Wiederholung Operatoren

Überladen von Operatoren, Einleitung

Mit Hilfe des Überladens von Operatoren können fast alle Operatoren für selbstdefinierte Klassen mit einer neuen Bedeutung versehen werden. Um nun den Mechanismus des Operator-Overloading zu verstehen, betrachte man folgende Beispiele:

```
a = b;        -->  a.operator=   (b);
a + b;        -->  a.operator+   (b);
a += b;       -->  a.operator+=  (b);
!a;           -->  a.operator!   ();
```

Das Überladen kann auch unter Verwendung von globalen Funktionen erfolgen, z.B.:

```
a = b;        -->  operator=   (a, b);
a + b;        -->  operator+   (a, b);
a += b;       -->  operator+=  (a, b);
cout << s     -->  operator<<  (cout, s)
```

Überladen von Operatoren, Einleitung

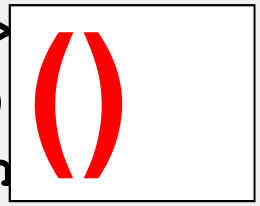
Das Überladen kann auch unter Verwendung von globalen Funktionen erfolgen, z.B.:

```
a = b;          -->  operator=   (a, b);
a + b;          -->  operator+   (a, b);
a += b;         -->  operator+=  (a, b);
cout << s       -->  operator<<  (cout, s)
```

Überladen von Operatoren, Übersicht

Überladbare Operatoren:

- `-> ->`
- `[] ()`
- `new n lete delete[]`
- `! ~ ++ -- + - * &` *(unär)*
- `* / % + -`
- `<< >>`
- `< <= > >= == !=`
- `& ^ |`
- `&& ||`
- `= += -= *= /= %= &= ^= |= <<= >>=`
- `,`



Nicht überladbare Operatoren:

- `.`
- `.*`
- `::`
- `?:`
- `sizeof`
- `static_cast`
  `const_cast`
  `reinterpret_cast`
  `dynamic_cast`
- `typeid`

Funktionsobjekte (1)

```
class Func {
  public:
    double operator()(double x)
          { return x*x; }
};
int main() {
Func f;
   cout << f(5) << endl;}
```

```
void Print(double x, Func f)
{
 cout << f(x) << endl;
}
. . .
Print(5, f);
```

Funktionsobjekte sind Objekte, die wie Funktionen benutzt werden. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine Elementfunktion haben, die den Funktionsoperator „()“ überlädt. Funktionsobjekte können natürlich auch als Parameter von Funktionen verwendet werden, z.B. wie folgt:

Funktionsobjekte (2)

```
class Func {
    double a, b, c; // Polynominalkoeffizienten
  public:
    Func(double a1, double b1=0, double c1=0) {
      a = a1; b = b1; c = c1;
    }
    double operator()(double x) const { return a*x*x + b*x + c; }
};
```

```
int main() {
  Func f(3, -2, -7);
  cout << f(5) << endl;
}
```

Ein wesentlicher Vorteil von Funktionsobjekten gegenüber Funktionen liegt darin, dass sie über ein *Gedächtnis* in Form von internen Variablen verfügen können, die über einen Konstruktor initialisierbar sind.

Funktionsobjekte sind die objektorientierte Alternative zu globalen Funktionen!

Einschub: Klammer-Operator

```
inline bool justEqual(int al, int ar) {
   return al == ar;
}
 array<int, 7> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 5 };
   // Alle aufeinanderfolgenden Doubletten entfernen
auto end = unique(test.begin(), test.end(),  justEqual);
```

Was gibt folgendes Programm aus?

```
void uniqueWithFunc() {
   array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   // Alle aufeinanderfolgenden Doubletten entfernen
   auto end = unique(test.begin(),
      test.end(), justEqual);
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   PrintIntervall(test.begin(), end);
}
```

```
inline bool justEqual(int al, int ar) {
   return al == ar;
}
```

```
template <typename It>
void PrintIntervall(It beg, It end) {
   copy(beg, end,
      ostream_iterator<int>(cout, ";"));
   cout << "\n";
}
```

Was gibt folgendes Programm im letzten Print-Aufruf aus?

```
void uniqueWithFunc() {
   array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   // Alle aufeinanderfolgenden Doubletten entfernen
   auto end = unique(test.begin(),
      test.end(), justEqual);
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   PrintIntervall(test.begin(), end);
}
```

Ausgabe?

