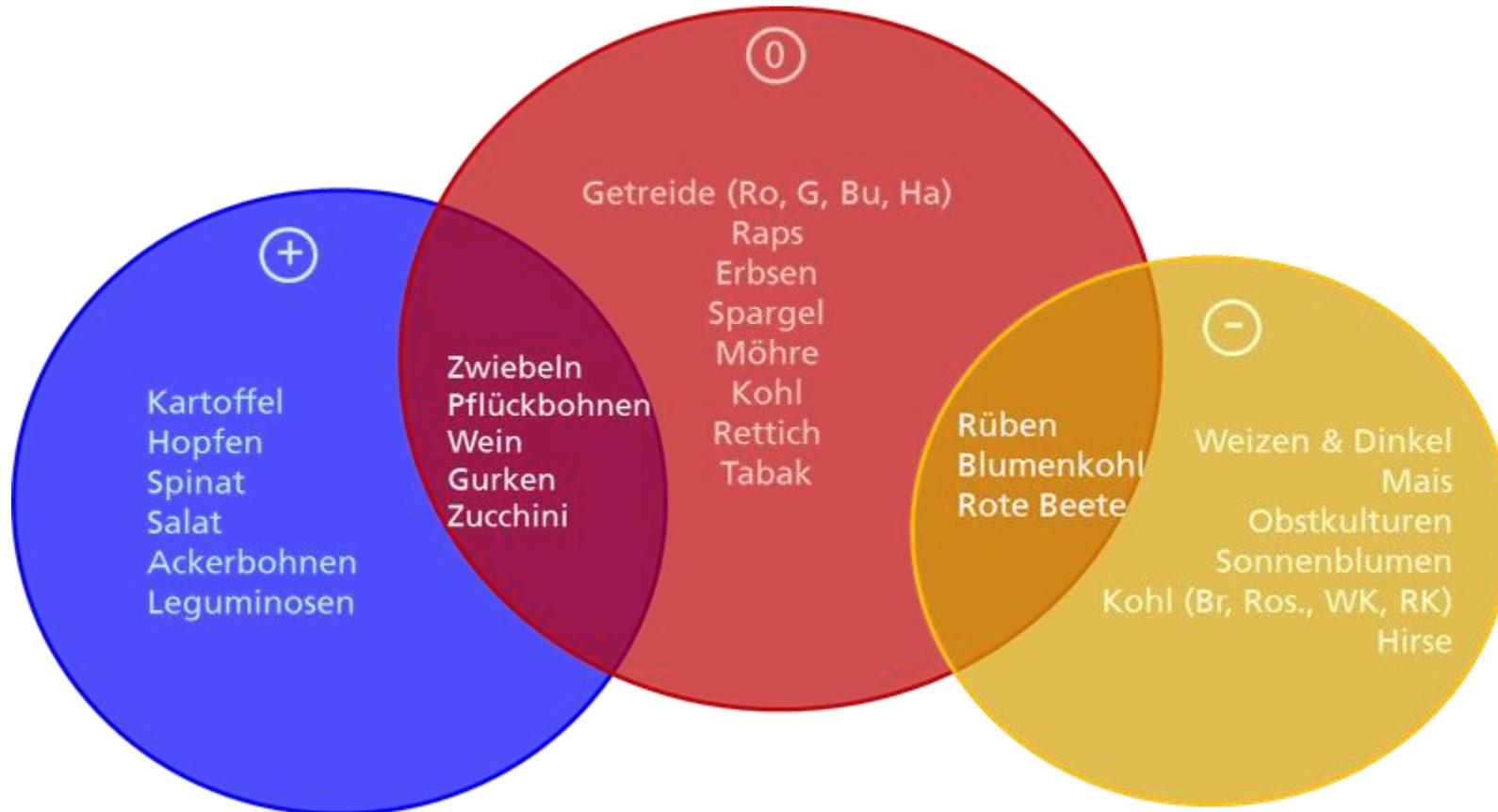


Landwirtschaftliche Vorteile

- Wasserversorgung
 - Reduzierte Austrocknung des Bodens in heißen Jahren durch Beschattung.
- Erosionsschutz
 - Schutz vor Winderosion durch Windbremse und weniger trockenen Boden.
 - Begrünte Streifen unterhalb der Module reduzieren Starkregen-Erosion.
- Pflanzenbaulicher Ertrag
 - Erste Agrophotovoltaik-Untersuchungen zeigen, dass der landwirtschaftliche Ertrag in heißen und trockenen Jahren deutlich ansteigen kann.



Ernte-Erträge bei Agri-PV



Theoretische Agri-PV-Klassifikation der wichtigsten Ackerkulturen, gültig für den Standort Deutschland.

