UNIVERSITÄT DORTMUND

Wintersemester 2006/07

Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler und Ingenieure

(alias **Einführung in die Programmierung**)

(Vorlesung)

Prof. Dr. Günter Rudolph

Fachbereich Informatik

Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Inhalt

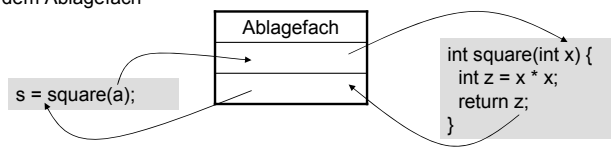
- Funktionen
  - mit / ohne Parameter
  - mit / ohne Rückgabewerte

  } ☑
- Übergabemechanismen
  - Übergabe eines Wertes
  - Übergabe einer Referenz
  - Übergabe eines Zeigers

  } heute
- Programmieren mit Funktionen → anschließend

Wir kennen bisher:

- Funktionen mit/ohne Parameter sowie mit/ohne Rückgabewert:
- Parameter und Rückgabewerte kamen als Kopie ins Ablagefach (Stack)
- Funktion holt Kopie des Parameters aus dem Ablagefach
- Wertzuweisung an neue, nur lokale gültige Variable
- Rückgabewert der Funktion kommt als Kopie ins Ablagefach
- Beim Verlassen der Funktion werden lokal gültige Variable ungültig
- Rücksprung zum Funktionsaufruf und Abholen des Rückgabewertes aus dem Ablagefach



Übergabe eines Wertes:

```
double x = 0.123, a = 2.71, b = .35, z;
z = sin(0.717);            // Konstante
z = cos(x);                // Variable
z = sqrt(3 * a + 4 * b);   // Ausdruck, der Wert ergibt
z = cos( sqrt( x ) );      // Argument ist Fkt.,
                           // die Wert ergibt
z = exp(b * log( a ) );    // Argument ist Ausdruck aus Fkt.
                           // und Variable, der Wert ergibt
```

Wert kann Konstante, Variable und wertrückgebende Funktion sowie eine Kombination daraus in einem Ausdruck sein!

Bevor Kopie des Wertes ins Ablagefach kommt, wird Argument ausgewertet!

Übergabe eines Wertes:

```
struct KundeT {
  char   name[20];
  int    knr;
  double umsatz;
};

enum StatusT { gut, mittel, schlecht };

StatusT KundenStatus(KundeT kunde) {

  if (kunde.umsatz > 100000.0) return gut;
  if (kunde.umsatz <  20000.0) return schlecht;
  return mittel;
}
```

Übergabe und Rückgabe als Wert funktioniert mit allen Datentypen …

Ausnahme: Array!

Übergabe eines Wertes:

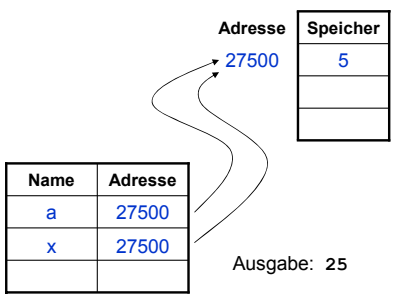
```
void tausche_w(int a, int b) {
  int h = a;
  a = b;
  b = h;
  cout << "Fkt.: " << a << " " << b << endl;
}

int main() {

  int a = 3, b = 11;
  cout << "main: " << a << " " << b << endl;
  tausche_w(a, b);
  cout << "main: " << a << " " << b << endl;
}
```

Ausgabe:
```
main: 3 11
Fkt.: 11 3
main: 3 11
```
⇒ funktioniert so nicht, da Übergabe von Kopien!