1. 1;2;3;2;5;
2. 1;2;3;5;
3. 1;1;2;3;3;3;2;5;
4. 1;2;3;2;5;3;2;5;

```
inline bool justEqual(int al, int ar) {
   return al == ar;
}
```

```
template <typename It>
void PrintIntervall(It beg, It end) {
   copy(beg, end,
      ostream_iterator<int>(cout, ";"));
   cout << "\n";
}
```

Was gibt folgendes Programm im letzten Print-Aufruf aus?

```
void uniqueWithFunc() {
   array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   // Alle aufeinanderfolgenden Doubletten entfernen
   auto end = unique(test.begin(),
      test.end(), justEqual);
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   PrintIntervall(test.begin(), end);
}
```

Ausgabe?
1. 1;2;3;2;5;
2. 1;2;3;5;
3. 1;1;2;3;3;3;2;5;
4. 1;2;3;2;5;3;2;5;

```
inline bool justEqual(int al, int ar) {
   return al == ar;
}
```

```
template <typename It>
void PrintIntervall(It beg, It end) {
   copy(beg, end,
      ostream_iterator<int>(cout, ";"));
   cout << "\n";
}
```

Ausgabe?
1. 1;2;3;2;5;
2. 1;2;3;5;
3. 1;1;2;3;3;3;2;5;
4. 1;2;3;2;5;3;2;5;

Das gleiche mit einer Klasse

```
void uniqueWithOperator() {
   array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   auto end = unique(test.begin(),
      test.end(), JustEqual());
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   PrintIntervall(test.begin(), end);
}
```

Klammern wichtig
Instanz wird erzeugt

```
class JustEqual {
public:
   bool operator() (int a, int b) {
      return a == b; }
};
```

```
template <typename It>
void PrintIntervall(It beg, It end) {
   copy(beg, end,
      ostream_iterator<int>(cout, ";"));
   cout << "\n";
}
```

Was gibt folgendes Programm im letzten Print-Aufruf aus?

```
void uniqueWithOperator() {
   array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   auto end = unique(test.begin(),
      test.end(), JustEqual());
   PrintIntervall(test.begin(), test.end());
   PrintIntervall(test.begin(), end);
}
```

Ausgabe?
1. 1;2;3;2;5;
2. 1;2;3;5;
3. 1;1;2;3;3;3;2;5;
4. 1;2;3;2;5;3;2;5;

```
class JustEqual {
public:
   bool operator() (int a, int b) {
      return a == b; }
};
```

```
template <typename It>
void PrintIntervall(It beg, It end) {
   copy(beg, end,
      ostream_iterator<int>(cout, ";"));
   cout << "\n";
}
```

Ausgabe?
1. 1;2;3;2;5;
2. 1;2;3;5;
3. 1;1;2;3;3;3;2;5;
4. 1;2;3;2;5;3;2;5;

Aufgabe 2: Implementieren Sie eine Klasse EqualButNot

```
array<int, 8> test1 = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
auto end1 = unique(test1.begin(),
   test1.end(), EqualButNot(3));
PrintIntervall(test1.begin(), end1);

array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
auto end = unique(test.begin(),
   test.end(), EqualButNot(1));
PrintIntervall(test.begin(), end);
```

Ausgabe soll sein:
1;2;3;3;3;2;5;
1;1;2;3;2;5;;

```
// Implementieren Sie EqualButNot, sodass unique nur
// aufeinanderfolgende Dubletten ungleich der Zahl im
// Konstruktor entfernt
```

