

## U3 3. Übung

---

- Besprechung Aufgabe 1
- Pointer
- Register und Ports

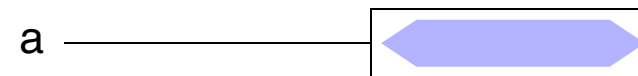
# U3-1 Zeiger

## 1 Einordnung

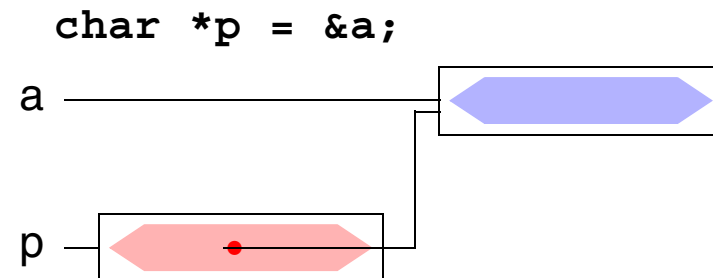
### ■ Konstante:

'a'  $\equiv$  0110 0001

### ■ Variable:



### ■ Zeiger-Variable (Pointer):



## 2 Definition von Zeigervariablen

---

■ Syntax:

```
Typ *Name ;
```

## 3 Adressoperatoren

---

▲ Adressoperator &

&x              Referenz

▲ Verweisoperator \*

\*x              Dereferenzierung

## 4 Beispiele

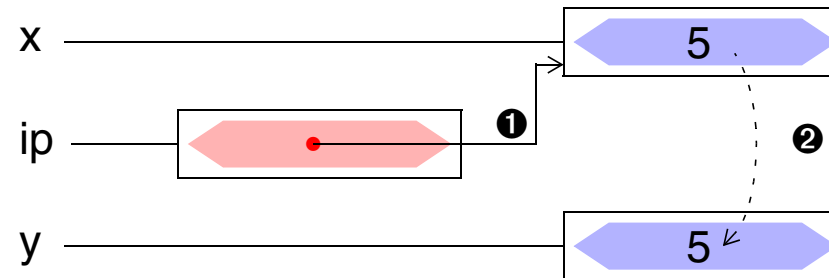
```
int x = 5;
```

```
int *ip;
```

```
int y;
```

```
ip = &x; ❶
```

```
y = *ip; ❷
```



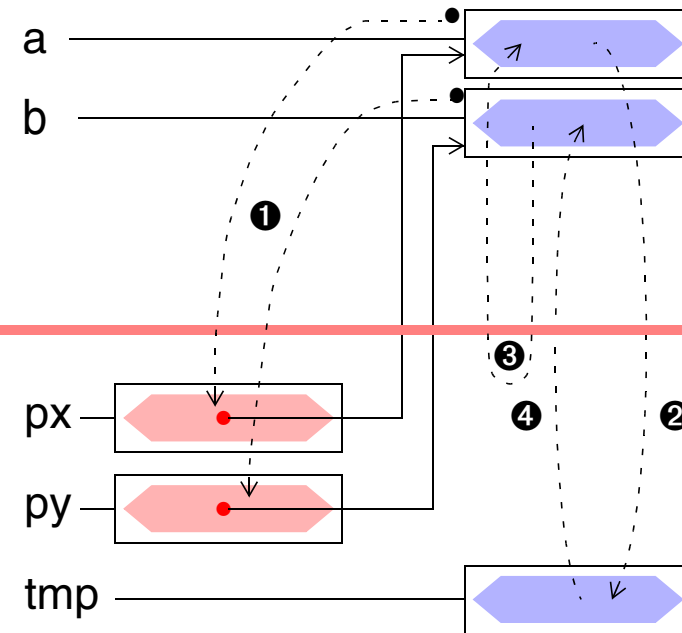
## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

### ■ Beispiel:

```
void swap (int *, int *);
main(void) {
    int a, b;
    ...
    swap(&a, &b); ❶
}
```

```
void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

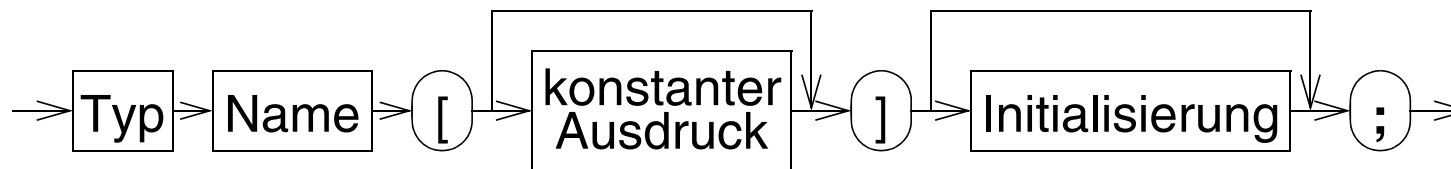
    tmp = *px; ❷
    *px = *py; ❸
    *py = tmp; ❹
}
```