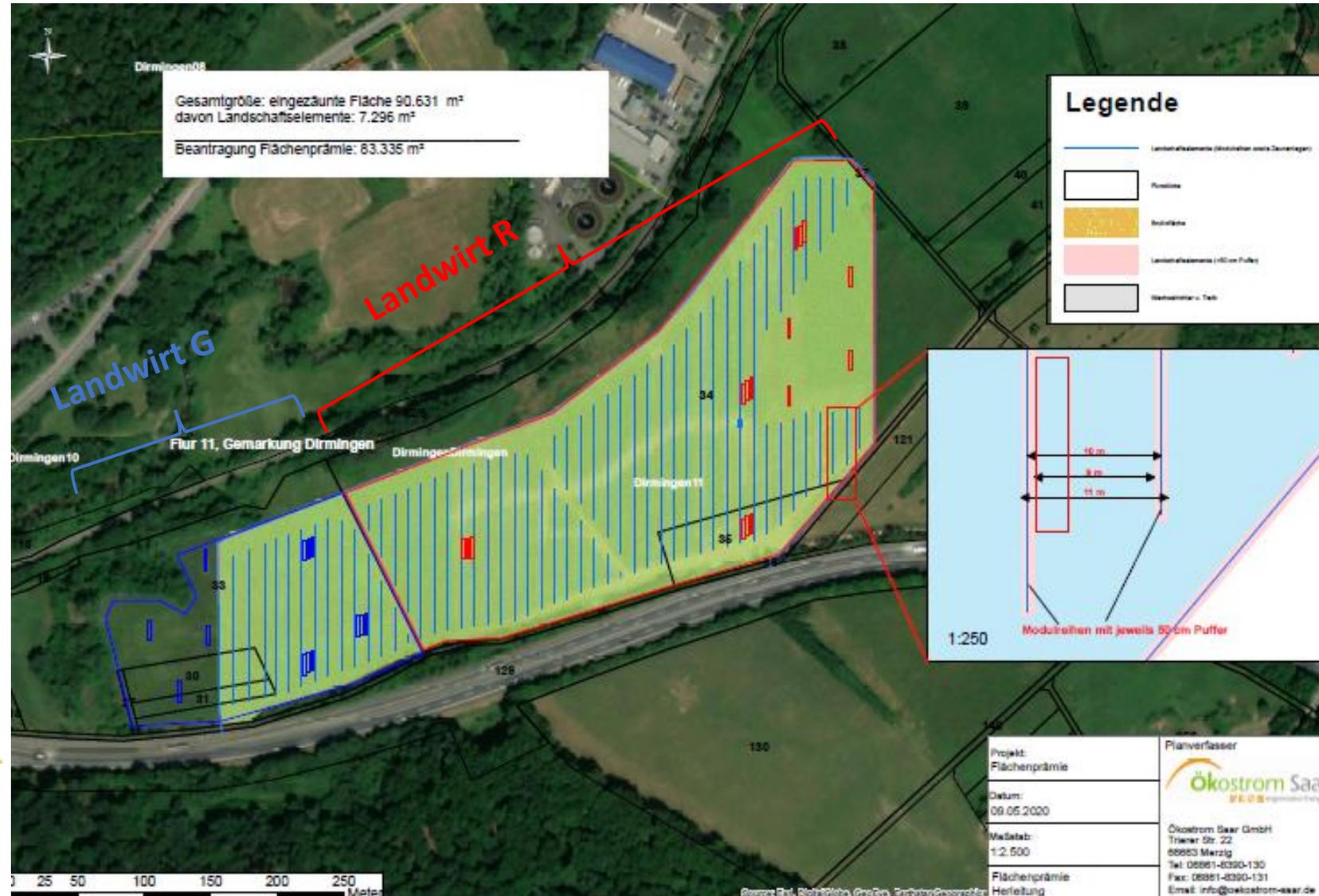
Quelle: Fraunhofer ISE



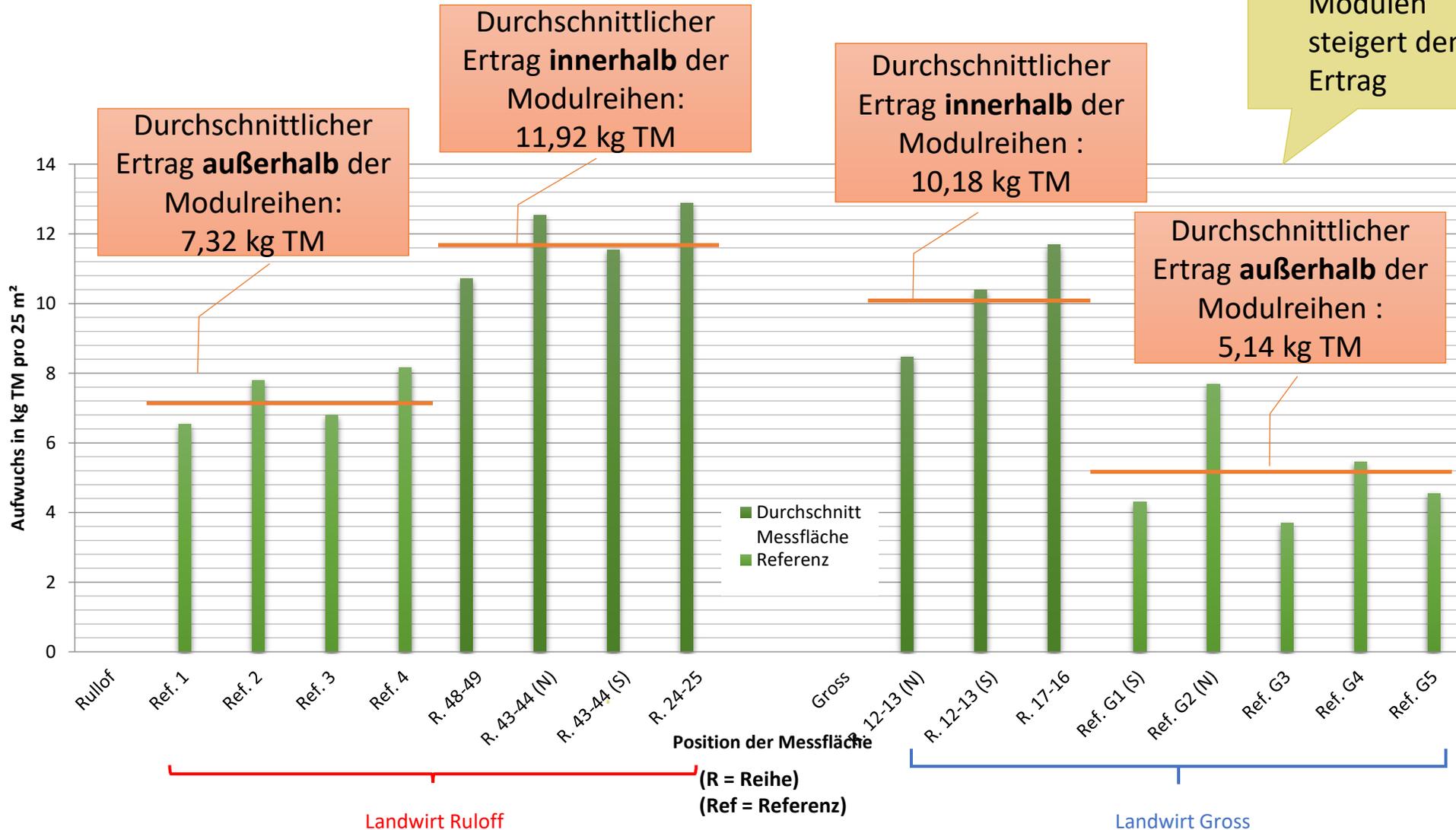
Heu Ernte SP Dirmingen 2020

Durchführung der Erhebung:

- Beprobung auf 8 Referenz-Flächen (außerhalb der Modulreihen) und 7 Flächen innerhalb der Modulreihen
- Je drei Proben-Flächen nebeneinander in einer Modulreihe (in der Mitte und jeweils an den Seiten nah zu den Modulen)
- Der Aufwuchs jeder Fläche (mit 2.50 x 10 m) wurde aufgesammelt und in einem "Big Bag" direkt nach dem Mähen gewogen
- Eine Probe von jeder Testfläche wurde auf die Futterqualität untersucht
- Ein Schlag (mit etwa 7 ha), getrennt bewirtschaftet von zwei Landwirten (R., G.)
- Nur ein Erntejahr.



Heu Ernte SP Dirmingen 2020



Erkenntnis:

- Der Schatten von den Modulen steigert den Ertrag

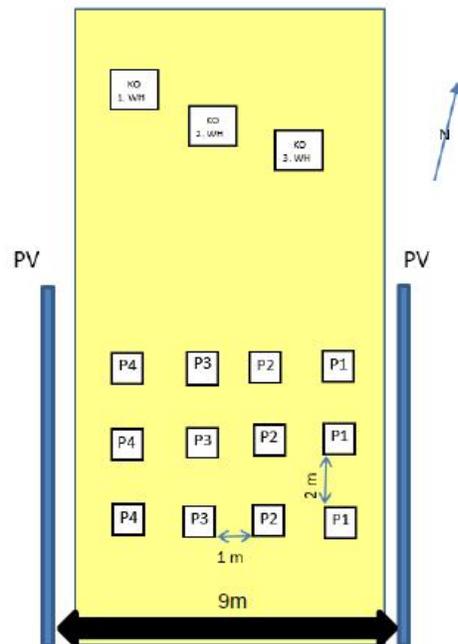
Unsere Ergebnisse:

- Jeder Messpunkt innerhalb der Modulreihen ist besser als jeder Messpunkt außerhalb.