Aufgabe 2: Implementieren Sie eine Klasse EqualButNot

```
array<int, 8> test1 = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
auto end1 = unique(test1.begin(),
   test1.end(), EqualButNot(3));
PrintIntervall(test1.begin(), end1);

array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
auto end = unique(test.begin(),
   test.end(), EqualButNot(1));
PrintIntervall(test.begin(), end);
```

Ausgabe soll sein:
1;2;3;3;3;2;5;
1;1;2;3;2;5;;

13.Woche; Mo. 13.12.2021

Vorlesung

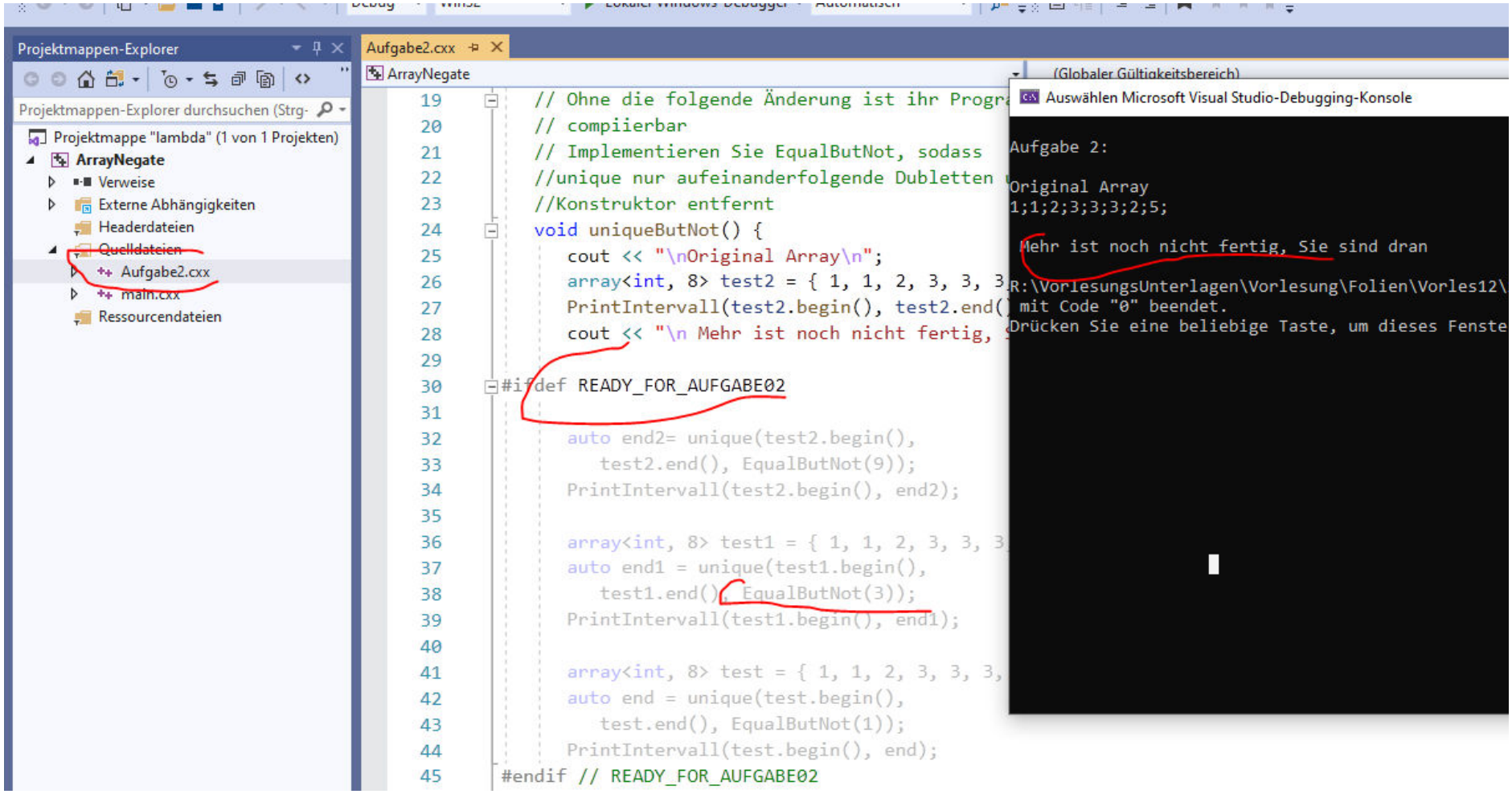
Lambda-Ausdrücke (13.12.2020)