# U3-2 Felder

## 1 Eindimensionale Felder

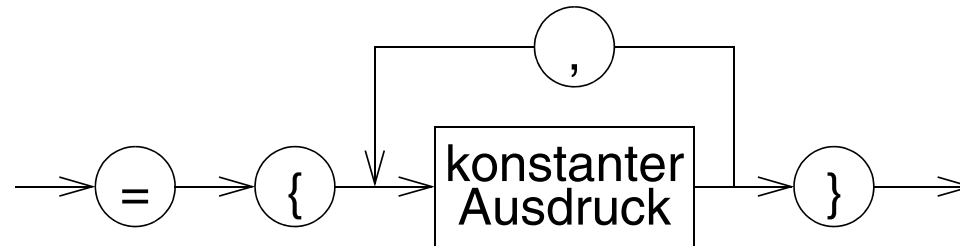
- Gleicher Typ
- Anzahl kann nicht mehr geändert werden
- der Zugriff durch **Index**, beginnend bei Null
- Definition eines Feldes



- Beispiele:

```
int x[5];
double f[20];
```

## 2 Initialisierung eines Feldes



### ■ Beispiel

```
int prim[4] = {2, 3, 5, 7};
char name[5] = {'0', 't', 't', 'o', '\0'};
```

◆ Nicht initialisierte Elemente werden mit 0 initialisiert.

### ■ Automatische Größe

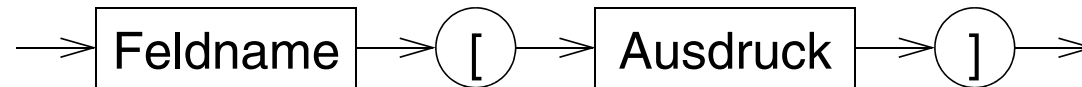
```
int prim[] = {2, 3, 5, 7};
char name[] = {'0', 't', 't', 'o', '\0'};
```

### ■ **char:** Initialisierung durch Strings.

```
char name1[5] = "Otto"; // {'0', 't', 't', 'o', '\0'};
char name2[] = "Otto";
```

### 3 Zugriffe auf Feldelemente

#### ■ Indizierung:



wobei:  $0 \leq \text{Wert}(\text{Ausdruck}) < \text{Feldgröße}$

#### ■ Beispiele:

```

prim[0] == 2
prim[1] == 3
name[1] == 't'
name[4] == '\0'

```

#### ■ Beispiel Vektoraddition:

```

float v1[4], v2[4], sum[4];
int i;
...
for ( i=0; i < 4; i++ )
    sum[i] = v1[i] + v2[i];
for ( i=0; i < 4; i++ )
    printf("sum[%d] = %f\n", i, sum[i]);

```



## U3-3 Zeiger und Felder

- Variable zeigt immer auf das erste Feld
- Wert kann nicht geändert werden
- es gilt:

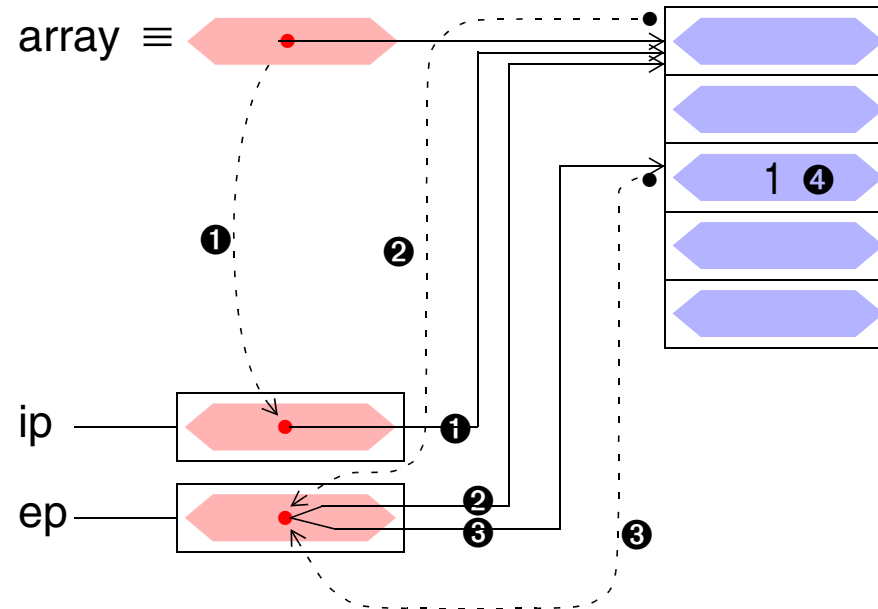
```
int array[5];

int *ip = array; ①

int *ep;
ep = &array[0]; ②

ep = &array[2]; ③

*ep = 1; ④
```



