13. Programmiersprache C (Fortsetzung)

13.10 Inkrement/Dekrement Operator

"++" und "--" sind unäre Operatoren zur Inkrementierung (hochzählen) und Dekrementierung (runterzählen) von ganzzahligen Variablen.

++i	*Pre-inkrement:*	i erst um 1 erhöhen und dann verwenden.
i++	*Post-inkrement:*	i erst verwenden und dann um 1 erhöhen.
--i	*Pre-dekrement:*	i erst um 1 erniedrigen und dann verwenden.
i--	*Post-dekrement:*	i erst verwenden und dann um 1 erniedrigen.

Beispiel:

```
int i=0, k=0, m=0, n=0;
printf("%2d %2d %2d %2d \n" ,++i, k++, --m, n--);
/*  druckt:  1  0 -1  0  */
printf("%2d %2d %2d %2d \n" ,i, k, m, n);
/*  druckt:  1  1 -1 -1 */
```

13.10 Inkrement/Dekrement Operator (Fortsetzung)

Die Position von "++" und "--" in der Vorrangtabelle ist noch vor den arithmetischen Operatoren "*" und "/" .

[ ] ( ) . ->	Auswertung von links nach rechts
! ~ ++ -- - (type) & *	Auswertung von rechts nach links
* / %	Auswertung von links nach rechts
+ - (binär)	Auswertung von links nach rechts
>> <<	Auswertung von links nach rechts
< <= > >=	Auswertung von links nach rechts
== !=	Auswertung von links nach rechts
	...
&&	Auswertung von links nach rechts
||	Auswertung von links nach rechts
?:	Auswertung von rechts nach links
= += -= *= etc.	Auswertung von rechts nach links
,	Auswertung von links nach rechts

13.11 Bedingte Ausdrücke

Wenn in if-Ausdrücken abhängig vom Vergleichsergebnis ein Wert zugewiesen wird, kann stattdessen kürzer die "*bedingte Bewertung*" verwendet werden.

Syntax:

Wert = Vergleichs*ausdruck* '?' *ausdruck1* ':' *ausdruck2*

Beispiel:

```
max = x>y ? x : y;
/*  ist gleichbedeutend mit  */
if (x>y) max = x;
else     max = y;
```

13.11 Bedingte Ausdrücke (Fortsetzung)

Die Position des "bedingten Ausdrucks" in der Vorrangtabelle ist sehr niedrig kurz vor der Zuweisung .

[ ] ( ) . ->	Auswertung von links nach rechts
! ~ ++ -- - (type) & *	Auswertung von rechts nach links
* / %	Auswertung von links nach rechts
+ - (binär)	Auswertung von links nach rechts
>> <<	Auswertung von links nach rechts
< <= > >=	Auswertung von links nach rechts
== !=	Auswertung von links nach rechts
	...
&&	Auswertung von links nach rechts
||	Auswertung von links nach rechts
?:	Auswertung von rechts nach links
= += -= *= etc.	Auswertung von rechts nach links
,	Auswertung von links nach rechts

13.12 Spezielle Zuweisungen

Häufig werden Ausdrücke der Art

Var = Var + 1

formuliert, d.h. Var ist auf beiden Seiten der Zuweisung.

Diese Ausdrücke lassen sich in C durch spezielle Zuweisungsoperatoren effizienter schreiben.

Var += 5	statt	Var = Var + 5
Var -= 5	statt	Var = Var - 5
Var *= 5	statt	Var = Var * 5
Var /= 5	statt	Var = Var / 5
Var %= 5	statt	Var = Var % 5

ÜBUNG: Spezielle Operatoren

Was wird duch folgendes Programm ausgegeben?
(C-Puzzle, kein ernsthafter Code)

```
int x=1, y=1, z=1;

/*--- 1 ---*/
x+=++y;
printf("x:%d   y:%d\n", x, y);

/*--- 2 ---*/
printf("z:%d\n", z+=x<y?y++:x++);
printf("x:%d   y:%d  z:%d \n", x, y, z);

/*--- 3 ---*/
x=z=1;
while(++z<4){
   printf("%d %d\n", x++, x++);
}
```

Fazit:

Zur Vermeidung sehr schwer verständlicher und schwer debugbarer Ausdrücke gilt:

- Increment/Decrement-Operatoren
- bedingte Ausdrücke und
- spezielle Zuweisungen