siehe vorherige Woche;

Übungsaufgaben

Aufgabe EqualButNot (11.12.2021)

```
// Erweitern Sie EqualButNot, sodass
//Sie im Konstruktor mehrere Werte übergeben können
// z.B. als vector
```


Projektmappen-Explorer
Projektmappen-Explorer durchsuchen (Strg-
Projektmappe "lambda" (1 von 1 Projekten)
ArrayNegate
Verweise
Externe Abhängigkeiten
Headerdateien
Quelldateien
Aufgabe2.cxx
main.cxx
Ressourcendateien
Aufgabe2.cxx
ArrayNegate
(Globaler Gültigkeitsbereich)
19 // Ohne die folgende Änderung ist ihr Progr
20 // compiierbar
21 // Implementieren Sie EqualButNot, sodass
22 //unique nur aufeinanderfolgende Dubletten
23 //Konstruktor entfernt
24 void uniqueButNot() {
25 cout << "\nOriginal Array\n";
26 array<int, 8> test2 = { 1, 1, 2, 3, 3, 3,
27 PrintIntervall(test2.begin(), test2.end()
28 cout << "\n Mehr ist noch nicht fertig,
29
30 #ifdef READY_FOR_AUFGABE02
31
32 auto end2= unique(test2.begin(),
33 test2.end(), EqualButNot(9));
34 PrintIntervall(test2.begin(), end2);
35
36 array<int, 8> test1 = { 1, 1, 2, 3, 3, 3
37 auto end1 = unique(test1.begin(),
38 test1.end(), EqualButNot(3));
39 PrintIntervall(test1.begin(), end1);
40
41 array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3,
42 auto end = unique(test.begin(),
43 test.end(), EqualButNot(1));
44 PrintIntervall(test.begin(), end);
45 #endif // READY_FOR_AUFGABE02
Auswählen Microsoft Visual Studio-Debugging-Konsole
Aufgabe 2:
Original Array
1;1;2;3;3;3;2;5;
Mehr ist noch nicht fertig, Sie sind dran
R:\VorlesungsUnterlagen\Vorlesung\Folien\Vorles12\
mit Code "0" beendet.
Drücken Sie eine beliebige Taste, um dieses Fenste

Lambda-Ausdrücke

Motivation von Lambda-Ausdrücken

```
class Guest{
public:
    int entryTime;
    int usageTime;
    string name;
    int earlyTime;
};
```

Natürlich sollten Attribute nicht public sein!

Wir können uns dadurch im Folgenden aber auf das Wesentliche konzentrieren!

```
ostream& operator<<(ostream& str, const Guest& g){
    str << g.name << ":" << setw(3) << g.entryTime <<
       " (" << setw(3) << g.earlyTime << ","
       << setw(3) << g.usageTime << ")";
    return str;
}
```

Sortierung nach entryTime

```
bool operator< (const Guest& g1, const Guest& g2){
    return g1.entryTime < g2.entryTime;
}
```

Motivation von Lambda-Ausdrücken (2)

```
bool operator< (const Guest& g1, const Guest& g2){
    return g1.entryTime < g2.entryTime;
}

class Guest{
public:
    int entryTime;
    int usageTime;
    string name;
    int earlyTime;
};
```