- Minimaler Ertragszunahme innerhalb der Modulreihen: +10%
- Durchschnittliche Ertragszunahme innerhalb der Modulreihen: +77 %

3. APV Guntramsdorf Ertragsanalysen Sommer 2020

Forschungsfrage: Sind Auswirkungen von vertikal installierten PV-Modulen auf Ertrags- und Qualitätsparameter von Sommergerste feststellbar?

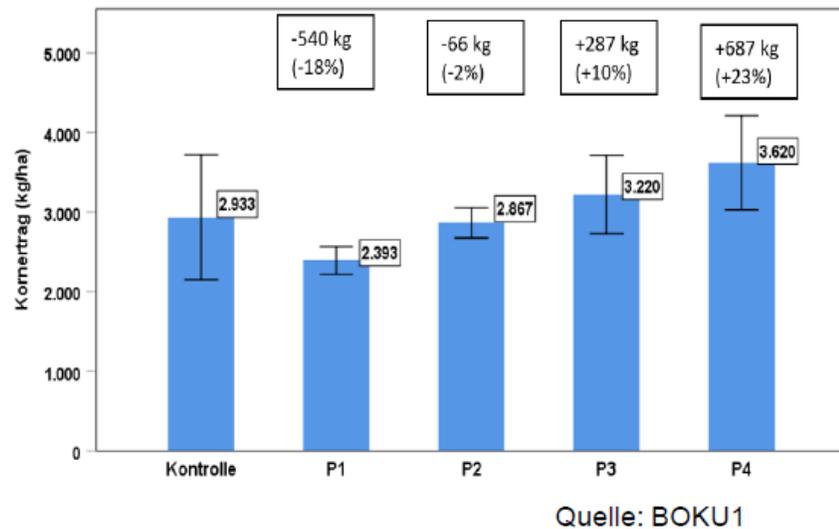
Umsetzung: BOKU Wien, Prof. Wagenristl



Quelle: BOKU1



3. APV Guntramsdorf Ertragsanalysen Sommer 2020



- Durch Beschattung wird photosynthetisch wirksame Strahlung unterschiedlich an die Pflanzen verteilt.
- Kornertrag im Schnitt um 3% höher als in Kontrolle.
- Qualitätsparameter zeigen ähnliches Profil.
- O-W-Ertragsgradient feststellbar:
 - Beschattungseffekte (Ertragsminderung)
 - Windschutz (Ertragssteigerung)
Verändertes Mikroklima durch Reduktion der Verdunstung von Boden und über Pflanze



Ernte-Erträge bei Agri-PV

Anmerkungen:

