# 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 2024/25:

## Die verschiedenen Programmierparadigmen von C++

| Hilfsmittel wie Bücher und Skripte und eigene Notizen sind erlaubt. |
|---|
| Die Nutzung eines Computers z.B. mit einer Programmierumgebung oder einem Compiler ist gar nicht erlaubt! |
| Austausch von Hilfsmitteln mit KommilitonInnen ist **nicht** erlaubt ! |
| Die Kommunikation mit KommilitonInnen ist während der Klausur nicht erlaubt. |
| Anwesenheit von Handys, Smartphones etc. ist bei KlausurteilnehmerInnen im Hörsaal nicht erlaubt. |
| Sie sind vor Beginn der Klausur am Dozentenpult abzugeben! |

Bitte notieren Sie auf **allen** Blättern, die in die Bewertung eingehen sollen, Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer.
Auf eine korrekte Anzahl der Leerzeichen und Zeilenumbrüche braucht bei der Ausgabe nicht geachtet zu werden. Dafür werden keine Punkte vergeben.

**Hinweis:** In den folgenden Programmfragmenten wird die globale Variable `datei` verwendet. Hierfür kann der Einfachheit halber die Variable `cout` angenommen werden. Die Variable `datei` diente bei der Klausurerstellung lediglich dazu, automatisch eine Lösungsdatei zu erstellen.
Wir befinden uns jeweils im Namensraum `std`, d.h., ein `using namespace std;` dürfen Sie in jeder Codedatei annehmen. Außerdem dürfen Sie annehmen, dass für alle Code-Fragmente die erforderlichen *include*-Anweisungen für C++-Header-Dateien erfolgt sind. Syntaxfehler sind allenfalls unabsichtlich in den Programmfragmenten enthalten.

Für einige Aufgabenteile ist ein Extrablatt zu verwenden; bitte mit Namen und Matrikelnummer beschriften.Sie dürfen auch alle Lösungen auf Extrablättern notieren. Die Größe der Lücken gibt keine Hinweise darauf, wie umfangreich die erwarteten Ausgaben sind.

## Geplante Punktevergabe

| Punktziel | Sonderpunkte | erreicht |
|---|---|---|
| Übungen: | XXX | |
| A1: 32 P. | | |
| A2: 15 P. | | |
| A3: 20 P. | | |
| A4: 13 P. | | |
| Summe 80+ SP. | | |



V.1

## Aufgabe 1 : Objekterzeugung und -zerstörung

ca. 32 Punkte

Die Schablonen-Klasse `Punkt` hat folgende Schnittstelle:

```
template <typename T, int N>
class Punkt
{
public:
   Punkt();
   Punkt(T data[N], int dummy);
   Punkt(const Punkt& cop);
   ~Punkt();
   double operator[](int ind) const {
      return p_koord[ind];}
```

```
private:
   void copyArr(T*, const T*);
   T* p_koord;
   int hlp; // Zur Unterscheidung der Instanzen
};
```

Die Implementierung der drei Konstruktoren und des Destruktors der Klasse ist:

```
template <typename T, int N>
Punkt<T,N>::Punkt(){
   hlp = -1;
   datei << "+P" << hlp << " ";
   p_koord = nullptr;
}
```

```
template <typename T, int N>
Punkt<T,N>::Punkt(T data[N], int dummy){
hlp=dummy;
datei << "+P" << hlp << " ";
p_koord = new T[N];
copyArr(p_koord, data);
}
```

```
template <typename T, int N>
Punkt<T, N>::~Punkt(){
datei << "-P" << hlp << " ";
delete[] p_koord;
p_koord= nullptr;
}
```

```
template <typename T, int N>
Punkt<T, N>::Punkt(const Punkt& cop) {
   hlp = cop.hlp;
   datei << "+PC" << hlp << " ";
   if (cop.p_koord != nullptr) {
      p_koord = new T[N];
      copyArr(p_koord, cop.p_koord);
   }
   else {
      p_koord = nullptr;
   }
}
```

Die mehrfach benutzte Methode `copyArr` ist wie folgt implementiert:

```
template <typename T, int N>
void Punkt<T, N>::copyArr(T* dest, const T* src){
   for (int j = 0; j < N; ++j) {
      dest[j] = src[j];
      }
}
```

**a.) (ca. 2 P.)** Welche Ausgabe (nach `datei`) ergibt der Aufruf der folgenden Funktion `f1` ?

```
void f1(){
   double data[] = { 4.0, 5.0, 3.0 };
   Punkt<double, 3> p1(data, 7);
}
```

(*— Lösung hier notieren. ——*)

