Name:

Hon. Prof. Dr.-Ing. Hartmut Helmke
Ostfalia
Hochschule für angewandte
Wissenschaften
Fakultät für Informatik

Matrikelnummer: *Punktzahl:*

Ergebnis:

Freiversuch ☐ *F1* ☐ *F2* ☐ *F3* ☐

Klausur im WS 2017/18:

Die verschiedenen Programmierparadigmen von C++ — Lösungen

Informatik Bachelorstudiengang. ☐ *Informatik Masterstudiengang* ☐

Hilfsmittel sind bis auf Computer, Handy etc. erlaubt !	Bitte Aufgabenblätter mit abgeben !
Austausch von Hilfsmitteln mit Kommilitonen ist **nicht** erlaubt !	
Anwesenheit von Handys, Smartphones etc. bei Klausurteilnehmern im Hörsaal nicht erlaubt.	
Sie sind vor Beginn der Klausur am Dozentenpult abzugeben!	

Bitte notieren Sie auf **allen** Blättern Ihren Namen bzw. Ihre Matrikelnummer.
Auf eine absolut korrekte Anzahl der Blanks und Zeilenumbrüche braucht bei der Ausgabe nicht geachtet zu werden. Dafür werden keine Punkte abgezogen.

Hinweis: In den folgenden Programmfragmenten wird manchmal die lokale Variable *file* sowie die globale Variable *datei* verwendet. Hierfür kann der Einfachheit halber die Variable *cout* angenommen werden. Die Variablen dienten bei der Klausurerstellung lediglich dem Zweck der Ausgabeumlenkung.

Meistens kann die Lösung direkt auf dem Aufgabenblatt notiert werden. Extrablätter bitte mit Namen und/oder Matrikelnummer versehen.
Gehen Sie davon aus, dass `double` 8 Bytes sowie `int` und Zeiger jeweils 4 Bytes im Speicher belegen. Die detaillierte Implementierung der Klasse `string` können Sie vernachlässigen. Nehmen Sie einfach 4 Byte (z.B. char[4]) an. Aufrufe von `new` sollen jeweils den nächsten zusammenhängenden ausreichend großen freien Speicherbereich beginnend bei den Adressen ab 7400 liefern. Die Speicherbelegung soll hier auf Stack und Heap jeweils von den tieferen zu den höheren Adressen verlaufen.
Wenn nicht anders angegeben, befinden wir uns jeweils im Namensraum `std`, d.h. `using namespace std;` dürfen Sie in jeder Codedatei annehmen.

Geplante Punktevergabe

Punktziel	Im einzelnen	Pkte
Laboraufgaben: max. 30 P.		
A1: 18 P.		
A2: 41 P.		
A3: 21 P.		
Summe 80+30 P.		

Die Klasse `GuestBase` wird in (fast) allen folgenden Aufgaben benötigt:

```
/* Basic information of guest,
which is stable during planing
*/
class GuestBase{
public:
   GuestBase(int u, string n, int w);
   ~GuestBase();
   GuestBase(const GuestBase & cp);
   int GetWakeUpTime() { return wakeUpTime; }
   string GetName() { return name; }
   int GetUsageTime() { return usageTime; }

private:
   int wakeUpTime;
   string name;
   int usageTime;
};
```

Die zugehörigen Methoden zur Objekterzeugung und -zerstörung sind wie folgt definiert (wichtig sind vor allem die Ausgaben nach `datei`):

```
GuestBase::GuestBase(int u, string n, int w) {
   datei << "+B " << n << " ";
   wakeUpTime = w;
   name = n;
   usageTime = u;
}
GuestBase::~GuestBase() {
   datei << "-B " << name << " ";
}
GuestBase::GuestBase(const GuestBase & cp) {
   datei << "+CB " << cp.name << " ";
   wakeUpTime = cp.wakeUpTime;
   name = cp.name;
   usageTime = cp.usageTime;
}
```

Die Klasse `Guest` hat folgende Deklaration:

```
/* dynamic info of a guest, which changes
depending on sequence number of guest  */
class Guest{
public:
   Guest(int u, string n, int w);
   ~Guest();
   Guest(const Guest& cp);
   Guest(Guest&& cp);
   int GetWakeUpTime(){return pg->GetWakeUpTime();}
   string GetName() {return pg->GetName(); }
   int GetUsageTime() {return pg->GetUsageTime(); }
   int GetEntryTime() const { return entryTime; }
private:
   GuestBase* pg;
   int entryTime;
};
```