Übergabe einer Referenz: (nur in C++, nicht in C)

Referenz einer Variablen = Kopie der Adresse einer Variablen
= 2. Name der Variable

```
void square(int& x) {

  int y = x * x;
  x = y;

}

int main() {

  int a = 5;
  square(a);
  cout << a << "\n";
  return 0;

}
```



Ausgabe: `25`

Übergabe einer Referenz: (nur in C++, nicht in C)

Bauplan der Funktionsdeklaration:

void Funktionsname(Datentyp& Variablenname);

Datentyp Funktionsname(Datentyp& Variablenname);

zeigt Übergabe per Referenz an;
erscheint **nur im Prototypen**!

```
// Beispiele:
void square(int& x);

bool wurzel(double& radikant);
```

Durch Übergabe einer Referenz kann man den Wert der referenzierten Variable dauerhaft verändern!

Übergabe einer Referenz: (nur in C++, nicht in C)

Bauplan der Funktionsdefinition:

```
void Funktionsname(Datentyp& Variablenname) {
  // Anweisungen
}

Datentyp Funktionsname(Datentyp& Variablenname) {
  // Anweisungen
  return Rückgabewert;
}
```

```
// Beispiel:
void square(int& x) {
  int y = x * x;
  x = y;
}
```


Übergabe einer Referenz: (nur in C++, nicht in C)

Funktionsaufruf:

Funktionsname(Variablenname) ;

Variable = Funktionsname(Variablenname) ;

```
// Beispiel:
int x = 5, x2;
x2 = square(x);
```

Achtung:

Beim Funktionsaufruf kein &-Operator!

Da Adresse geholt wird, muss Argument eine Variable sein!

→ Im obigen Beispiel würde `x2 = square(5);` zu einem Compilerfehler führen!

Übergabe einer Referenz: (nur in C++, nicht in C)

```
void tausche_r(int& u, int& v) {
  int h = u;
  u = v;
  v = h;
  std::cout << "Fkt.: " << u << " " << v << std::endl;
}
int main() {
  int a = 3, b = 11;
  std::cout << "main: " << a << " " << b << std::endl;
  tausche_r(a, b);
  std::cout << "main: " << a << " " << b << std::endl;
}
```

Ausgabe:
```
main: 3 11
Fkt.: 11 3
main: 11 3
```
⇒ funktioniert, da Übergabe von Referenzen!

Übergabe einer Referenz: (nur in C++, nicht in C)

Möglicher Verwendungszweck: mehr als nur einen Rückgabewert!

Bsp: Bestimmung reeller Lösungen der Gleichung $x^2 + px + q = 0$.

- Anzahl der Lösungen abhängig vom Radikand $r = (p/2)^2 - q$
- Falls $r > 0$, dann 2 Lösungen
- Falls $r = 0$, dann 1 Lösung
- Falls $r < 0$, dann keine Lösung

⇒ Wir müssen also zwischen 0 und 2 Werte zurückliefern und die Anzahl der gültigen zurückgegebenen Werte angeben können

Übergabe einer Referenz: (nur in C++, nicht in C)

Eine mögliche Lösung mit Referenzen:

```
int Nullstellen(double p, double q, double& x1, double& x2) {
  double r = p * p / 4 - q;
  if (r < 0) return 0;      // keine Lösung
  if (r == 0) {
    x1 = -p / 2;
    return 1;               // 1 Lösung
  }
  x1 = -p / 2 - sqrt(r);
  x2 = -p / 2 + sqrt(r);
  return 2;                 // 2 Lösungen
}
```


Rückgabe einer Referenz

```
struct KontoT {
  char Name[20];
  float Saldo;
};
```

```
const KontoT &reicher(const KontoT &k1, const KontoT &k2) {
  if (k1.Saldo > k2.Saldo) return k1;
  return k2;
}
```

```
// ...
KontoT anton = {"Anton", 64.0 }, berta = {"Berta", 100.0};
cout << reicher(anton, berta).Name << " hat mehr Geld.\n";
// ...
```

Ausgabe:

```
Berta hat mehr Geld.
```


Rückgabe einer Referenz

ACHTUNG:

Niemals Referenz auf lokales Objekt zurückgeben!

```
const KontoT &verdoppeln(const KontoT &konto) {
  KontoT lokalesKonto = konto;
  lokalesKonto.Saldo += konto.Saldo;
  return lokalesKonto;
}
```