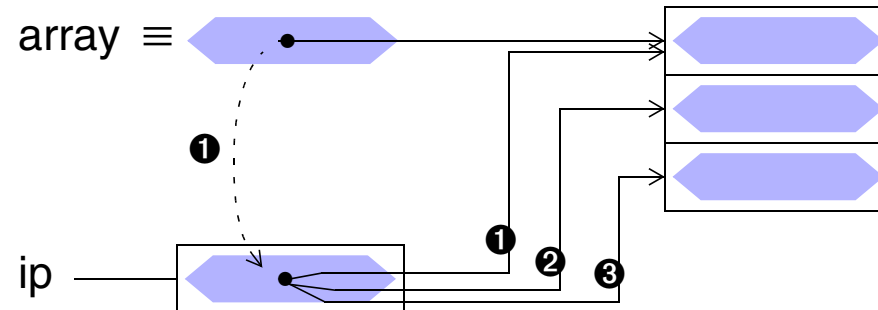
# 1 Arithmetik mit Adressen

- ++ -Operator: Inkrement = nächstes Objekt

```
int array[3];
int *ip = array; ❶
```

```
ip++; ❷
```

```
ip++; ❸
```



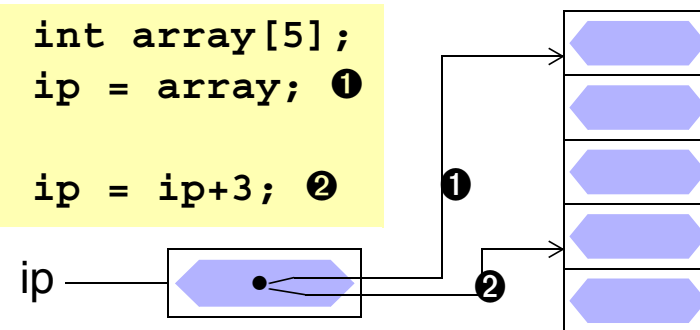
- -- -Operator: Dekrement = vorheriges Objekt

- +, -

Größe des Objekttyps  
berücksichtigt!

```
int array[5];
ip = array; ❶
```

```
ip = ip+3; ❷
```



## 2 Vorrangregeln bei Operatoren

Operatorklasse	Operatoren	Assoziativität
primär	<b>() Funktionsaufruf</b> <b>[]</b>	von links nach rechts
unär	<b>! ~ ++ -- + - * &amp;</b>	von rechts nach links
multiplikativ	<b>* / %</b>	von links nach rechts
...		

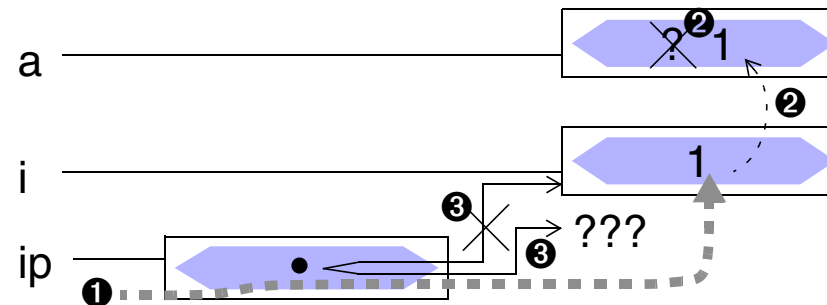
## 3 Beispiele

```
int a, i, *ip;
i = 1;
ip = &i;
```

```
a = *ip++;
```

(1) a = \*ip++;

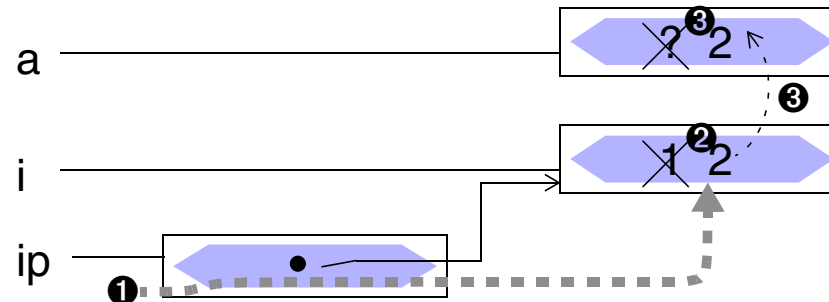
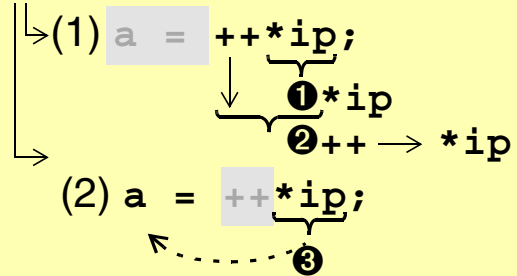
(2) a = \*ip++;