Sortierung nach entryTime

Motivation von Lambda-Ausdrücken (2)

```
void sortByName(){
    vector<Guest> gArr = {
        { 25, 3, "Hans", 16 },
        { 13, 4, "Otto", 13 },
        { 5, 2, "Karl", 3 },
        { 26, 13, "Anna", 26 }
    };
    sort(gArr.begin(), gArr.end());
    copy(gArr.begin(), gArr.end(),
         ostream_iterator<Guest>(cout, "\n"));
}
```

```
Karl:   5 (  3,  2)
Otto:  13 ( 13,  4)
Hans:  25 ( 16,  3)
Anna:  26 ( 26, 13)
```

Das geht einfach, aber wie verwenden wir ein anderes Sortierkriterium, z.B. alphabetische Sortierung nach „name“?

Motivation von Lambda-Ausdrücken (3)

```
void sortByName(){
    vector<Guest> gArr = {
        { 25, 3, "Hans", 16 },
        { 13, 4, "Otto", 13 },
        { 5, 2, "Karl", 3 },
        { 26, 13, "Anna", 26 }
    };
        // (), da Konstruktor aufgerufen wird
        sort(gArr.begin(), gArr.end(), SorterByName());
        copy(gArr.begin(), gArr.end(),
             ostream_iterator<Guest>(cout, "\n"));
    }
```

```
struct SorterByName
    : public std::binary_function<Guest, Guest, bool> {
    bool operator()(const Guest& g1, const Guest& g2) {
        return g1.name < g2.name;
    }
};
```

```
Anna: 26 ( 26, 13)
Hans: 25 ( 16,  3)
Karl:  5 (  3,  2)
Otto: 13 ( 13,  4)
```

Motivation von Lambda-Ausdrücken (4)

```
void sortByName(){
    vector<Guest> gArr = {
        { 25, 3, "Hans", 16 },
        { 13, 4, "Otto", 13 },
        { 5, 2, "Karl", 3 },
        { 26, 13, "Anna", 26 }
    };
```

```
Hans: 25 ( 16,  3)
Karl:  5 (  3,  2)
Otto: 13 ( 13,  4)
Anna: 26 ( 26, 13)

Anna: 26 ( 26, 13)
Hans: 25 ( 16,  3)
Otto: 13 ( 13,  4)
Karl:  5 (  3,  2)
```

```
    // Anna als letzte
    sort(gArr.begin(), gArr.end(), NameSorterIgnore("Anna"));
    copy(gArr.begin(), gArr.end(),
         ostream_iterator<Guest>(cout, "\n"));
    cout << "\n";
    // Karl als letzter
    sort(gArr.begin(), gArr.end(), NameSorterIgnore("Karl"));
    copy(gArr.begin(), gArr.end(),
         ostream_iterator<Guest>(cout, "\n"));
```

Motivation von Lambda-Ausdrücken (4)

```
Hans: 25 ( 16,  3)
Karl:  5 (  3,  2)
Otto: 13 ( 13,  4)
Anna: 26 ( 26, 13)

Anna: 26 ( 26, 13)
Hans: 25 ( 16,  3)
Otto: 13 ( 13,  4)
Karl:  5 (  3,  2)
```

```
// Karl als letzter
sort(gArr.begin(), gArr.end(), NameSorterIgnore("Karl"));
```

```
struct NameSorterIgnore
    : public std::binary_function<Guest, Guest, bool> {
    NameSorterIgnore(string ign) : m_ign(ign){}
    bool operator()(const Guest& g1, const Guest& g2) {
        if (g1.name == m_ign) {return false;}
        if (g2.name == m_ign) {return true;}
        return g1.name < g2.name;
    }
    string m_ign;
};
```

Geht das auch anders als jedes Mal eine weitere Klasse zu „erfinden“?