- *Die Daten wurden je nur in einem Jahr erhoben.*
- *Das Versuchsjahr 2020 war ungewöhnlich heiß und trocken.*
- *Die Daten wurden je nur an einem Standort erhoben.*
- *Es besteht dringend weiterer Forschungsbedarf.*

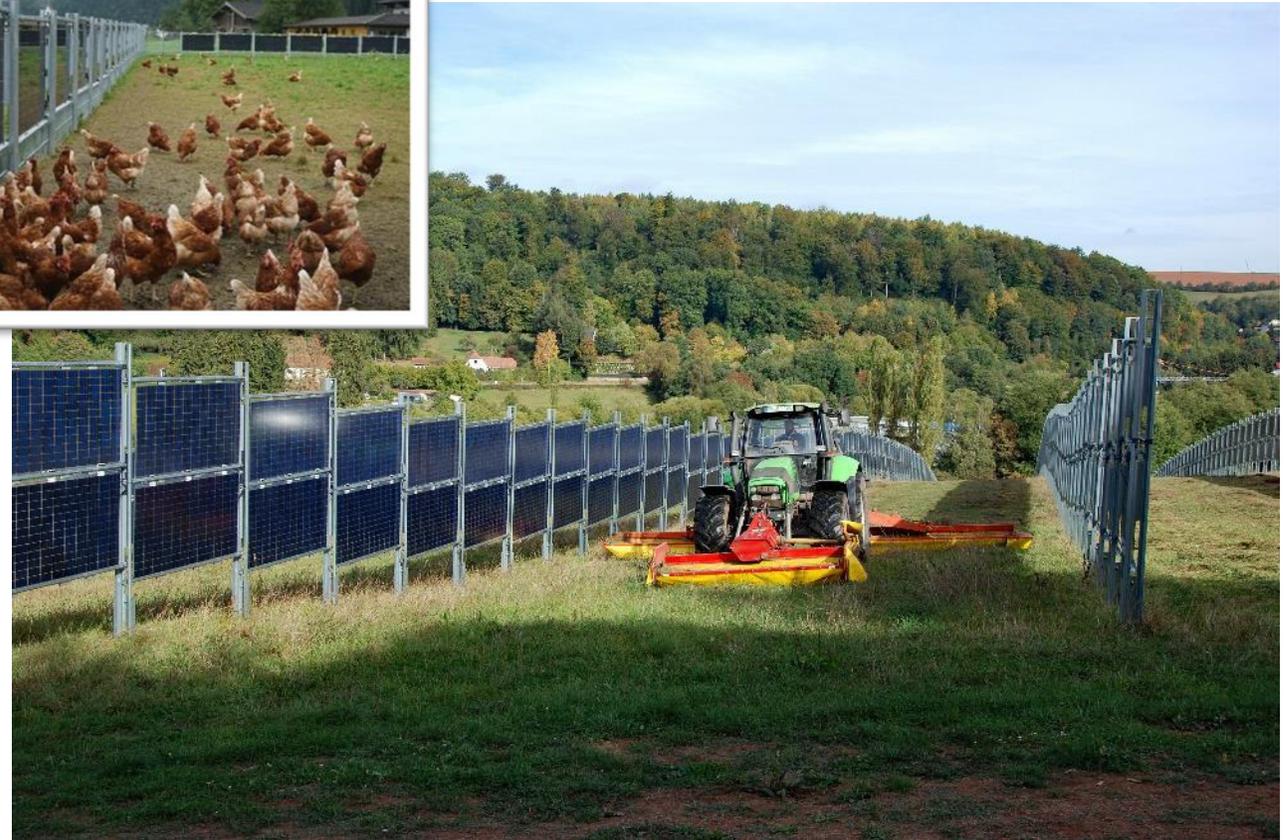


Landwirtschaftliche Herausforderungen

- Reihenabstand
 - Am besten an Maschinenbreiten (z.B. Mähwerk mit 9m) anpassen.
- Hangneigung beachten
 - Bis 14% Gefälle bebaubar, ggf. Modulausrichtung an Hang anpassen.
- Fahrgeschwindigkeiten reduzieren
 - Etwa 30% geringere Arbeitsgeschwindigkeit, um Kollisionen zu vermeiden.
- Pflegestreifen mähen
 - Nur einmal im Jahr nötig (mit Freischneider, Schafen oder mit Spezialmaschinen).



Landwirtschaftliche Nutzung



Der „Solarzaun“ ist eine Abwandlung des normalen Gestellsystems von Next2Sun.

Agri-PV-Anlage in Dirmingen: 7 ha, 2 MW



Ökologische Vorteile

- Durch die senkrechte Bauweise werden keine Bodenflächen überbaut
 - Unveränderter Wasserhaushalt (Regenwasser und Grundwasser).
 - Nur geringe Veränderung der Sonneneinstrahlung (minus 10-15 %).
 - Geringer Einfluss auf die Vegetationsentwicklung und Pflanzenbestand.
 - Reduzierte Austrocknung des Bodens in heißen Jahren durch Beschattung.
- Die Modulreihen erzeugen naturschutzfachliche Aufwertung
 - Altgras- / Brache- / Blühstreifen direkt unter den Modulreihen (ca. 1m breit).
 - Somit werden etwa 10% der Gesamtfläche biodiversitätsfördernd genutzt.