**b.) (ca. 3 P.)** Welche Ausgabe (nach `datei`) ergibt der Aufruf der folgenden Funktion `f2` ?

```
void f2(){
   Punkt<double, 4> feld[2];
   double data[] = { 4.0, 5.0, 3.0, 7.0 };
   Punkt<double, 4> p1(data, 3);
   datei << " Ende ";
}
```

(*— Lösung hier notieren. ——*)

**c.) (ca. 4 P.)** Welche Ausgabe (nach `datei`) ergibt der Aufruf der folgenden Funktion `f3` ?

```
void f3(){
   Punkt<double, 3>* p;
   double data[] = { 4.0, 5.0, 3.0 };
   Punkt<double, 3>* p_p1 =
      new Punkt<double, 3>(data, -3);
   unique_ptr<Punkt<double, 3>> p_p2(
      new Punkt<double, 3>(data, 6));
   Punkt<double, 3>* p_feld[5];
   datei << " Ende\n";
}
```

(*— Lösung hier notieren. ——*)

**d.) (ca. 4 P.)** Welche Ausgabe (nach `datei`) ergibt der Aufruf der folgenden Funktion `f4` ?

```
void call_f4a (Punkt<double, 3> pkt) {
   datei << "call_f4a ";
}
void f4(){
   double data[] = { 1.0, 0.0, 0.0 };
   Punkt<double, 3> p1(data, 3);
   call_f4a (p1);
   datei << "Ende ";
}
```

(*— Lösung hier notieren. ——*)

Gegeben ist die Funktion `f5`:

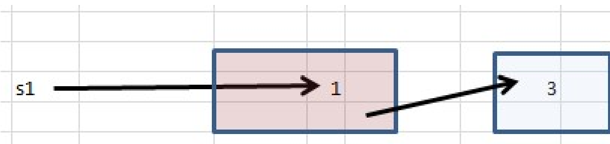
```
void f5(bool b){
   typedef Punkt<double, 2> P2D;
   typedef shared_ptr<P2D> SP;
   double data[] = { 4.0, 5.0 };
   SP s1 = make_shared<P2D>(data, 3);
   s1 = make_shared<P2D>(data, 88);
   SP s4;
   datei << " Vor If\n";/*1*/
```

```
   if (b)   {
      datei << " Then ";
      SP s2 = make_shared<P2D>(data, 4);
      s1 = s2;
      SP s3(s1); /*2*/
   }
```

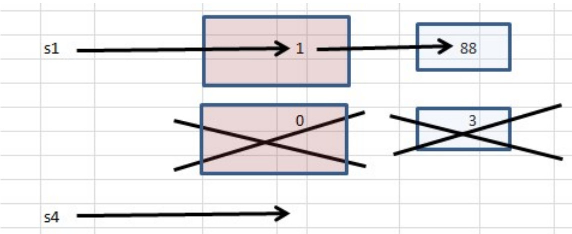
```
   else   {
      datei << " Else ";
      s1 = s4;
      SP s2 = make_shared<P2D>(data, 5);
      s4 = s2; /*3*/
   }
   datei << " Nach If\n";    /*4*/
   s4 = make_shared<P2D>(data, 11);
   s1 = s4;
   datei << " Nach Ende\n"; /*5*/
} /*6*/
```

Die folgende Abbildung zeigt die Speicherbelegung auf Stack und Heap nach Belegung der Instanz `s1`.

Um Zeit zu sparen, vereinfachen Sie die Skizze:




Nach der Initialisierung von `s4` durch `SP s4;` sieht die Skizze wie folgt aus.




Nun sind Sie aber dran. Lösungen bitte schrittweise auf diesem Arbeits- bzw. Extrablatt notieren. Die Funktion wird mit `b=true` aufgerufen.
Skizzieren Sie jeweils auf einem Extrablatt, wie hier gezeigt, auf welche Objekte die Instanzen von `shared_pointer` verweisen. Dabei soll erkennbar sein, wie viele Zeiger auf das Objekt verweisen.

**e.) (ca. 2 P.)** Zu welcher Ausgabe (nach `datei`) führt die Ausführung bis /*1*/?

**f.) (ca. 2 P.)** Skizze nach Ausführung bis /*2*/ auf Extrablatt (Funktion wird mit `b=true` aufgerufen). In vorherigen Zeichnungen schon freigegebenen Heap-Speicher müssen Sie nicht nochmals zeichnen.