### 3 Beispiele (2)

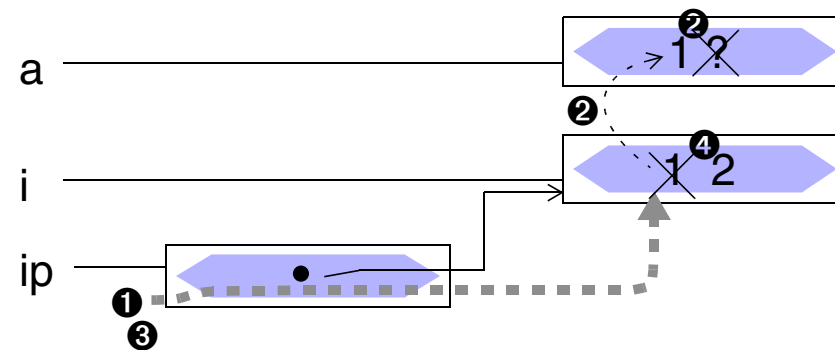
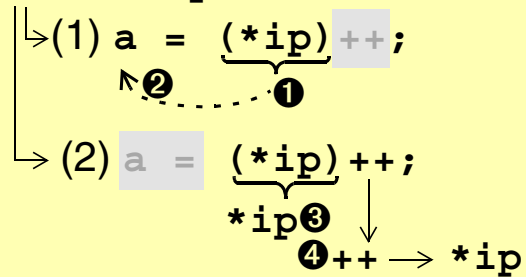
```
int a, i, *ip;
i = 1;
ip = &i;
```

```
a = ++*ip;
```



```
int a, i, *ip;
i = 1;
ip = &i;
```

```
a = (*ip)++;
```



## 4 Zeigerarithmetik und Felder

■ Ein Feldname ist eine Konstante, für die Adresse des Feldanfangs

➔ Feldname ist ein ganz normaler Zeiger

➤ Operatoren für Zeiger anwendbar ( \*, [ ] )

➔ aber keine Variable → keine Modifikationen erlaubt

➤ keine Zuweisung, kein ++, --, +=, ...

■ es gilt:

```
int array[5]; /* → array ist Konstante für den Wert &array[0] */
int *ip = array; /* ≡ int *ip = &array[0] */
int *ep;
```

/\* Folgende Zuweisungen sind äquivalent \*/

```
array[i] = 1;
```

```
ip[i] = 1;
```

```
*(ip+i) = 1;      /* Vorrang ! */
```

```
*(array+i) = 1;
```

```
ep = &array[i]; *ep = 1;
```


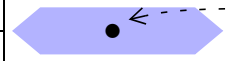
```
ep = array+i; *ep = 1;
```

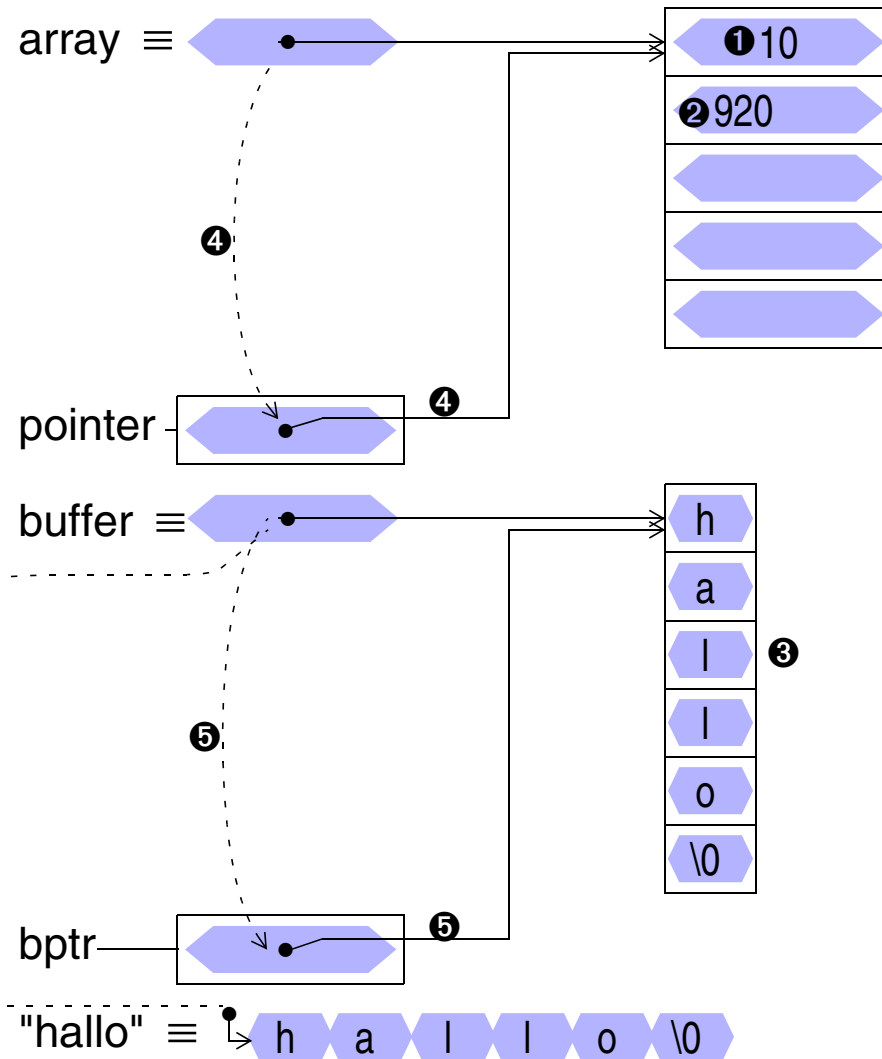
## 4 Zeigerarithmetik und Felder

```
int array[5];
int *pointer;
char buffer[6];
char *bptr;
```

```
❶ array[0] = 10;
❷ array[1] = 920;
❸ strcpy(buffer, "hallo");
❹ pointer = array;
❺ bptr = buffer;
```