Ökologische Vorteile



- Büro für landschaftsökologische Gutachten
- Holger Miedreich
- Dellhügel 11
- 66640 Namborn

Die vorliegende Tagfalteruntersuchung legt den Schluss nahe, dass Agro-Photovoltaikanlagen mit bifazialen Modulen in der Bauart von Dirmingen bei extensiver Wiesennutzung zwischen den Modulen einen positiven Effekt auf die Tagfalter-Lebensgemeinschaften haben können. Die senkrecht gestellten, von Norden nach Süden verlaufenden Solarmodule, stellen einen hervorragenden Windschutz dar. Sie bilden sozusagen künstliche Heckenzüge, die eine Verdriftung der Falter verhindern können. Aus entomologischer Sicht ermöglichen diese Agro-Photovoltaikanlagen, im Gegensatz zu herkömmlichen Freiland-Photovoltaikanlagen, die Verknüpfung von regenerativer Energiegewinnung und naturschutzfachlicher Aufwertung landwirtschaftlicher Nutzfläche auf derselben Fläche.



Ökologische Vorteile

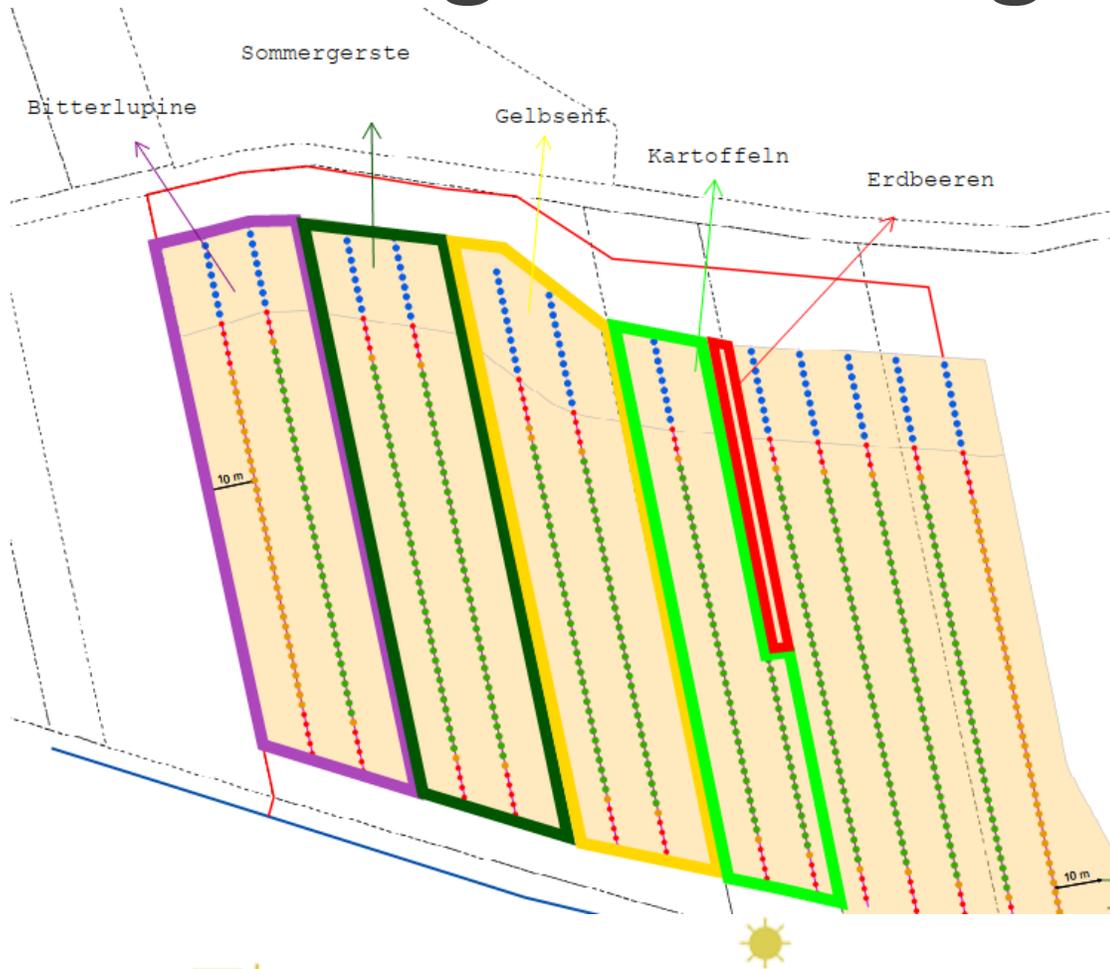


Höhere Akzeptanz

- Erhalt von wertvollen landwirtschaftlichen Flächen
 - Doppelnutzung der Fläche für Landwirtschaft oder Biodiversität
 - Keine Versiegelung & kaum Überbauung von Bodenflächen (< 1%)
 - Anlagen sind komplett rückbaubar (Ramm-Fundamente)
 - Bisher werden i.d.R. Bürgerbeteiligungen ermöglicht
- **Leichtere Genehmigung & schnellere Realisierung durch Wohlwollen bei Ämtern, Kommunen, Bürgern und Politik**

