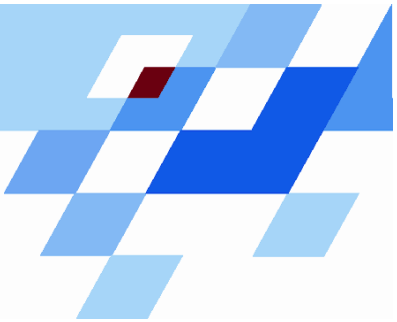
UNIVERSITÄT DORTMUND



Wintersemester 2007/08

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

- Zeiger
- Zeigerarithmetik

Caveat!

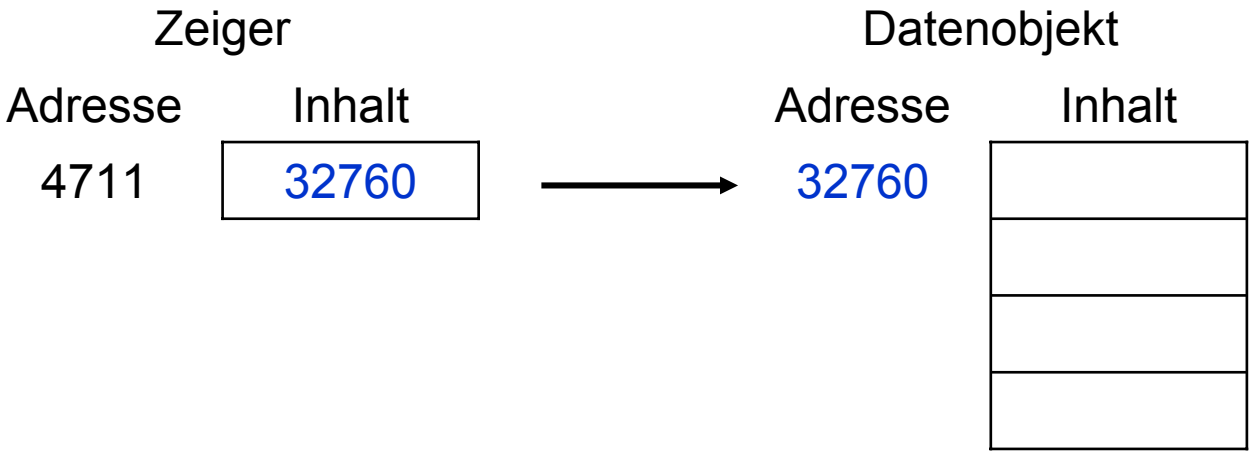
- Fehlermöglichkeiten immens groß!
- Falsch gesetzte Zeiger $\Rightarrow$ Programm- und zuweilen Rechnerabstürze!