Formale Parameter  
der Funktion strcpy

ziel —   
 quelle — 



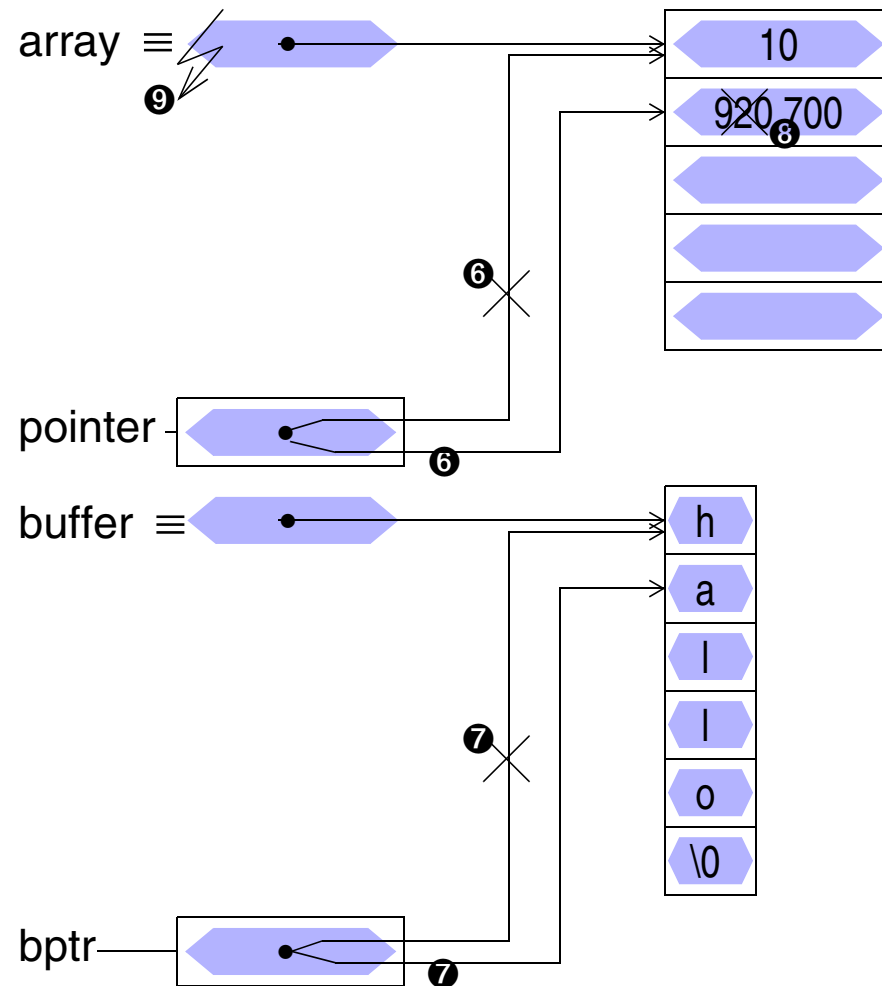
## 4 Zeigerarithmetik und Felder

```
int array[5];
int *pointer;
char buffer[6];
char *bptr;
```

```
① array[0] = 10;
② array[1] = 920;
③ strcpy(buffer, "hallo");
④ pointer = array;
⑤ bptr = buffer;
```

```
⑥ pointer++;
⑦ bptr++;
⑧ *pointer = 700;
```

```
⑨ array++;
```



## 5 Vergleichsoperatoren und Adressen

---

### ■ Vergleich von Zeigern

<	kleiner
<=	kleiner gleich
>	größer
>=	größer gleich
==	gleich
!=	ungleich



## U3-4 Eindimensionale Felder als Funktionsparameter

---

- ganze Felder können in C **nicht *by-value*** übergeben werden
- Verwendung von Zeigern
- bei der Deklaration des formalen Parameters wird die Feldgröße weggelassen
  - Größe "bekannt"
  - ggf. Größe mit einem extra Parameter übergeben
  - Strings enden mit \0

## U3-4 Eindimensionale Felder als Funktionsparameter (2)

■ Beispiel:

```
int func(int p1, int p2[], int p3);  
oder:  
int func(int p1, int *p2, int p3);  
...  
int a, b;  
int feld[20];  
func(a, feld, b);
```

- die Parameter-Deklarationen `int p2 []` und `int *p2` sind vollkommen äquivalent!