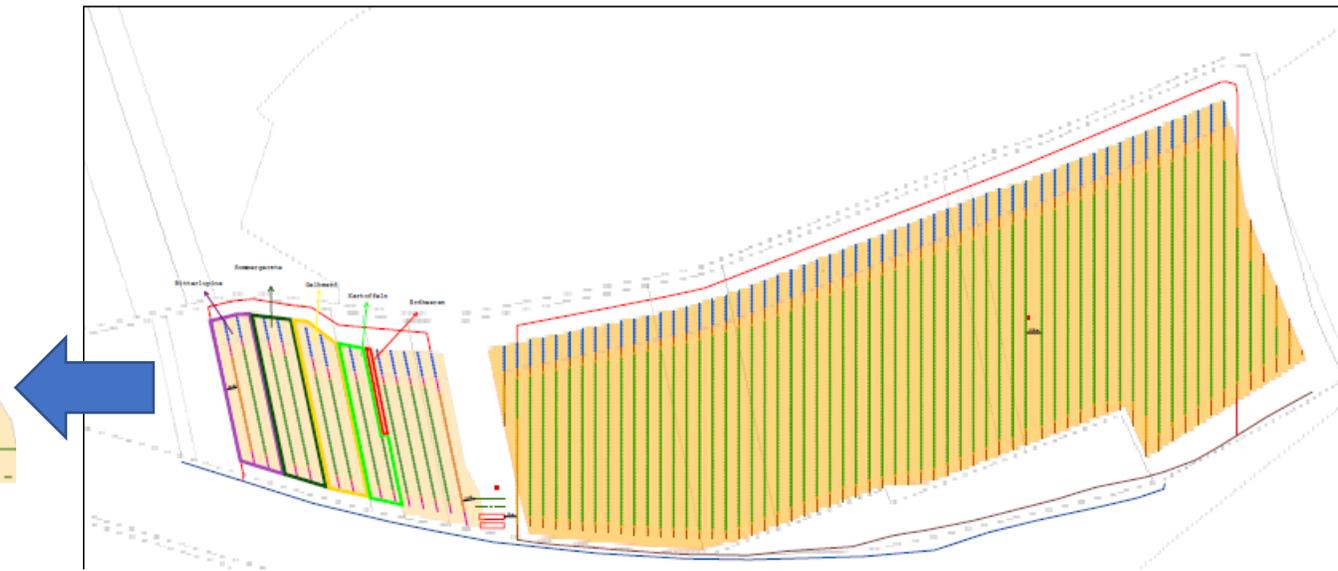


Neue Agri-PV-Anlage auf Ackerland



Ackerfläche in Merzig-Wellingen (Saarland)
auf insgesamt 14 ha. (1,7 ha für landw. Versuche)

Teil Versuche fertiggestellt, großer Teil im Sommer 2022.



Neue Agri-PV-Anlage auf Ackerland



Bilder vom Standort Merzig-Wellingen (Saarland)



Neue Versuchsanlage in Dörverden



Next2Sun

Gepostet von Tanja Gö · 6. Mai ·  ·  · 

400.000 Euro Fördermittel für Next2Sun-Pilotanlage in Niedersachsen

Vergangene Woche traf Next2Sun Vorstand Sascha Krause-Tünker den niedersächsischen Umweltminister Olaf Lies zum Vor-Ort-Termin in Dörfelden im Kreis Verden.

Dort fiel der Startschuss zum Bau der ersten Next2Sun-Anlage in Niedersachsen. Sie ist Teil eines umfangreichen Forschungsprojekts zum Zusammenspiel von Land- und Energiewirtschaft. Verantwortlich für die Umsetzung vor Ort ist die Klimaschutz- und Energieagentur Landkreis Verden gGmbH (<https://klever-klima.de/>). Das Land Niedersachsen unterstützt das auf 5 Jahre angesetzte Projekt mit einer Förderung von 400.000 Euro.

Etwa 575 bi-faciale Module in Ost-West-Ausrichtung sollen auf 1 Hektar Ackerland aufgestellt werden. Die Anlage hat eine Leistung von ca. 230 kWp. Erforscht werden sollen unter anderem die Auswirkungen der Verschattung sowohl auf Acker- und Gemüsebau, die Möglichkeiten der Beregnung in Trockenphasen und die Ansiedlung von Insekten zwischen den Modulen.

(Foto: © Sylvia Bothmer)



Weitere Forschungsprojekte

- Mehr als ein dutzend Forschungsarbeiten laufen aktuell und es sind weitere in Planung. Weitere Forschung ist grundsätzlich nötig.
- Projektpartner sind u.a. Fraunhofer, Uni Hohenheim, Hochschule Kehl, Thünen-Institut, Deutsches Biomasse Forschungszentrum.
- Forschungsthemen sind z.B. Einfluss auf landwirtschaftliche Erträge, besonders geeignete Kulturpflanzen, Biodiversität, Netzstabilität.



Forschungsnetzwerk vertikale Agri-PV



- SE, Kärrobo (Mälardalen University)
- DE, Wellingen (N2S)
- DE, Dirmingen (N2S)
- DE, Aasen (N2S)
- AT, Schafflerhofstraße (Wien Energie)
- FR, Channay (Total)