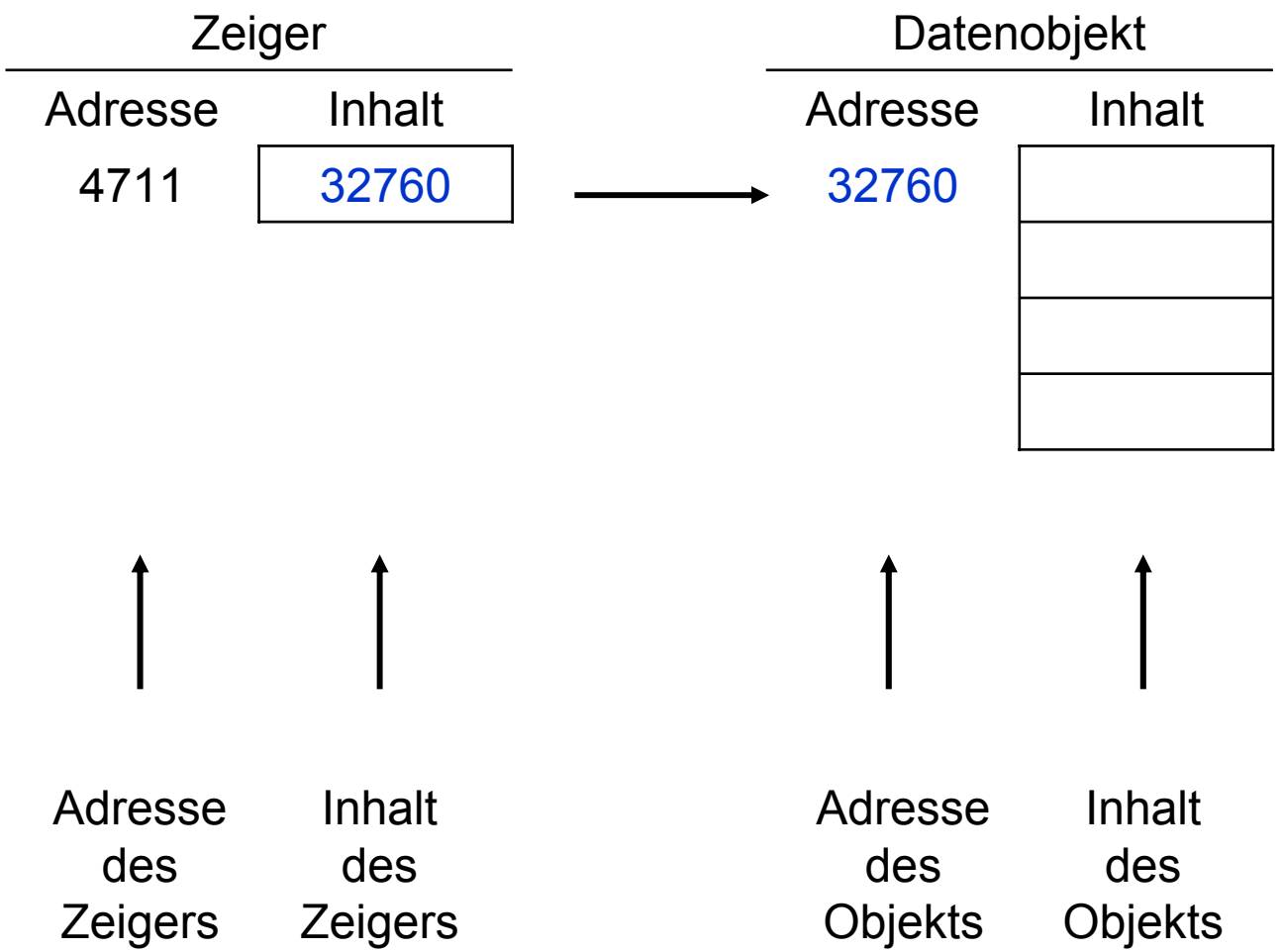
Aber:

- Machtvolles Konzept!
- Deshalb genaues Verständnis unvermeidlich!
- Dazu müssen wir etwas ausholen ...

Kapitel 4: Zeiger

- Speicherplätzen sind fortlaufende Nummern (= Adressen) zugeordnet
- Datentyp legt Größe eines Datenobjektes fest
- Lage eines Datenobjektes im Speicher bestimmt durch Anfangsadresse
- **Zeiger** = Datenobjekt mit Inhalt (4 Byte)
- Inhalt interpretiert als Adresse eines **anderen** Datenobjektes

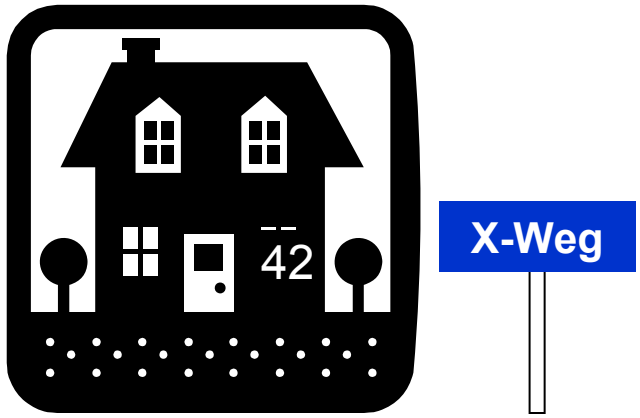



Zeiger
Adresse
Inhalt
4711
32760
Datenobjekt
Adresse
Inhalt
32760
Adresse des Zeigers
Inhalt des Zeigers
Adresse des Objekts
Inhalt des Objekts

Beispiel: Visitenkarte

Hugo Hase

X-Weg 42



Zeiger

Inhalt: Adresse X-Weg 42

Objekt

Inhalt: Hugo Hase

Zeiger: Wofür?