**g.) (ca. 2 P.)** Ausgabe (nach `datei`) zwischen /*1*/ und /*4*/?

**h.) (ca. 2 P.)** Skizze bei Ausführung bis /*5*/ (ab /*4*/) auf Extrablatt. Variablen, die nicht mehr auf dem Stack existieren, bitte nicht mehr zeichnen:

**i.) (ca. 2 P.)** Welche Ausgabe nach `datei` ergibt sich zwischen /*4*/ und /*5*/ ?

**j.) (ca. 2 P.)** Ausgabe (nach `datei`) nach /*5*/?

**k.) (ca. 3 P.)** Die folgende Funktion ermittelt den Abstand zwischen zwei Punkten.

```
/* Berechnet die Distanz zwischen 2 Punkten */
template <typename T, int N>
double dist(Punkt<T, N> p1, Punkt<T, N> p2){
   double d = 0.0;
   for (int j = 0; j < N; ++j) {
      // [] liefert j-te Koordinate
      auto diff = p1[j] - p2[j];
      d += diff * diff;
   }
   return sqrt(d);
}
```

Welche Ausgabe (nach `datei`) ergibt der Aufruf der folgenden Funktion `f6` ?

```
void f6() {
   double data[] = { 1.0, 2.0, 4.0 };
   Punkt<double, 3> p1(data, 3);
   // dist ist 0.
   datei << "dist: " << dist(p1, p1) << "\n";
}
```

(*— Lösung hier notieren. ——*)

**l.) (ca. 2 P.)** Verbessern Sie die aufgerufene Schablonenfunktion `dist`, sodass beim Aufruf weniger Instanzen von `Punkt` erzeugt und zerstört werden. Identischen Code dürfen Sie abkürzen (z.B.durch *Rest wie im Original*).
——— Bitte Extrablatt verwenden.—————

**m.) (ca. 2 P.)** Warum muss in der Funktion `dist` in der Zeile

```
auto diff = p1[j] - p2[j];
```

der Index-Operator verwendet werden? Hätte man nicht einfach auch

```
auto diff = p1.p_koord[j] - p2.p_koord[j];
```

verwenden können?
——— Bitte Extrablatt verwenden.——————

## `typedef`'s für folgende Aufgaben:

Zur Vereinfachung der Schreibweise werden nun einige `typedef`'s eingeführt. Sie helfen Ihnen im Folgenden ggf. auch, wenn Sie selber Code implementieren.

```
// Vereinfachung der Schreibweisen
// P1D bedeutet im Folgenden: Punkt<double, 1>
typedef Punkt<double, 1> P1D;
// P2D bedeutet Punkt<double, 2> usw.
typedef Punkt<double, 2> P2D;
// P3D bedeutet Punkt<double, 3> usw.
typedef Punkt<double, 3> P3D;
typedef Punkt<double, 4> P4D;
typedef Punkt<double, 5> P5D;
```

```
// Entsprechend fuer int
typedef Punkt<int, 1> P1I;
typedef Punkt<int, 2> P12;
typedef Punkt<int, 3> P13;
typedef Punkt<int, 4> P14;
typedef Punkt<int, 5> P15;
```

## Aufgabe 2 : Testen

ca. 15 Punkte

**a.) (ca. 7 P.)** Wie bereits zuvor gesehen, enthält der Kopierkonstruktor der Schablonenklasse `Punkt` eine if-Abfrage, die auch erforderlich ist:

```
template <typename T, int N>
Punkt<T, N>::Punkt(const Punkt& cop) {
   hlp = cop.hlp;
   datei << "+PC" << hlp << " ";
   if (cop.p_koord != nullptr) {
      p_koord = new T[N];
      copyArr(p_koord, cop.p_koord);
   }
   else {
      p_koord = nullptr;
   }
}
```

Implementieren Sie einen Test, der scheitern würde, wenn die if-Abfrage (und der else-Teil) fehlen würde. Es genügt, wenn der Test dann ein undefiniertes Verhalten zeigt, z.B. abstürzt. Im Erfolgsfall wie hier beim vorhandenen `if` liefert der Test natürlich `true` zurück.
——— Bitte Extrablatt verwenden.——————

**b.) (ca. 8 P.)** Implementieren Sie nun zwei unterschiedliche Tests für die Funktion `dist`, die auch wirklich unterschiedliche Aspekte testen. Um Ihnen das Umblättern zu ersparen, ist der Code hier nochmals angegeben:

```
/* Berechnet die Distanz zwischen 2 Punkten */
template <typename T, int N>
double dist(Punkt<T, N> p1, Punkt<T, N> p2){
   double d = 0.0;
   for (int j = 0; j < N; ++j) {
      // [] liefert j-te Koordinate
      auto diff = p1[j] - p2[j];
      d += diff * diff;
   }
   return sqrt(d);
}
```

Schreiben Sie einen Satz (nicht so viel Text), warum Sie meinen, dass die beiden Tests unterschiedliche Aspekte testen.
——— Bitte Extrablatt verwenden.——————