## U3-5 Dynamische Speicherverwaltung

- Feldgröße nicht änderbar
- Lösung: `malloc()`
  - Zeiger auf den Anfang des Speicherbereichs
  - Zeiger kann danach wie ein Feld verwendet werden ( `[]` -Operator)
- `void *malloc(size_t size)`

```
int *feld;
int groesse;
...
feld = (int *) malloc(groesse * sizeof(int));
if (feld == NULL) {
    perror("malloc feld");
    exit(1);
}
for (i=0; i<groesse; i++) { feld[i] = 8; }
...
```

**cast-Operator** (points to `(int *)`)

**sizeof-Operator** (points to `sizeof(int)`)

## U3-5 Dynamische Speicherverwaltung (2)

---

- Speicher muss wieder frei gegeben werden

- `void free(void *ptr)`

```
double *dfeld;  
int groesse;  
...  
dfeld = (double *) malloc(groesse * sizeof(double));  
...  
free(dfeld);
```

# U3-6 Explizite Typumwandlung — Cast-Operator

- C kann automatisch umwandeln (vgl. Abschnitt D.5.10)

Beispiel:

```
int i = 5;
float f = 0.2;
double d;
```

$d = (i * f);$

→float  
→double

- Aber nicht immer (so wie man will)

◆ Syntax:

**(Typ) Variable**

Beispiele:

```
(int) a
(float) b
```

```
(int *) a
(char *) a
```

◆ Beispiel:

```
feld = (int *) malloc(groesse * sizeof(int));
```

malloc liefert Ergebnis vom Typ (void \*)

cast-Operator macht daraus den Typ (int \*)

## U3-7 sizeof-Operator

- Bestimmung der Größe einer Variablen / Struktur

- Syntax:

`sizeof x` liefert die Größe des Objekts `x` in Bytes

`sizeof (Typ)` liefert die Größe eines Objekts vom Typ `Typ` in Bytes

- Das Ergebnis ist vom Typ `size_t` ( $\equiv$  `int`)  
(`#include <stddef.h>!`)

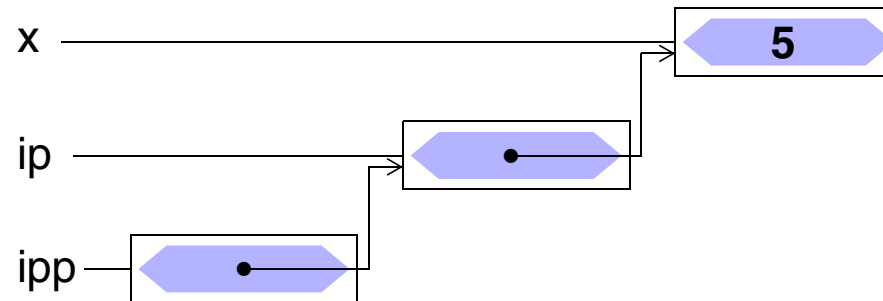
- Beispiel:

```
int a; size_t b;  
b = sizeof a;          /*  $\Rightarrow$  b = 2 oder b = 4 */  
b = sizeof(double)     /*  $\Rightarrow$  b = 8 */
```

## U3-8 Zeiger auf Zeiger

- ein Zeiger kann auf eine Variable verweisen, die ihrerseits ein Zeiger ist

```
int x = 5;  
int *ip = &x;  
  
int **ipp = &ip;  
/* → **ipp = 5 */
```



# U3-9 Felder von Zeigern

- Auch von Zeigern können Felder gebildet werden

- Deklaration

```
int *pfeld[5];
int i = 1;
int j;
```

- Zugriffe auf einen Zeiger des Feldes

```
pfeld[3] = &i; ②
```

①

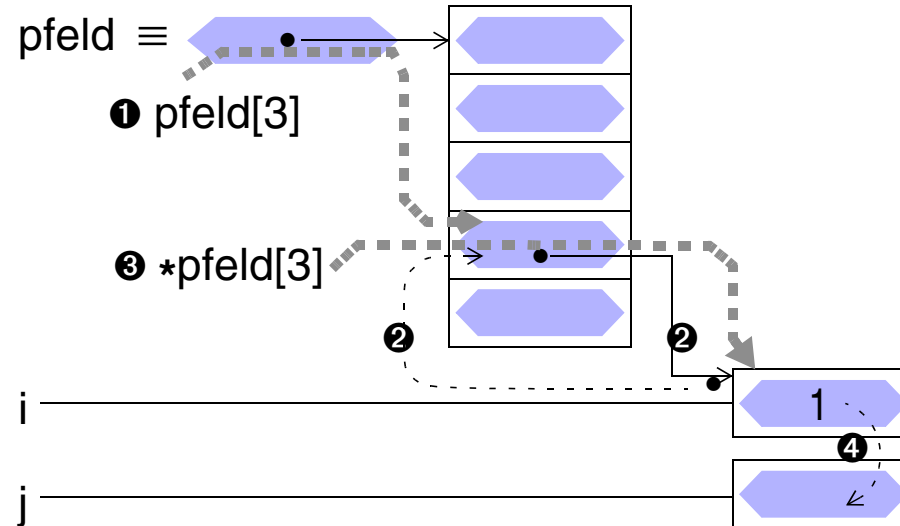
- Zugriffe auf das Objekt, auf das ein Zeiger des Feldes verweist

```
j = *pfeld[3]; ④
```