⇒ nach Verlassen der Funktion wird der Speicher von **`lokalesKonto`** freigegeben

⇒ Adresse von **`lokalesKonto`** ungültig

⇒ zurückgegebene Referenz auf Objekt ungültig

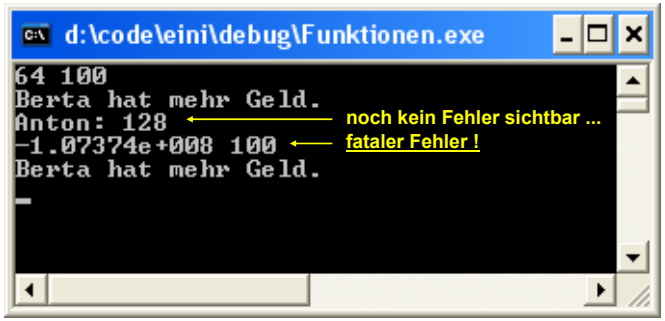
⇒ kann funktionieren, muss aber nicht ⇒ **undefiniertes Verhalten!**

Beispiel:

```
const KontoT &reicher(const KontoT &k1, const KontoT &k2) {
  cout << k1.Saldo << " " << k2.Saldo << endl;
  if (k1.Saldo > k2.Saldo) return k1;
  return k2;
}
const KontoT &verdoppeln(const KontoT &konto) {
  KontoT lokalesKonto = konto;
  lokalesKonto.Saldo += konto.Saldo;
  return lokalesKonto;
}
int main() {
  KontoT anton = {"Anton", 64.0 }, berta = {"Berta", 100.0};
  cout << reicher(anton, berta).Name << " hat mehr Geld.\n";
  cout << "Anton: " << verdoppeln(anton).Saldo << endl;
  cout << reicher(verdoppeln(anton), berta).Name
       << " hat mehr Geld.\n";
  return 0;
}
```

Rückgabe einer Referenz

Resultat:



Übergabe eines Zeigers:

Man übergibt einen Zeiger auf ein Objekt (als Wert).

```
// Beispiel:
void square(int* px) {
  int y = *px * *px;
  *px = y;
}
```

```
int main() {
  int a = 5;
  square(&a);
  cout << a << '\n';
  return 0;
}
```

```
int main() {
  int a = 5, *pa;
  pa = &a;
  square(pa);
  cout << a << '\n';
  return 0;
}
```


Übergabe eines Zeigers

Funktionsaufruf:

Funktionsname(&Variablenname) ;

Variable = Funktionsname(&Variablenname) ;

```
int x = 5;
square(&x);
```

oder:

Funktionsname(Zeiger-auf-Variable) ;

Variable = Funktionsname(Zeiger-auf-Variable) ;

```
int x = 5, *px;
px = &x;
square(px);
```

Achtung!

Im Argument dürfen nur solche zusammengesetzten Ausdrücke stehen, die legale Zeigerarithmetik darstellen: z.B. `(px + 4)`

Übergabe eines Zeigers:

```
void tausche_p(int* pu, int* pv) {
  int h = *pu;
  *pu = *pv;
  *pv = h;
  std::cout << "Fkt.: " << *pu << " " << *pv << std::endl;
}
int main() {
  int a = 3, b = 11;
  std::cout << "main: " << a << " " << b << std::endl;
  tausche_p(&a, &b);
  std::cout << "main: " << a << " " << b << std::endl;
}
```

Ausgabe:
```
main: 3 11
Fkt.: 11 3
main: 11 3
```
⇒ funktioniert, da Übergabe von Zeigern!