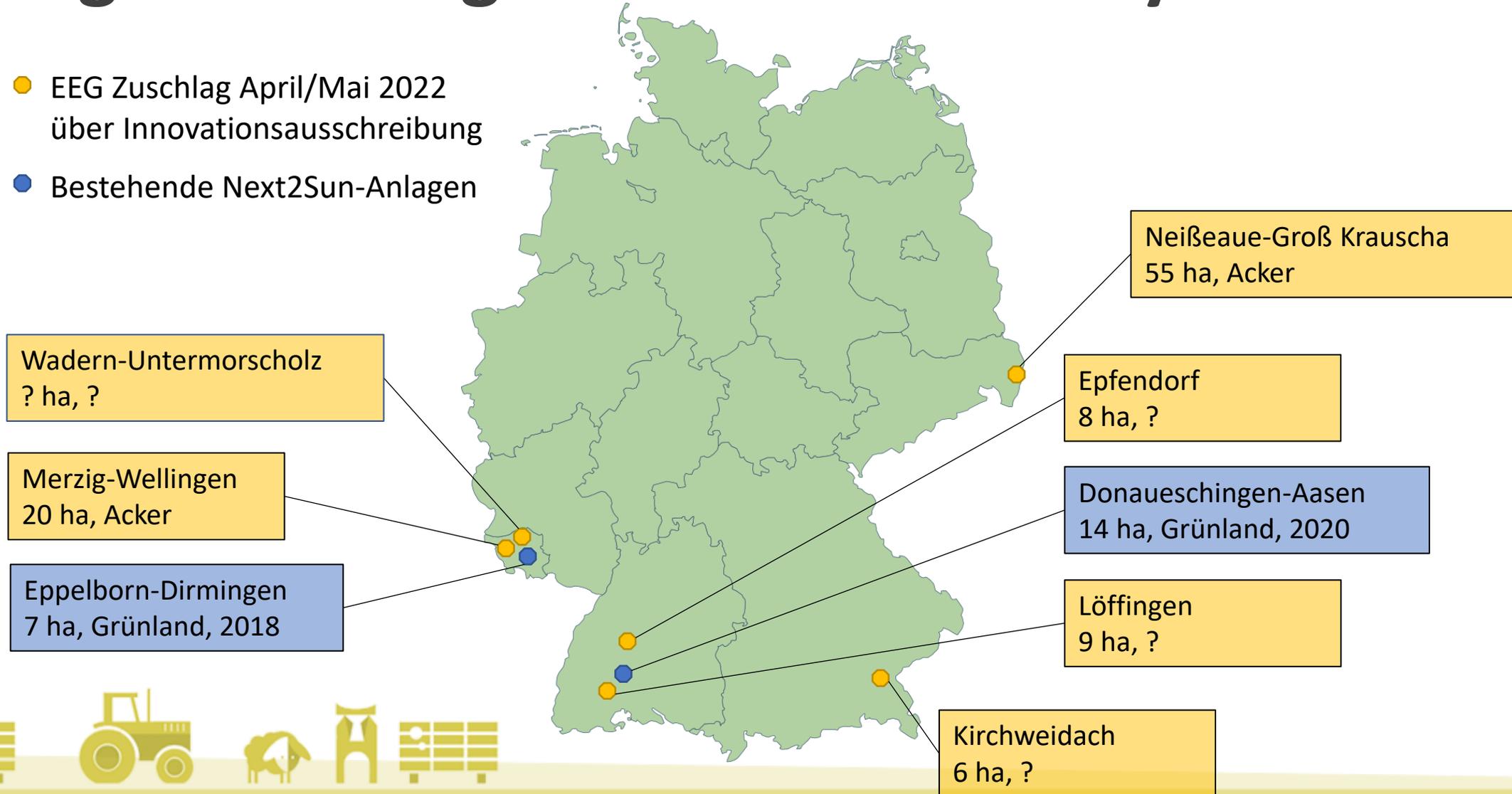
Eckdaten Wirtschaftlichkeit

Beispiel: 5 MW-Anlage	Konventionell	Next2Sun	Bemerkung
Investition (Projekt)	500 - 550 €/kW	550 - 600 €/kW	↑ Module / ↑ Gestell
Stromertrag	~ 1.050 kWh/kW	1.100 bis 1.100 kWh/kW	Je nach Modultechnik
Stromvergütung	Nach Gebot (Ausschreibung)	Nach Gebot & Innovations-Ausschreibung + ca. 0,3 ct/kWh	Höherer Marktwert
Fläche Modulfeld +Ausgleich	3 ha +1 ha A+E	7 ha +0 ha A+E	
Flächenkosten	ca. 2-3 €/kW*a	ca. 3-4 €/kW*a	
Lebensdauer	25-30 Jahre	30-40 Jahre	Glas-Glas Module

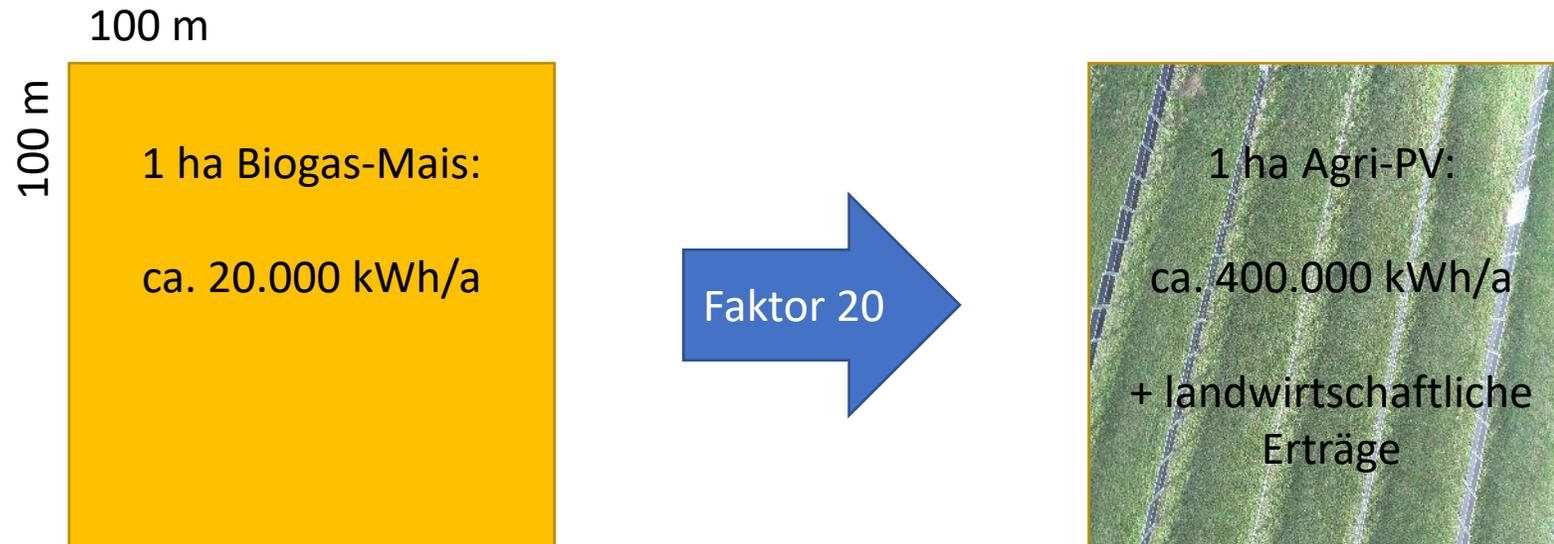


Agri-PV Anlagen mit Next2Sun-System

- EEG Zuschlag April/Mai 2022 über Innovationsausschreibung
- Bestehende Next2Sun-Anlagen