Die zugehörigen Methoden zur Objekterzeugung und -zerstörung sowie der Vergleichsoperator sind wie folgt definiert:

```
Guest::Guest(int u, string n, int w) {
   datei << "+G ";
   pg = new GuestBase(u, n, w);
   entryTime = 23*60 + 59; // 23:59 Uhr
}
Guest::~Guest(){
   datei << "-G ";
   delete pg;
}
Guest::Guest(const Guest& cp) {
   datei << "+CG ";
   pg = new GuestBase(* ( cp.pg) );
   entryTime = cp.entryTime;
}
Guest::Guest(Guest&& cp) {
   datei << "+MG ";
   pg = cp.pg;
   entryTime = cp.entryTime;
   cp.pg = nullptr;
}
bool operator<(Guest& g1, Guest& g2){
   return g1.GetUsageTime() < g2.GetUsageTime();
}
```

Außerdem gibt es noch den Ausgabeoperator:

```
ostream& operator<<(ostream& str, Guest& g){
   str << g.GetName() << ":";
   PrintAsTime(str, g.GetEntryTime());
   str << " (";
   PrintAsTime(str, g.GetWakeUpTime());
   str << ", " << g.GetUsageTime();
   str << ")";
   return str;
}
```

mit den zwei Hilfsfunktionen zur formatierten Zeitausgabe:

```
/* Ausgabe von t, wenn kleiner 10, dann
   mit vorangestellter 0 */
void PrintWithZeros(ostream& str, int t){
   if (t < 10){
      str << "0" << t;
   }
   else {
      str << t;
   }
}
/* gibt die Minuten eines Tages in Stunden
 und Minuten mit fuehrenden Nullen aus, also
 z.B. 604 ist: 10:04, 595 ist 09:55 */
void PrintAsTime(ostream& str, int t){
   PrintWithZeros(str, t / 60);
   str << ":";
   PrintWithZeros(str, t % 60);
}
```

Aufgabe 1 : Schleifen und Lambda-Ausdrücke

ca. 18 Punkte

a.) (2,5 P.) Zu welcher Ausgabe (in die hier erzeugte Datei) führt die Ausführung der folgenden Codezeilen?

In der gesamten Aufgabe 1 sollen Sie die Ausgaben nach `datei`, d.h., die Objekterzeugung und Objektzerstörung, nicht betrachten.

```
ofstream file("prG2.txt", ios::out);
for (int i = 6; i < 9; ++i) {
    Guest g1(i, "Hans", 600);
    file << g1.GetName() << " ";
}
```

Lösung:

```
Hans Hans Hans
```

b.) (2,5 P.) Zu welcher Ausgabe (in die hier erzeugte Datei) führt die Ausführung der folgenden Codezeilen?

```
ofstream file("prG3.txt", ios::out);
for (int i = 16; i > 12; --i) {
    Guest g1(i, "Paul", 600);
    file << g1.GetName() << " ";
}
```

Lösung:

```
Paul Paul Paul Paul
```

c.) (3 P.) Erklären Sie, warum eine `const`-Deklaration des Parameters `g` vom Typ `Guest` im Ausgabeoperator zu einem Syntaxfehler führen würde (**Hinweis:** siehe *unglückliche* Deklaration der Klasse `Guest`).

Lösung:
Die Get-Methoden von `Guest`, die im Ausgabeoperator verwendet werden, sind nicht als `const` vereinbart. Hiervon wird aber zumindest eine im Ausgabeoperator aufgerufen. Dieses führt für eine `const`-Objekt aber zu einem Syntaxfehler.

d.) (3 P.) Ein Codebeispiel soll nun zunächst den Code des Ausgabeoperators verdeutlichen:

```
ofstream file("prG1.txt", ios::out);
Guest g1(3, "Hans", 599);
Guest g2(6, "Petz", 610);
file << g1 << "\n" << g2 << "\n";
```

Die Ausführung dieser Zeilen führt zur Ausgabe:

```
Hans:23:59 (09:59, 3)
Petz:23:59 (10:10, 6)
```