①

③

④





## U3-10 Zeiger auf Funktionen

- Datentyp: Zeiger auf Funktion
- Variablendef.: *<Rückgabetyp> (\*<Variablenname>) (<Parameter>);*

```
int (*fptr)(int, char*);

int test1(int a, char *s) {
    return printf("1: %d %s\n", a, s); }

int test2(int a, char *s) {
    return printf("2: %s %d\n", s, a); }

fptr = test1;

fptr(42, "hallo"); // "1: 42 hallo\n"

fptr = test2;

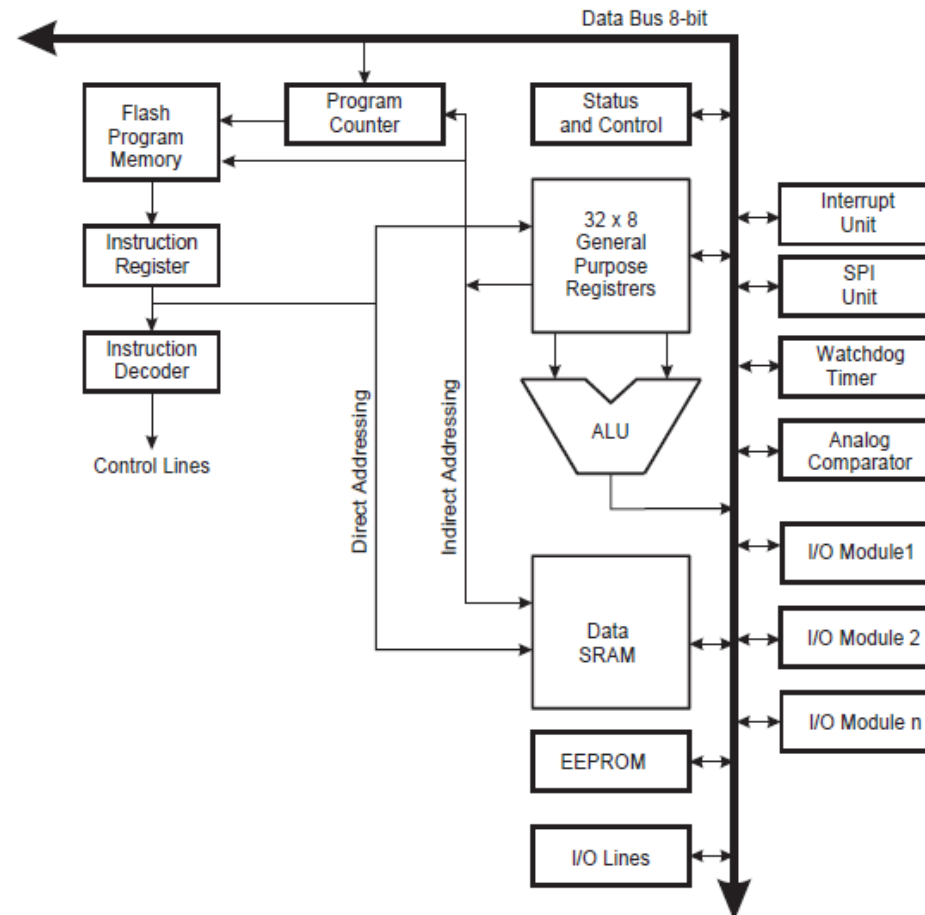
fptr(42, "hallo"); // "2: hallo 42\n"
```

## U3-11 Register beim AVR- $\mu$ C

- Beim AVR- $\mu$ C sind die Register
  - ◆ in den Speicher eingebettet
  - ◆ am Anfang des Adressbereichs angeordnet
- Adressen sind der Dokumentation zu entnehmen
- vollständige Dokumentation für "unseren" Mikrokontroller ATmega32:  
[http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS09/V\\_SPIC/Uebung/doc/mega32.pdf](http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS09/V_SPIC/Uebung/doc/mega32.pdf)
- Für die Aufgaben benötigte Register sind auf den Folien erwähnt
- Die Bibliothek (avr-libc), die wir verwenden, definiert bereits sinnvolle Makros für alle Register des AVR  $\mu$ C  
(`#include <avr/io.h>`)

# 1 Funktionsweise von Registern

- Register sind über den Daten-Bus angebunden
- Jedes Register hat eine vorgegebene Speicheradresse. Es kann wie "normaler" Speicher gelesen und geschrieben werden



## 2 Makros für Register-Zugriffe

- Makros mit aussagekräftigen Namen können den Umgang mit Registern deutlich vereinfachen

- Beispiel:

◆ Makro für Register an Adresse 0x3b (PORTA beim ATmega32):

```
#define PORTA (*(volatile uint8_t *)0x3b)
```