Einsatz von Lambda-Ausdrücken

```
sort(gArr.begin(), gArr.end(),
     [](const Guest& g1, const Guest& g2) {
   return g1.name < g2.name; });
```

Beispiel für Einsatz von einem Lambda-Ausdruck

Vorteil: Es muss nicht immer eine eigene Klasse erzeugt werden, sondern an der Stelle, an der Funktionalität benötigt wird, wird sie implementiert.

Lambda-Ausdrücke

- Lambda Ausdrücke ermöglichen die Definition von (einmalig nutzbaren) anonymen Funktionsobjekten anstatt eine benannte Klasse mit operator() zu definieren (siehe Stroustrup, S.317ff)

Aufbau von Lambda-Ausdrücken

```
[](const Guest& g1, const Guest& g2) {
return g1.name < g2.name; });
```

Erfassungsliste, die angibt, welche Namen aus der Umgebung in den Textkörper des Lambda-Ausdrucks übernommen werden (hier leer)

Optionale Parameterliste, die durch „()“ begrenzt ist

Textkörper, der ausgeführt wird und durch „{}“ begrenzt ist

Optionale Rückgabedeklaration der Form -> Typ

mutable und/oder nothrow Spezifizierer

Erfassungsliste

```
string ign = "Anna";
sort(gArr.begin(), gArr.end(),
     [](const Guest& g1, const Guest& g2) {
   if (g1.name == ign) { return false; }
   if (g2.name == ign) { return true;  }
   return g1.name < g2.name;
}
);
```

Syntaxfehler, ign innen nicht bekannt

Erfassungsliste (2)

```
string fir = "Karl";  // Karl zuerst
sort(gArr.begin(), gArr.end(),
     [fir](const Guest& g1, const Guest& g2) {
   if (g1.name == fir) { return true;  }
   if (g2.name == fir) { return false;  }
   return g1.name < g2.name;
}
);
```

fir wird als Werteparameter bekannt gemacht

(fir = first)

```
Karl:   5 (  3,  2)
Anna:  26 ( 26, 13)
Hans:  25 ( 16,  3)
Otto:  13 ( 13,  4)
```

Erfassungsliste (3)

```
..
string fir = "Karl";  // Karl zuerst
sort(gArr.begin(), gArr.end(),
      [fir](const Guest& g1, const Guest& g2) {
   if (g1.name == fir) { g1.earlyTime=-1;return true;}
   if (g2.name == fir) { g2.earlyTime=-3;return false;}
   return g1.name < g2.name;
}
);
```

Syntaxfehler g1 ist const

Erfassungsliste mit Referenzparameter

```
string fir = "Karl";  // Karl zuerst
sort(gArr.begin(), gArr.end(),
     [fir](const Guest& g1, const Guest& g2) {
   if (g1.name == fir) { fir="Tony";return true;}
   if (g2.name == fir) { fir="PaPa";return false;}
   return g1.name < g2.name;
}
);
```

Erfassungsliste mit Referenzparameter

```
string fir = "Karl";  // Karl zuerst
sort(gArr.begin(), gArr.end(),
     [&fir](const Guest& g1, const Guest& g2) {
   if (g1.name == fir) { fir="Tony";return true;}
   if (g2.name == fir) { fir="PaPa";return false;}
   return g1.name < g2.name;
}
);
```

Syntaktisch richtig: gute Debugging-Unterstützung der STL sollte hier aber eine Ausnahme werfen, denn

a1 < a2 → NICHT a2 < a1

wird verletzt

Erfassungsliste mit Referenzparameter (2)

```
array<int, 8> test1 = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
auto end1 = unique(test1.begin(),
   test1.end(), EqualButNot(3));
PrintIntervall(test1.begin(), end1);

array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
auto end = unique(test.begin(),
   test.end(), EqualButNot(1));
PrintIntervall(test.begin(), end);
```

zuerst

g1, const Guest& g2) {

ue;

```
    }
    if (g2.name == fir) {
        dum = "PaPa"; return false;
    }
    return g1.name < g2.name;
}
);
```

```
Karl:   5 (   3,   2)
Anna:  26 (  26,  13)
Hans:  25 (  16,   3)
Otto:  13 (  13,   4)
dum = PaPa
```