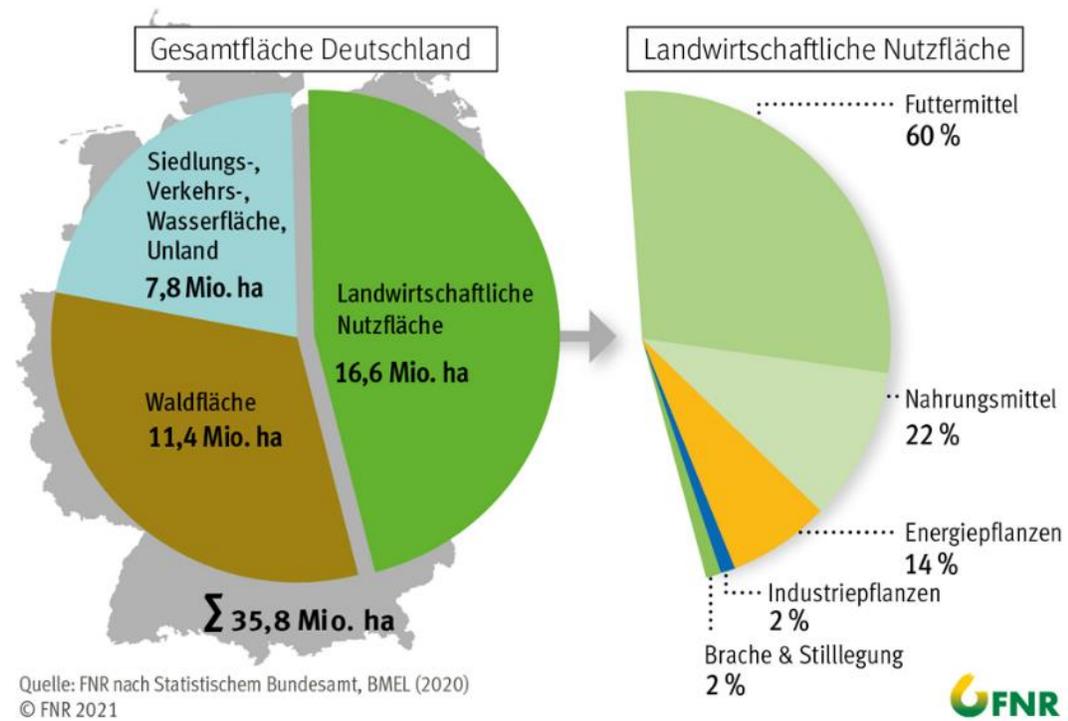


Exkurs: Potential von Agri-PV





Exkurs: Potential von Agri-PV



ca. 2,5 Mio. ha
(allein 1 Mio. ha Biogas-Mais)

850-950 GWp installierte **Agri-PV**-Leistung wäre allein auf bisherigen Energiepflanzen-Flächen möglich!

300-450 GWp PV-Ausbauziel für Deutschland bis 2040 laut Fraunhofer ISE

Bisher in Deutschland ca. 55 GWp PV-Leistung insgesamt



Exkurs: Vergleich Stromgestehungskosten

Erneuerbare Energie oft günstiger als konventionelle

Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke in Deutschland 2021 (in Cent/kWh)*



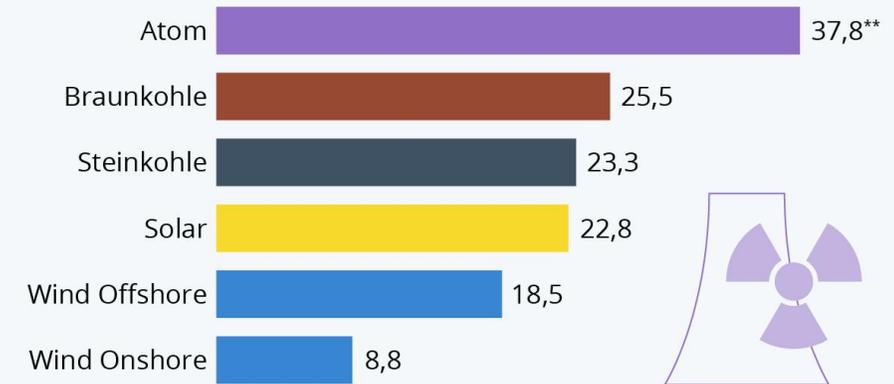
* Kosten der Energieumwandlung in elektrischen Strom
 Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE



statista

Folgekosten von Atomstrom am höchsten

Gesamtgesellschaftliche Kosten der Stromerzeugung in Deutschland nach Energieträger im Jahr 2021 (in ct/kWh)*



* inkl. Marktpreis, staatliche Förderungen und Folgekosten wie Umwelt-, Klima- und Gesundheitsschäden

** oberer Schätzwert

Quelle: Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft



statista



Mit Agri-PV schaffen wir die Energiewende!



Agri-PV-Anlage
in Donaueschingen:
14 ha, 4 MW



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Benjamin Volz, Next2Sun Technology GmbH

b.volz@next2sun.de

www.next2sun.de

