



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





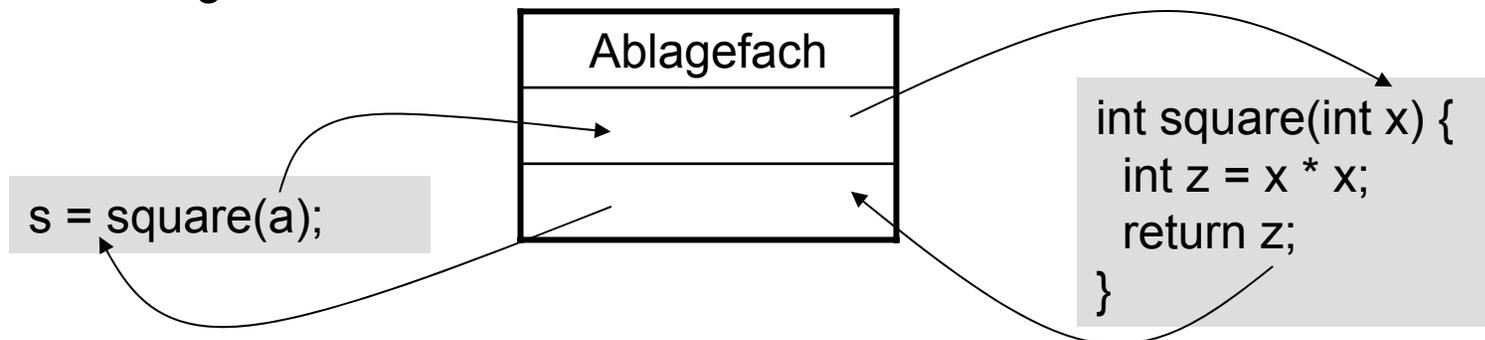
## Inhalt

- Funktionen
    - mit / ohne Parameter
    - mit / ohne Rückgabewerte
  - Übergabemechanismen
    - Übergabe eines Wertes
    - Übergabe einer Referenz
    - Übergabe eines Zeigers
  - Programmieren mit Funktionen → anschließend
- }
- } heute



## 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;  
}
```

Name	Adresse
a	27500
x	27500

Adresse

27500

Speicher

5

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.**



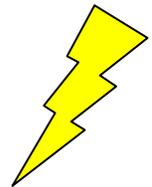
### Rückgabe einer Referenz

#### 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:

```
C:\> d:\code\cini\debug\Funktionen.exe
64 100
Berta hat mehr Geld.
Anton: 128
-1.07374e+008 100
Berta hat mehr Geld.
```

← noch kein Fehler sichtbar ...

← fataler Fehler!



## 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]++;
}
```

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

**Vorsicht! Gefährliche Implementierung!**



### 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!