Zeigerparameter

```
void reset(int *ip) {
  *ip = 0; // ändert Wert des Objektes, auf den ip zeigt
  ip = 0;  // ändert lokalen Wert von ip, Argument unverändert
}
```

```
int main() {
  int i = 10;
  int *p = &i;
  cout << &i << ": " << *p << endl;
  reset(p);
  cout << &i << ": " << *p << endl;
  return 0;
}
```

Ausgabe:

```
0012FEDC: 10
0012FEDC: 0
```

Also:

Zeiger werden als Kopie übergeben (als Wert)

Rückgabe eines Zeigers

```
struct KontoT {
  char Name[20];
  float Saldo;
};
```

```
const KontoT *reicher(const KontoT *k1, const KontoT *k2) {
  if (k1->Saldo > k2->Saldo) return k1;
  return k2;
}
```

```
// ...
KontoT anton = {"Anton", 64.0 }, berta = {"Berta", 100.0};
cout << reicher(&anton, &berta)->Name << " hat mehr Geld.\n";
// ...
```

Ausgabe:

```
Berta hat mehr Geld.
```


Rückgabe eines Zeigers

ACHTUNG:

Niemals Zeiger auf lokales Objekt zurückgeben!

```
const KontoT *verdoppeln(const KontoT *konto) {
  KontoT lokalesKonto = *konto;
  lokalesKonto.Saldo += konto->Saldo;
  return &lokalesKonto;
}
```

⇒ nach Verlassen der Funktion wird der Speicher von `lokalesKonto` freigegeben

⇒ Adresse von `lokalesKonto` ungültig

⇒ zurückgegebener Zeiger zeigt auf ungültiges Objekt

⇒ kann funktionieren, muss aber nicht ⇒ **undefiniertes Verhalten!**

Übergabe von Arrays:

Zur Erinnerung:

Name eines Arrays wird **wie** Zeiger auf einen festen Speicherplatz behandelt!

Soeben gesehen: mit Zeigern verändert man Originalwerte.

Also werden **Arrays nicht als Kopien** übergeben.

```
void inkrement(int b[]) {
  int k;
  for (k = 0; k < 5; k++) b[k]++;
}
```

Vorsicht! Gefährliche Implementierung!

```
int main() {
  int i, a[] = { 2, 4, 6, 8, 10 };
  inkrement(a);
  for (i = 0; i < 5; i++) std::cout << a[i] << "\n";
}
```

Übergabe von Arrays:

Merke:

Ein Array sollte immer mit Bereichsgrenzen übergeben werden!

Sonst Gefahr der Bereichsüberschreitung

⇒ Inkonsistente Daten oder Speicherverletzung mit Absturz!

```
void inkrement(const unsigned int n, int b[]) {
  int k;
  for (k = 0; k < n; k++) b[k]++;
}
```

```
int main() {
  int i, a[] = { 2, 4, 6, 8, 10 };
  inkrement(5, a);
  for (i = 0; i < 5; i++) std::cout << a[i] << "\n";
}
```


Übergabe eines Arrays:

Bauplan der Funktionsdefinition:

```
void Funktionsname(Datentyp Arrayname[]) {
  // Anweisungen
}

Datentyp Funktionsname(Datentyp Arrayname[]) {
  // Anweisungen
  return Rückgabewert;
}
```

Achtung!

Angabe der eckigen Klammern `[]` ist zwingend erforderlich!

Übergabe eines Arrays

Funktionsaufruf:

Funktionsname(Arrayname) ;

Variable = Funktionsname(Arrayname) ;

```
int a[] = { 1, 2 };
inkrement(2, a);
```

oder:

Funktionsname(&Arrayname[0]) ;

Variable = Funktionsname(&Arrayname[0]) ;

```
int a[] = { 1, 2 };
inkrement(2, &a[0]);
```

Tatsächlich: Übergabe des Arrays mit Zeigern!

Übergabe eines Arrays als Zeiger:

```
void Fkt (Datentyp *Arrayname) {
  // …
}
```

Achtung! Legale Syntax, aber irreführend:

```
void druckeWerte(const int ia[10]) {
  int i;
  for (i=0; i < 10; i++)
    cout << i << endl;
}
```

Programmier ging davon aus, dass Array `ia` 10 Elemente hat!

Aber: fataler Irrtum!

Compiler ignoriert die Größenangabe!