- Zeiger weiterreichen einfacher als Datenobjekt weiterreichen
- Zeiger verschieben einfacher / effizienter als Datenobjekt verschieben
- etc.

Datendefinition

Datentyp *****Bezeichner;

→ reserviert 4 Byte für einen Zeiger, der auf ein Datenobjekt vom Typ des angegebenen Datentyps verweist

Beispiel

- `double Umsatz;` ⟵ „Herkömmliche“ Variable vom Type **`double`**
  `double *pUmsatz;` ⟵ Zeiger auf Datentyp **`double`**

Was passiert genau?

`double Umsatz;`	reserviert 8 Byte für Datentyp **`double`**; symbolischer Name: **`Umsatz`**; Rechner kennt jetzt Adresse des Datenobjektes
`double *pUmsatz;`	reserviert 4 Byte für einen Zeiger, der auf ein Datenobjekt vom Type **`double`** zeigen kann; symbolischer Name: **`pUmsatz`**
`Umsatz = 122542.12;`	Speicherung des Wertes **`122542.12`** an Speicherort mit symbolischer Adresse **`Umsatz`**
`pUmsatz = &Umsatz;`	holt Adresse des Datenobjektes, das an symbolischer Adresse **`Umsatz`** gespeichert ist; speichert Adresse in **`pUmsatz`**
`*pUmsatz = 125000.;`	indirekte Wertzuweisung: Wert **`125000.`** wird als Inhalt an den Speicherort gelegt, auf den **`pUmsatz`** zeigt

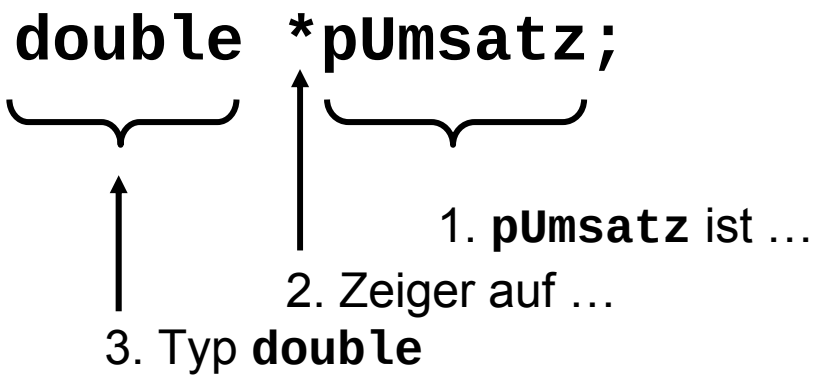
Zwei Operatoren: * und &

- *-Operator:
  - mit Datentyp: Erzeugung eines Zeigers `double *pUmsatz;`
  - mit Variable: Inhalt des Ortes, an den Zeiger zeigt `*pUmsatz = 10.24;`
- &-Operator:

  ermittelt Adresse des Datenobjektes `pUmsatz = &Umsatz;`

Wie interpretiert man Datendefinition richtig?

Man lese von rechts nach links!



Initialisierung

Sei bereits **`double Umsatz;`** vorhanden:

```
double *pUmsatz = &Umsatz;
```

oder

```
int *pINT = NULL;
```

oder

```
int *pINT = 0;
```

Nullpointer!
Symbolisiert Adresse,
auf der **niemals** ein Datenobjekt liegt!

Verwendung Nullzeiger: Zeiger zeigt auf Nichts! Er ist „leer“!