Zu welcher Ausgabe (in die hier erzeugte Datei) führt die Ausführung der folgenden Codezeilen?

```
vector<Guest> vg;
for (int i = 2; i < 5; ++i) {
    // Kopie von Guest wird in Vektor gepackt
    vg.push_back(Guest(i, "Paul", 600));

}
ofstream file("prG4.txt", ios::out);
for (auto iter : vg) {
    // nur usageTime bei jedem Gast anders
    file << iter << "\n";
}
```

Lösung:

```
Paul:23:59 (10:00, 2)
Paul:23:59 (10:00, 3)
Paul:23:59 (10:00, 4)
```

e.) (7 P.) Zu welcher Ausgabe (in die hier erzeugte Datei) führt die Ausführung der folgenden Codezeilen?

```
ofstream file("prG5.txt", ios::out);
vector<Guest> vg;
for (int i = 1; i < 5; ++i) {
    // Kopie von Guest wird in Vektor gepackt
    vg.push_back(Guest(i, "Paul", 600));
}
int sum = 0;
auto lambda =
    [&sum](Guest& g) {sum += g.GetUsageTime();};

sum = 0;
for_each(vg.begin(), vg.end(), lambda);
file << "sum is " << sum << "\n";

sum = 0;
for_each(++(vg.begin()), (vg.end())--, lambda);
file << "sum is " << sum << "\n";

for_each((vg.begin()++), (--vg.end()), lambda);
file << "sum is " << sum << "\n";
```

Lösung:

```
sum is 10
sum is 9
sum is 15
```

Aufgabe 2 : Instanzerzeugung

ca. 41 Punkte

Für diese Aufgabe sind die bereits vorgestellten Methoden von `GuestBase` und `Guest` zur Objekterzeugung und -zerstörung und hier insbesondere die Ausgaben nach `datei` von Interesse.

a.) (3 P.) Welche Ausgabe (nach `datei`) ergibt der Aufruf von `g1`?

```
void g1(){
   GuestBase gu1(1, "Hans", 600);
   GuestBase gu2(5, "Paul", 602);
}
```

Lösung:

```
+B Hans +B Paul -B Paul -B Hans
```

b.) (4 P.) Welche Ausgabe ergibt der Aufruf von `g2`?

```
void g2(){
   Guest gu1(1, "Elke", 600);
   Guest gu2(5, "Lola", 602);
}
```

Lösung:

```
+G +B Elke +G +B Lola -G -B Lola -G -B Elke
```

c.) (3 P.) Welche Ausgabe ergibt der Aufruf von `g5`?

```
void g5(){
   GuestBase* pg1=new GuestBase(3, "Lora", 600);
   GuestBase* pg2 = pg1;
}
```

Lösung:

```
+B Lora
```

d.) (3,5 P.) Welche Ausgabe ergibt der Aufruf von `g6`?

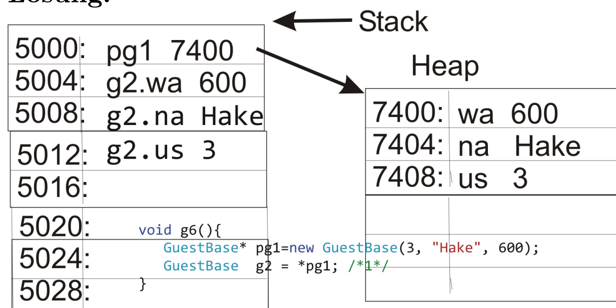
```
void g6(){
   GuestBase* pg1=new GuestBase(3, "Hake", 600);
   GuestBase g2 = *pg1; /*1*/
}
```

Lösung:

```
+B Hake +CB Hake -B Hake
```

e.) (6 P.) Veranschaulichen Sie grafisch die Stack- **und** Heap-Speicherbelegung nach Ausführung der mit `/*1*/` gekennzeichneten Programmzeile in `g6`. Nehmen Sie vereinfachend für string 4 Byte an (also wie char[4]).