Aufgabe 3: Implementieren Sie die vorherige Aufgabe unter Verwendung eines Lambda-Ausdrucks

Ausgabe soll sein:
1;2;3;3;3;2;5;
1;1;2;3;2;5;;

```
array<int, 8> test1 = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
auto end1 = unique(test1.begin(),
   test1.end(), EqualButNot(3));
PrintIntervall(test1.begin(), end1);

array<int, 8> test = { 1, 1, 2, 3, 3, 3, 2, 5 };
auto end = unique(test.begin(),
   test.end(), EqualButNot(1));
PrintIntervall(test.begin(), end);
```

Sie sind dran.

Referenzliste

- []: Es werden keine Variablen der Umgebung benutzt
- [&]: alle sichtbaren Variablen der Umgebung sind per Referenz zugänglich
- [&x]: nur x per Referenz zugänglich
- [=]: alle sichtbaren Variablen der Umgebung sind per Wert zugänglich und sind const
- [x]: nur x per const Wert zugänglich
- [=, &x, &y]: x, y als Referenz, Rest als Wert
- [&, x, y]: alles als Referenz, nur x und y als const Werte
- [x=42]: Innerhalb des Lambda-Ausdruck ist x eine Konstante mit Wert 42.
- [this]: Wenn Lambda innerhalb einer Klasse definiert wird, hat man per Referenz Zugriff auf die einzelnen Attribute

mutable

```
void algo(vector<int>& v){
    auto count = v.size();
    std::generate(v.begin(), v.end(),
                  [count]() {return --count; }
    );
}
```

count ist als const Wert übergeben.

mutable (2)

```
3 2 1 0
```

```
void algo(vector<int>& v){
    auto count = v.size();
    std::generate(v.begin(), v.end(),
                  [count]() mutable {return --count; }
    );
}
```

```
void callAlgo(){
    vector<int> arr = { 1, 2, 3, -6 };
    algo(arr);
    copy(arr.begin(), arr.end(),
         ostream_iterator<int>(cout, " "));
}
```

generate(b,e,f) weist jedem Element im Bereich von [b..e[das Element f() zu.

Rückgabewerte

```
void lambdaReturn(){
    auto lambda1 = [](double x, double y){
        return (x < y ? x : y); };
    cout << lambda1(4.3, -7.6) << ", ";
    auto lambda2= [](double x, double y)-> int {
        return (x < y ? x : y); };
    cout << lambda2(4.3, -7.6) << ", ";
    cout << lambda2(4, 5);
}
```

```
-7.6, -7, 4
```

Badeintrittszeitberechnung

Auf den folgenden Folien finden Sie eine Klasse Guest.
Sie dient zur Planung der Badeintrittszeiten von Gästen.
Von jedem Gast kennt man, seinen Namen, wie lange er im Bad braucht
und wann er frühestens aufsteht.
Gesucht: Bei gegebener Reihenfolge. Wann kann dann jeder Gast
frühestens ins Bad und wie lange ist die Summe der Wartezeiten?
Was ist eine „optimale“ Reihenfolge.

```
class Guest{
public:
    int entryTime;
    int usageTime;
    string name;
    int earlyTime;
};
```

Rückgabewerte

```
sum of waiting times 11
```

```
void calcSumWaitingTimes(){
    vector<Guest> gArr = {
        { 25, 3, "Hans", 16 },
        { 13, 4, "Otto", 13 },
        { 5, 2, "Karl", 3 },
        { 26, 13, "Anna", 26 }
    };
    int sum = 0;
    for_each(gArr.begin(), gArr.end(),
        [&sum](const Guest& g) {
        sum += g.entryTime - g.earlyTime ; }
    );
    cout << "sum of waiting times " << sum;
    cout << "\n";
}
```

```
class Guest{
public:
    int entryTime;
    int usageTime;
    string name;
    int earlyTime;
};
```