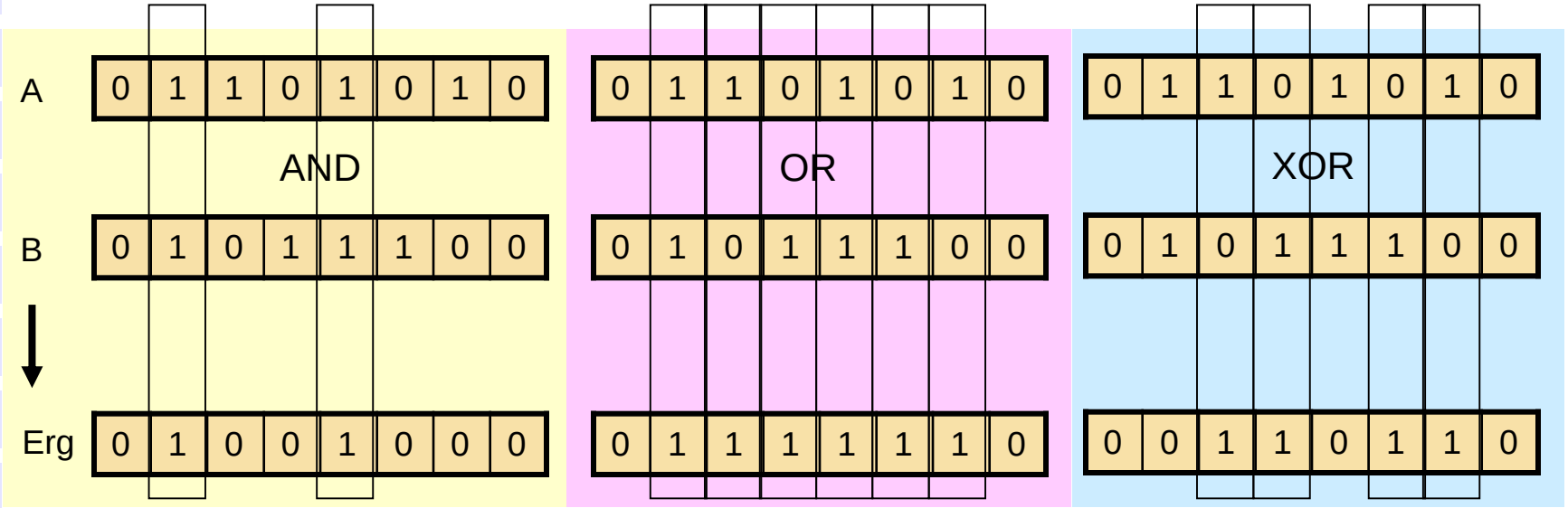
sollten nur sehr behutsam (verantwortungsbewußt) eingesetzt werden !

13.28 Bitoperationen

13.28.1 Bitoperationen AND, OR, XOR

AND = Ergebnis ist 1, wenn beide Operanden 1 sind.
OR = Ergebnis ist 1, sobald mindestens einer der beiden Operanden 1 ist.
XOR = Ergebnis ist 1, wenn genau einer der beiden Operanden 1 ist.

```
unsigned char  A, B, Erg;
```




```
Erg = A & B;
```

```
Erg = A | B;
```

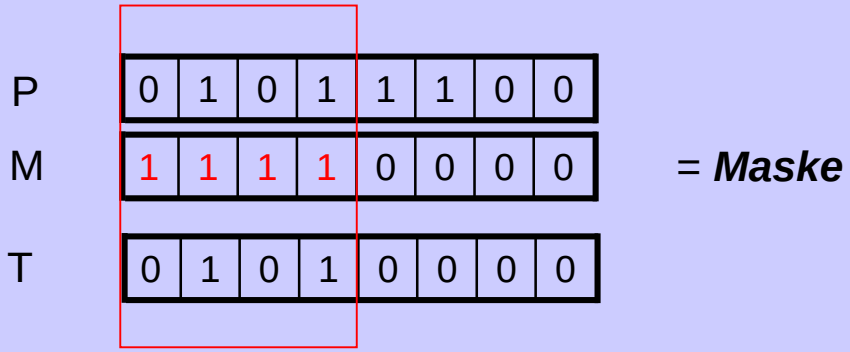
```
Erg = A ^ B;
```

13.28.2 Typische Problemstellungen und ihre Lösungen

Extraktion einzelner Bits

Übertragen der gesetzten Bits der Variable P in die Variable T, aber nur dort, wo die Bits der Variablen M (Maske) gesetzt sind.

Beispiel: Kopieren die 4 obersten Bits von P nach T

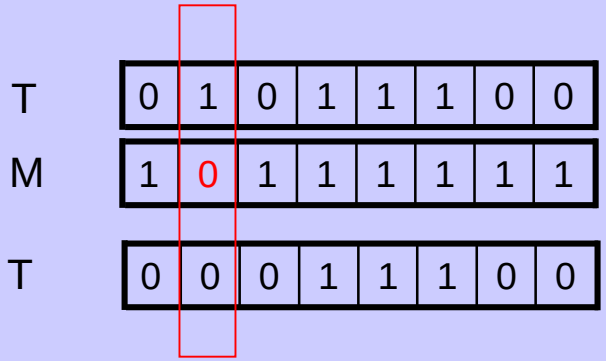



```
unsigned char P=0x5c, M=0xf0, T;

T = P & M;
```

Löschen von Bits

Löschen einzelner Bits in Variable T mit der Löschmaske M.