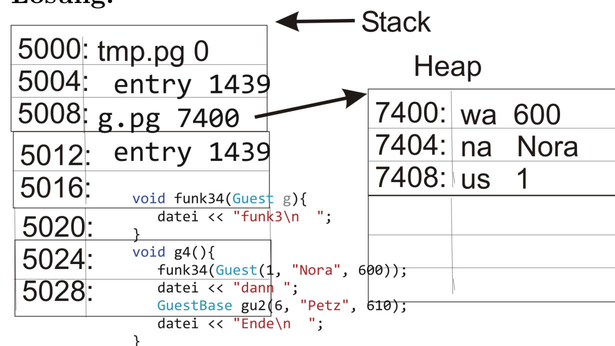
Lösung:



f.) (8 P.) Veranschaulichen Sie grafisch die Stack- **und** Heap-Speicherbelegung nach Ausführung von `/*1*/` nach Aufruf von `g4` (string wieder 4 Byte)?

```
void funk34(Guest g){
   datei << "funk34\n "; /*1*/
}
void g3(){
   Guest gu1(1, "Nora", 600);
   funk34(gu1);
   datei << "dann ";
   GuestBase gu2(6, "Petz", 610);
   datei << "Ende\n ";
}
void g4(){
   funk34(Guest(1, "Nora", 600));
   datei << "dann ";
   GuestBase gu2(6, "Petz", 610);
   datei << "Ende\n ";
}
```

Lösung:



g.) (13,5 P.) Welche Ausgaben (nach `datei`) ergeben die Aufrufe von `g3` und `g4`?

Lösung:

```
+G +B Nora +CG +CB Nora funk34
  -G -B Nora dann +B Petz Ende
  -B Petz -G -B Nora
+G +B Nora +MG funk34
  -G -B Nora -G dann +B Petz Ende
  -B Petz
```

Aufgabe 3 : Badplanung

ca. 21 Punkte

a.) (5 P.) Zur Optimierung der Gästereihenfolge mit vollständiger Permutation wurde folgende Funktion implementiert:

```
double getBestSequenceByFullPermut(
   const vector<Guest>& inpSeq,
   vector<Guest>& bestSeq )
{
   int nFak = 1; // n Fakultaet
   for (int i = 0; i < inpSeq.size(); ++i)   {
      nFak *= (i + 1);
   }
   double  bestSeqValue=1e14;// ganz schlechter Wert
   vector<Guest> testSeq = inpSeq;
   for (int i = 0; i < nFak; ++i) {
      double seqValue = evaluateSequence(testSeq);
      if (seqValue < bestSeqValue) {
         bestSeq = testSeq;
         bestSeqValue = seqValue;
      }
      // Bilde naechste Permutation
      createNxtPermutation(testSeq);
   }// for i
   return bestSeqValue;
}
```

Zur Bestimmung der Laufzeiten für unterschiedliche Anzahl von Gästen dient das folgende Testprogramm:

```
void mainTestFullPermut() {
   for (int i = 10; i < 17; ++i){
      vector<Guest> guests;
      // Erzeuge Sequenz mit i Guest
      for (int j = 0; j < i; ++j) {
         guests.push_back(
            Guest(i + j, "xyzu", 600 - 2 * j + i));
      }
      vector<Guest> bestSeq;
      // Laufzeitmessung
      K_TIMER timer; timer.start_timer();
      getBestSequenceByFullPermut(guests, bestSeq);
      cout << "Laufzeit fuer "
         << i << " Gaeste "
         << timer.stop_timer() << " sec\n";
   } // for i
}
```

Hierdurch wurden folgende Ausgaben ermittelt:

```
Laufzeit  fuer 10 Gaeste 0.016 sec
Laufzeit  fuer 11 Gaeste 0.171 sec
Laufzeit  fuer 12 Gaeste 2.044 sec
Laufzeit  fuer 13 Gaeste 8.159 sec
Laufzeit  fuer 14 Gaeste 5.413 sec
Laufzeit  fuer 15 Gaeste 8.487 sec
Laufzeit  fuer 16 Gaeste 8.486 sec
```