Siehe Code in Datei Guest.cxx

Ermittlung der Badeintrittszeit für gegebene Reihenfolge

```
void calcEntryTimes(){
    vector<Guest> gArr = {
        { -1, 3, "Hans", 16 },
        { -1, 4, "Otto", 13 },
        { -1, 2, "Karl", 3 },
        { -1, 13, "Anna", 26 }
    };
```

```
Hans: 16 ( 16,  3)
Otto: 19 ( 13,  4)
Karl: 23 (  3,  2)
Anna: 26 ( 26, 13)
```

```
// lastGuest
Guest lG  = { -1, 0, "", 0 };
for_each(gArr.begin(), gArr.end(),
         [&lG](Guest& g) {
    int leaveTime = lG.entryTime + lG.usageTime;
    g.entryTime = max(leaveTime, g.earlyTime);
    lG = g;}
);
copy(gArr.begin(), gArr.end(),
     ostream_iterator<Guest>(cout, "\n"));
cout << "\n";
```

Ermittlung der Badeintrittszeit für gegebene Reihenfolge (2)

```
void reuseLambda(){
   vector<Guest> gArr = {
      { -1, 3, "Hans", 16 },
      { -1, 4, "Otto", 13 },
      { -1, 2, "Karl", 3 },
      { -1, 13, "Anna", 26 }
   };

   // lastGuest
   Guest lG = { -1, 0, "", 0 };
   auto calcEntryTimes = [&lG](Guest& g) {
      int leaveTime = lG.entryTime + lG.usageTime;
      g.entryTime = max(leaveTime, g.earlyTime);
      lG = g; };
```

```
int sum = 0;
auto sumOfWaitingTimes =[&sum](const Guest& g) {
   sum += g.entryTime - g.earlyTime; };
```

```
Name Ent Ear, Usa
Hans: 16 ( 16,  3)
Otto: 19 ( 13,  4)
Karl: 23 (  3,  2)
Anna: 26 ( 26, 13)
sum of waiting times 26
```

```
for_each(gArr.begin(), gArr.end(), calcEntryTimes);
cout << "Name Ent Ear, Usa\n";
copy(gArr.begin(), gArr.end(),
     ostream_iterator<Guest>(cout, "\n"));
for_each(gArr.begin(), gArr.end(), sumOfWaitingTimes);
cout << "sum of waiting times " << sum;
```

Code auf Homepage
Aufgabe3Guest ansehen

Ermittlung der Badeintrittszeit für gegebene Reihenfolge (3)

```
// Sortierung nach fruehester Aufstehzeit
sort(gArr.begin(), gArr.end(),
          [](const Guest& g1, const Guest& g2) {
    return g1.earlyTime < g2.earlyTime; });


  lG = { -1, 0, "", 0 };
  for_each(gArr.begin(), gArr.end(), calcEntryTimes);
  cout << "\nEintrittzeiten, wenn nach Aufstehzeit sortiert:\n";
  cout << "Name Ent Ear, Usa\n";
  copy(gArr.begin(), gArr.end(),
       ostream_iterator<Guest>(cout, "\n"));
  sum = 0;
  for_each(gArr.begin(), gArr.end(), sumOfWaitingTimes);

    cout << "sum of waiting times " << sum;

    cout << "\n";
}
```

```
Eintrittzeiten, wenn nach Aufstehzeit sortiert:
Name Ent Ear, Usa
Karl:  3 (  3,  2)
Otto: 13 ( 13,  4)
Hans: 17 ( 16,  3)
Anna: 26 ( 26, 13)
sum of waiting times 1
```