Beispiele:

```
double a = 4.0, b = 5.0, c;
c = a + b;
double *pa = &a, *pb = &b, *pc = &c;
*pc = *pa + *pb;
```

```
double x = 10.;

double y = *&x;
```

Typischer Fehler

- ```
  double *widerstand;
  *widerstand = 120.5;
  ```

  Dem Zeiger wurde keine Adresse zugewiesen!

  Er zeigt also irgendwo hin:

  a) Falls in geschützten Speicher, dann **Abbruch** wg. Speicherverletzung! ☺

  b) Falls in nicht geschützten Speicher, dann Veränderung anderer Daten!
  Folge: Seltsames Programmverhalten! Schwer zu erkennender Fehler! ☹
  ```

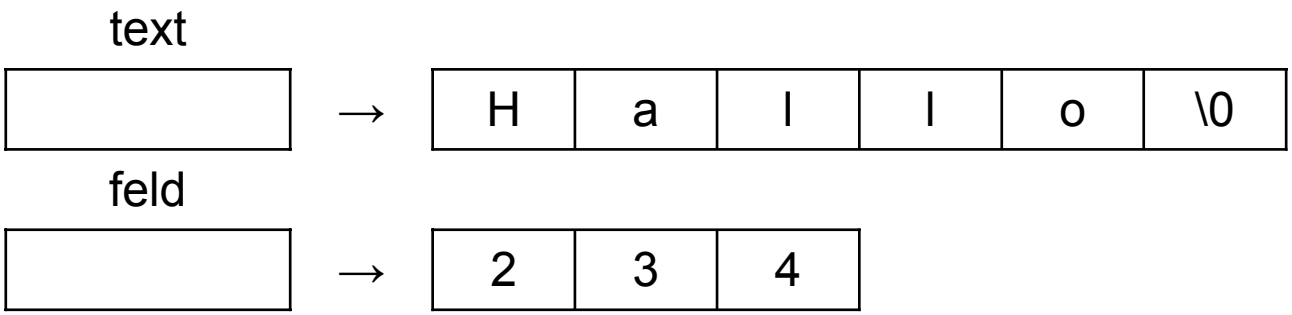
Unterscheidung

- **Konstante Zeiger**

```
char *text = “Hallo“;
int feld[] = { 2, 3, 4 };
```

zeigt auf feste Adresse im Speicher,
auf die Programmierer nicht verändernd zugreifen kann!

Aber: Es gibt Compiler-spezifische Unterschiede!




```
int *const cpFeld = feld;
```

v.r.n.l.: **cpFeld** ist **const**anter Zeiger auf Datentyp **int**

Exkurs: const Qualifizierer

Schlüsselwort **`const`** gibt an, dass Werte nicht verändert werden können!

Leider gibt es 2 Schreibweisen:

```
const int a = 1;
```

identisch zu

```
int const a = 1;
```

⇒ konstanter Integer

⇒ da Konstanten kein Wert zuweisbar, Wertbelegung bei Initialisierung!

verschiedene Schreibweisen können zu Verwirrungen führen …

(besonders bei **Zeigern** !)

⇒ am besten konsistent bei einer Schreibweise bleiben!

Exkurs: const Qualifizierer

Fragen:

1. Was ist konstant?
2. Wo kommt das Schlüsselwort **`const`** hin?

```
char* s1              = "Zeiger auf char";

char const* s2        = "Zeiger auf konstante char";

char* const s3        = "Konstanter Zeiger auf char";

char const* const s4 = "Konstanter Zeiger auf konstante char";
```

Sinnvolle Konvention / Schreibweise:

Konstant ist, was **vor** dem Schlüsselwort **`const`** steht!

⇒ Interpretation der Datendefinition / Initialisierung von rechts nach links!

Exkurs: const Qualifizierer

	Zeiger	Inhalt
`char* s1 = "1";`	V	V
`char const* s2 = "2";`	V	K
`char* const s3 = "3";`	K	V
`char const* const s4 = "4";`	K	K

V: veränderlich

K: konstant