Beispiel: Löschen von Bit 6



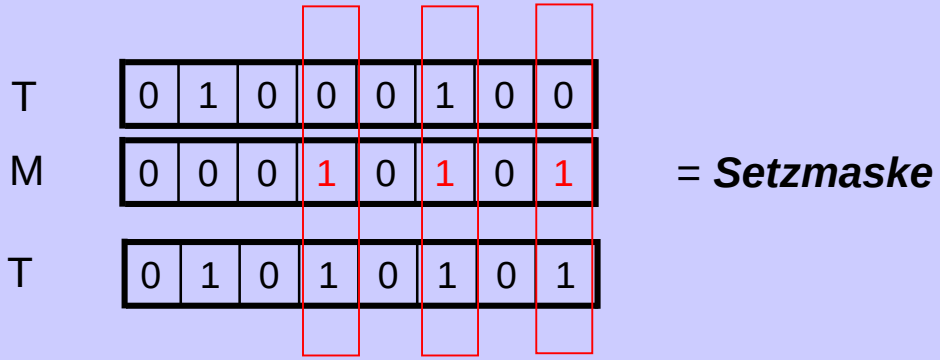
= ***Löschmaske***

```
unsigned char  T=0x5c, M=0xbf;
T &= M;        // oder T = T & M;
```

Setzen von Bits

Setzen einzelner Bits in Variable T mi Hilfe der Setzmaske M.

Beispiel: Setzen der Bits 0, 2 und 4 (sofern sie nicht schon gesetzt sind)

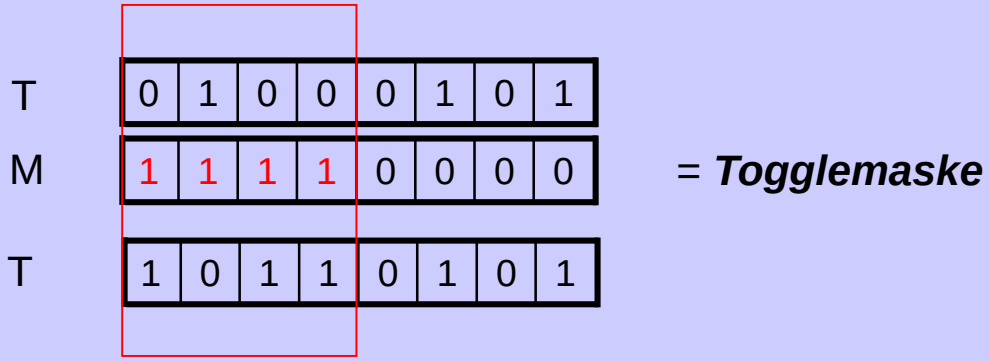



```
unsigned char T=0x44, M=0x15;
T |= M;          // oder T = T | M;
```

Toggeln (Negieren) von Bits

Negieren einzelner Bits in Variable T mit Hilfe der Togglemaske M.

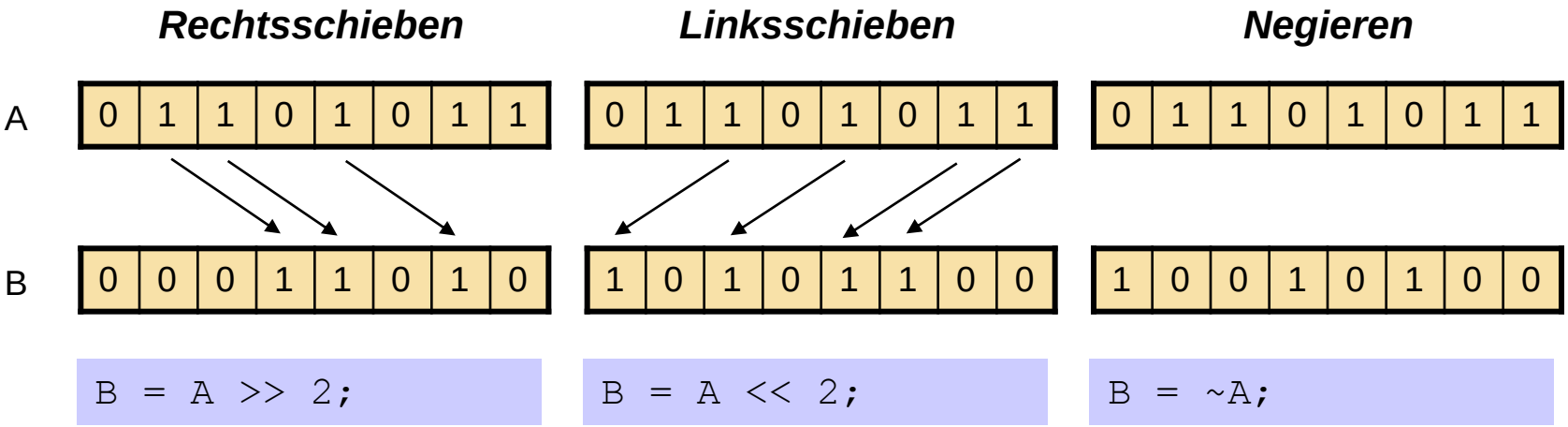
Beispiel: Toggeln der 4 obersten Bits




```
unsigned char T=0x45, M=0xf0;
T ^= M;          // oder T = T ^ M;
```