Sie sehen, dass die Laufzeiten zunächst exponentiell mit der Anzahl der Gäste wachsen, aber bereits beim Übergang von 12 nach 13 Gästen scheint etwas nicht zu stimmen. Finden Sie in der Funktion `getBestSequenceByFullPermut` den Fehler. Hinweis: $13! \approx 6,2270 * 10^9 > 2^{31}$. Wie kann der Fehler korrigiert werden? **Lösung:**
`nFak` ist vom Typ `int`. Hiermit lassen sich nur Zahlen bis $2^{31} - 1$ darstellen. 13! ist aber bereits größer, sodass es zu einem Überlauf kommt. Zur Darstellung von 13! würden eigentlich mindestens 33 Bits (ohne Vorzeichenbit) benötigt. n! wird somit zu $n!13\, modulo\, 2^{31}$ ermittelt, was in etwa um einen Faktor 3 kleiner als der tatsächliche Wert von 13! ist. Bei 14! ist der Wert bereits um den Faktor von ca. 40 kleiner als der tatsächliche Wert. In der zweiten for-Schleife ist `i` auch vom Typ `int`. Somit sind zumindest die Typen kompatibel, aber das ist hier unwichtig. `nFak` hat bereits den falschen Wert.
Zur Behebung des Fehlers müssten `nFak` und `i` in der zweiten for-Schleife zumindest als `long long` oder noch besser als `unsigned long long` vereinbart werden. Zumindest für n=20 könnte mit 64 Bit die Fakultät berechnet werden.
Noch besser wäre natürlich komplett auf die Berechnung der Fakultät zu verzichten. Der Algorithmus basiert ja ohnehin auf der Annahme, dass nach n! Aufrufe wieder die gleiche Permutation erzeugt wird. Man könnte sich somit die erste Permutation merken und sobald die wieder auftaucht abbrechen, allerdings kostet die Überprüfung etwas Laufzeit. Ob das aber entscheident ist, mag jeder selbst entscheiden, wenn man bei 20! ohnehin mit 322 Jahren Laufzeit rechnen muss, wenn man annimmt, dass 12! zwei Sekunden Rechenzeit benötigt.

b.) (6 P.) Der folgende Code zur Berechnung von $n!$ (n Anzahl der Gäste)

```
int nFak = 1;
for (int i = 0; i < guests.size(); ++i)  {
   nFak *= (i + 1);
}
```

ist (in der vorliegenden Implementierung von der Klasse `Guests` mit Ausgabe von Instanzerzeugung und -zerstörung) wesentlich schneller als

```
int j = 1;    nFak = 1;
for (auto iter: guests)  {
   nFak *= (j++);
}
```

Warum ist das so? Begründen Sie Ihre Antwort. Beziehen Sie bei Ihrer Antwort auch die folgende for-Schleife ein:

```
for (vector<Guest>::iterator iter1 = guests.begin();
    iter1 != guests.end(); ++iter1)  {
   nFak *= (j++);
}
```

Ist hier die Laufzeit eher vergleichbar mit der ersten oder der zweiten Implementierung (`auto iter : guests`)?

Lösung:

In `auto iter : guests` ist iter vom Typ `Guest`, d.h. es wird für jeden Wert von iter der Kopierkonstruktor von `Guest` und anschließend von `GuestBase` aufgerufen und hier erfolgt jedes Mal auch noch eine Ausgabe nach `datei`. (Destruktoren mit Ausgaben werden auch noch jeweils aufgerufen.) Dieses ist natürlich wesentlich langsamer als das hochzählen eines `int`. Die Lösung über Iteratoren ist somit mit dem Hochzählen des `int` vergleichbar. Iteratoren werden im Wesentlichen als Pointer implementiert. Hier erfordert die Erzeugung per Konstruktor kaum zusätzlichen Aufwand. Die Lösung über Iteratoren wird ggf. geringfügig langamer als über `int` sein, aber wesentlich schneller als über Insanzen von `Guest`.

c.) (10 P.) Implementieren Sie die Template-Funktion MyMinElement, die das Minimum entsprechend dem dritten Argument in einem Container bestimmt, der durch zwei Iteratoren beschrieben wird.

Die folgenden Aufrufe sollen also möglich sein:

```
vector<Guest> guests;
vector<int> iVec;
```

```
// minimales Element mit operator<
auto minIter = MyMinElement(
   guests.begin(), guests.end(), less<>() );
datei << "Min guests is " << *minIter << "\n";
int v = 0;
// Minimum ungleich v bestimmen
auto minIter2 = MyMinElement(
   iVec.begin(), iVec.end(),
   [v](int a, int b){
    if (a == v) { return false; }
    else if (b == v) { return true; }
    else return a < b; }
);
```

Lösung:

```
template<typename Iter, typename Pr>
 inline Iter
MyMinElement(Iter _First, Iter _Last, Pr _Pred )
{      // find smallest element, using _Pred
   Iter _Found = _First;
   if ( _First != _Last)  {
      for (; ++_First != _Last;)
      if (_Pred(*_First, *_Found)) {
         _Found = _First;
      }
   }
   return (_Found);
}
```