```
*s1 = 'a';
*s2 = 'b';    // Fehler: Inhalt nicht veränderbar
*s3 = 'c';
*s4 = 'd';    // Fehler: Inhalt nicht veränderbar
```

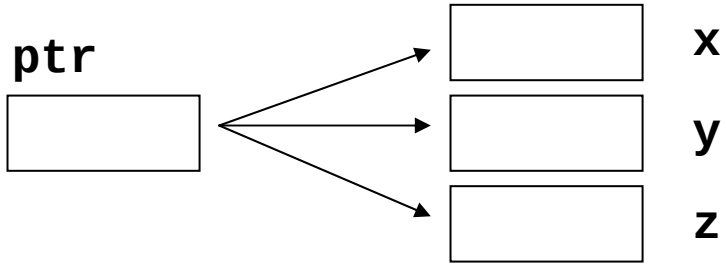
```
char* s0 = "0";
s1 = s0;
s2 = s0;
s3 = s0;      // Fehler: Zeiger nicht veränderbar
s4 = s0;      // Fehler: Zeiger nicht veränderbar
```

Unterscheidung

- **Veränderliche Zeiger**

```
double x = 2.0, y = 3.0, z = 7.0, s = 0.0, *ptr;
ptr = &x;
s += *ptr;
ptr = &y;
s += *ptr;
ptr = &z;
s += *ptr;
```

ptr nimmt nacheinander verschiedene Werte (Adressen) an
s hat am Ende den Wert 12.0



Zeigerarithmetik

Sei **`T`** ein beliebiger Datentyp in der Datendefinition **`T *ptr;`**

und **`ptr`** ein Zeiger auf ein Feldelement eines Arrays von Typ **`T`**

Dann bedeutet:

`ptr = ptr + 1;` oder **`++ptr;`**

dass der Zeiger **`ptr`** auf das nächste Feldelement zeigt.

Analog:

`ptr = ptr – 1;` oder **`--ptr;`**

Zeiger **`ptr`** zeigt dann auf das vorherige Feldelement

Zeigerarithmetik

Achtung:

```
T val;
T *ptr = &val;
ptr = ptr + 2;
```

In der letzten Zeile werden **nicht** 2 Byte zu **`ptr`** hinzugezählt,

sondern 2 mal die Speichergröße des Typs **`T`**.

Das wird auch dann durchgeführt wenn **`ptr`** nicht auf Array zeigt.

Zeigerarithmetik

```
int a[] = { 100, 110, 120, 130 }, *pa, sum = 0;

pa = &a[0];

sum += *pa + *(pa + 1) + *(pa + 2) + *(pa + 3);
```

```
struct KundeT {
  double umsatz;
  float skonto;
};

KundeT Kunde[5], *pKunde;
pKunde = &Kunde[0];
int i = 3;

*pKunde = *(pKunde + i);
```

Größe des Datentyps **KundeT**:

8 + 4 = 12 Byte

Sei **pKunde == 10000**

Dann **(pKunde + i) == 10036**

Zeigerarithmetik

```
char *quelle = “Ich bin eine Zeichenkette“;
char ziel[100] , *pz;

// Länge der Zeichenkette
char *pq = quelle;
while (*pq != ‘\0‘) pq++;
int len = pq – quelle;

if (len < 100) {
  // Kopieren der Zeichenkette
  pq = quelle;
  pz = ziel;
  while (*pq != ‘\0‘) {
    *pz = *pq;
    pz++; pq++;
  }
}
*pz = ‘\0‘;
```

Kommentar

Kommentar

Das geht „kompakter“!

später!

Zeiger auf Datenverbund (struct)

```
struct punktT { int x , y; };
punktT punkt[1000];
punktT *ptr = punkt;
```

```
punkt[0].x = 10;
punkt[2].x = 20;
punkt[k].x = 100;
```

⇔

```
 ptr->x = 10;
(ptr + 2)->x = 20;
(ptr + k)->x = 100;
```

`(*ptr).x` ist identisch zu `ptr->x`