## Aufgabe 3 : Tiefe und flache Kopie

ca. 20 Punkte

**a.) (ca. 9 P.)** Der Aufruf der Funktion `f7_Crash` führt zu undefiniertem Verhalten. Erklären Sie warum. Verwenden Sie dazu eine Skizze oder mehrere Skizzen, die die Speicherbelegung auf dem Stack und auf dem Heap skizzieren.

```
void f7_Crash() {
   double data1[] = { 1.0, 2.5 };
   P2D p1(data1, 3);
   double data2[] = { 8.0, 14.2 };
   P2D p2(data2, 6);
   p1 = p2;
}
```

——— Bitte Extrablatt verwenden.——————

**b.) (ca. 11 P.)** Verbessern Sie daher die Implementierung der Schablonen-Klasse `Punkt`, sodass es keinen Absturz bzw. undefiniertes Verhalten mehr gibt. Tipp: Sie müssen den Zuweisungsoperator der Klasse implementieren.
Um Ihnen etwas Schreibarbeit zu ersparen, sind die ersten Zeilen der Implementierung bereits angeben.

```
template <typename T, int N>
Punkt<T, N>& Punkt<T, N>::operator=
    (const Punkt<T, N>& cop) {
   hlp = cop.hlp;
   datei << "Pop=" << hlp << " ";
```

Setzen Sie die Implementierung auf einem Extra-Blatt fort. Überlegen Sie sich eine effiziente Implementierung, die unnötiges Anfordern und Freigeben von Heap-Speicher vermeidet. Rufen Sie die bereits vorgestellte Methode `copyArr` von `Punkt` auf:

```
template <typename T, int N>
void Punkt<T, N>::copyArr(T* dest, const T* src){
   for (int j = 0; j < N; ++j) {
      dest[j] = src[j];
      }
}
```

——— Bitte Extrablatt verwenden.———————

### Aufgabe 4 : Zusammengesetzte Objekte

ca. 13 Punkte
Wie bereits zuvor gezeigt, verwenden wir zur Vereinfachung der Schreibweise folgenden `typedef`:

```
// P2D bedeutet Punkt<double, 2> usw.
typedef Punkt<double, 2> P2D;
```

Die Klasse `Gerade` selber hat folgende Schnittstelle:

```
class Gerade{
public:
   Gerade(const P2D& a_p1, const P2D a_p2):
      m_p1(a_p1), m_p2(a_p2){ datei << "+G ";}
   Gerade(const Gerade& cop);
   ~Gerade() {datei << "-G ";}
private:
   P2D m_p1;
   P2D m_p2;
};
```

Die Implementierung des Kopier-Konstruktors ist:

```
Gerade::Gerade(const Gerade& cop){
   datei << "+CG ";
   m_p1 = cop.m_p1;
   m_p2 = cop.m_p2;
}
```

Gegeben ist die Funktion `funk1`:

```
void funk1() {
   double data1[] = { 4.0, 5.0 };
   Punkt<double, 2> p1(data1, 7);
   double data2[] = { 1.0, 1.0 };
   Punkt<double, 2> p2(data1, 5);
   datei << "Bis hier Ausgabe ignorieren\n";
   /*1*/
   Gerade g1(p1, p2);
   datei << endl; /*2*/
   Gerade g2(g1);
   datei << endl; /*3*/
   datei << "Ab hier wieder ignorieren\n";
}
```

Lösungen bitte schrittweise auf diesem Arbeits- oder Extrablatt notieren. Gehen Sie davon aus, dass der Zuweisungsoperator der Klasse `Punkt` nun korrekt implementiert ist und beim Aufruf den String „`+Pop=`“ gefolgt von der Ausgabe des Attributs `hlp` nach `datei` ausgibt. Die Implementierung des Zuweisungsoperators von `Punkt` enthält zu Beginn somit die beiden Zeilen:

```
   hlp = cop.hlp;
   datei << "Pop=" << hlp << " ";
```

**a.) (ca. 4 P.)** Zu welcher Ausgabe nach `datei` führt die Ausführung zwischen /*1*/ und /*2*/?

**b.) (ca. 4 P.)** Zu welcher Ausgabe nach `datei` führt die Ausführung zwischen /*2*/ und /*3*/?

**c.) (ca. 3 P.)** Sie sollten bei der Ausführung zwischen /*2*/ und /*3*/ erkannt haben, dass beim Aufruf des Kopier-Konstruktors der Klasse `Gerade` unnötig viele Instanzen der Klasse `Punkt` erzeugt und zerstört werden. Verbessern Sie deshalb die Implementierung des Kopier-Konstruktors.

——— Bitte Extrablatt verwenden.———————

**d.) (ca. 2 P.)** Zu welcher Ausgabe nach `datei` führt die Ausführung zwischen /*2*/ und /*3*/ nach Ihrer Verbesserung?