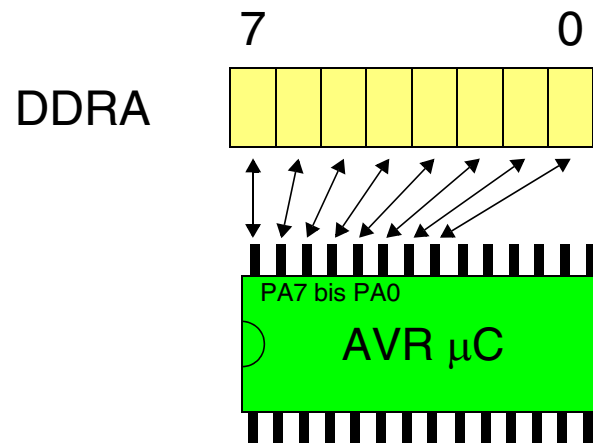
◆ Verwenden dieses Registers:

```
volatile uint8_t *portPtr = &PORTA;
PORTA = 0;                /* schreibender Zugriff */
...
if (PORTA == 0x04)        /* lesender Zugriff */
    PORTA &= ~4;          /* lesender und schreibender Zugriff */
*portPtr |= 1;            /* Zugriff über Zeiger */
```

- Das `volatile`-Schlüsselwort wird später erläutert, im Moment ist es bei sämtlichen Zugriffen auf Hardwareregister zu verwenden.

## U3-12 I/O-Ports des AVR- $\mu$ C

- Jeder I/O-Port des AVR- $\mu$ C wird durch drei 8-bit Register gesteuert:
  - ◆ Datenrichtungsregister ( $DDR_x$  = data direction register)
  - ◆ Datenregister ( $PORT_x$ )
  - ◆ Port Eingabe Register ( $PIN_x$  = port input register, nur-lesbar)
- Jedem Anschluss-Pin ist ein Bit in jedem der 3 Register zugeordnet
  - Beispiel: DDR von Port A:



# 1 I/O-Port-Register

- **DDRx**: hier konfiguriert man einen Pin  $i$  von Port  $x$  als Ein- oder Ausgang
  - Bit  $i = 1 \rightarrow$  Pin  $i$  als **Ausgang** verwenden
  - Bit  $i = 0 \rightarrow$  Pin  $i$  als **Eingang** verwenden
- **PORTx**: Auswirkung abhängig von **DDRx**:
  - ◆ ist Pin  $i$  als **Ausgang** konfiguriert, so steuert Bit  $i$  im **PORTx** Register ob am Pin  $i$  ein high- oder ein low-Pegel erzeugt werden soll
    - Bit  $i = 1 \rightarrow$  high-Pegel an Pin  $i$
    - Bit  $i = 0 \rightarrow$  low-Pegel an Pin  $i$
  - ◆ ist Pin  $i$  als **Eingang** konfiguriert, so kann man einen internen pull-up-Widerstand aktivieren
    - Bit  $i = 1 \rightarrow$  pull-up-Widerstand an Pin  $i$  (Pegel wird auf high gezogen)
    - Bit  $i = 0 \rightarrow$  Pin  $i$  als tri-state konfiguriert
- **PINx**: Bit  $i$  gibt den aktuellen Wert des Pin  $i$  von Port  $x$  an (nur lesbar)

## 2 Beispiel: Initialisierung eines Ports

- Pin 3 von Port B (PB3) als Ausgang konfigurieren und auf  $V_{CC}$  schalten:

```
DDRB |= 0x08; /* PB3 als Ausgang nutzen... */
PORTB |= 0x08; /* ...und auf 1 (=high) setzen */
```

- Pin 0 von Port D (PD0) als Eingang nutzen, pull-up-Widerstand aktivieren und prüfen ob ein low-Pegel anliegt:

```
DDRD &= ~0x01; /* PD0 als Eingang nutzen... */
PORTD |= 0x01; /* ...und den pull-up-Widerstand aktivieren */

if ( (PIND & 0x01) == 0 ) { /* den Zustand auslesen */
    /* ein low Pegel liegt an, der Taster ist gedrückt */
}
```

- Die Initialisierung der Hardware wird in der Regel **einmalig** zum Programmstart durchgeführt

## U3-13 Lebensdauer von Variablen

---

- Die Lebensdauer einer Variablen bestimmt, wie lange der Speicherplatz für die Variable aufgehoben wird
- Zwei Arten
  - ◆ statische (`static`) Variablen
    - Speicherplatz bleibt für die gesamte Programmausführungszeit reserviert
  - ◆ dynamische (`automatic`) Variablen
    - Speicherplatz wird bei Betreten eines Blocks reserviert und danach wieder freigegeben



## U3-13 Lebensdauer von Variablen (2)

### auto-Variablen

- Alle lokalen Variablen sind automatic-Variablen
  - der Speicher wird bei Betreten des Blocks / der Funktion reserviert und bei Verlassen wieder freigegeben
    - ➔ der Wert einer lokalen Variablen ist beim nächsten Betreten des Blocks nicht mehr sicher verfügbar!
- Lokale auto-Variablen können durch beliebige Ausdrücke initialisiert werden
  - die Initialisierung wird bei jedem Eintritt in den Block wiederholt
  - !!! wird eine auto-Variable nicht initialisiert, ist ihr Wert vor der ersten Zuweisung undefiniert (= irgendwas)**