13.28.3 Bitweises Schieben und Negieren

```
unsigned char A, B;
```



Beim Linksschieben wird Null nachgezogen.

Beim Rechtsschieben von unsigned-Variablen wird Null nachgezogen.

Beim Rechtsschieben von `signed`-Variablen wird Null oder der Wert des Vorzeichenbits nachgezogen (compilerabhängig → nicht portierbar).

vorgezogener Teil 13.13-13.19: Adressen, Felder, Strings

13.13 Adressen und Zeiger

Zeiger

- eine Variable, die eine Adresse enthält
- ist Typ-gebunden ("*zeigt auf Variable des Typs …..*")

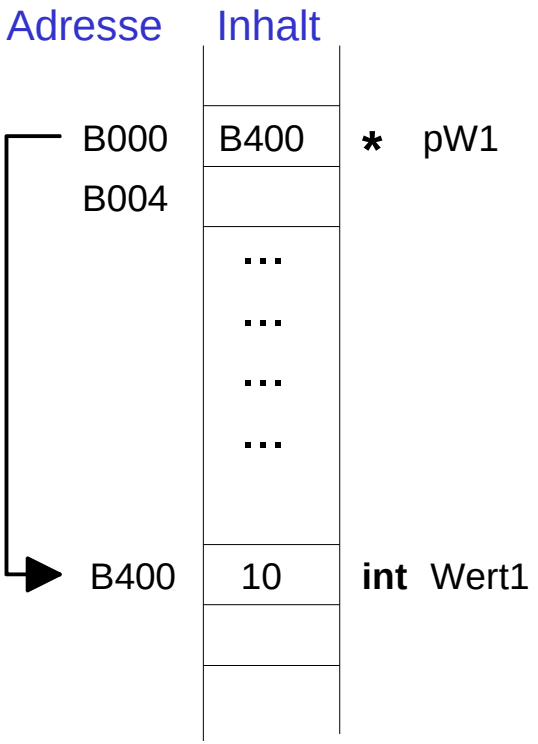
Deklaration:

- durch * vor Variablenname

Initialisierung:

- Zeiger muss mit gültiger Adresse belegt werden
- Die Adresse einer Variablen erhält man durch den Adressoperator &.

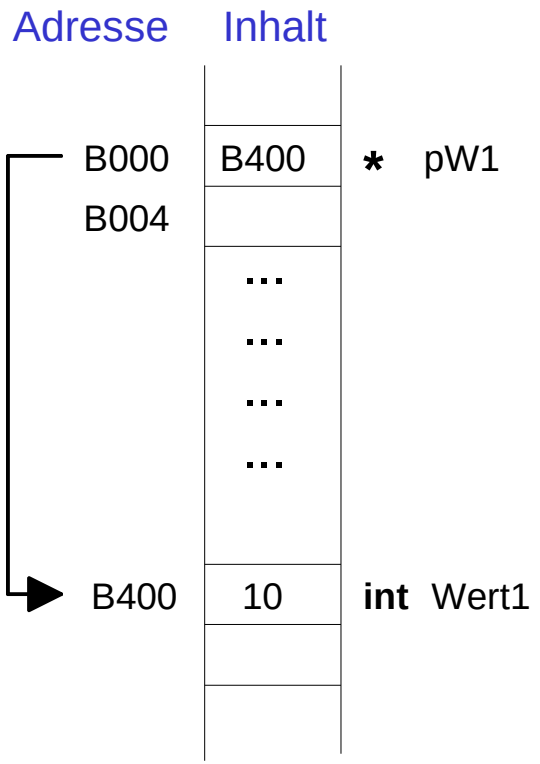
```
/* Deklaration */
int  Wert1 = 10;
int  *pW1;  // pW1 ist Zeiger auf Integer

/* Initialisierung */
pW1 = &Wert1;
```



13.14 Zugriff auf Daten über den Zeiger (*Dereferenzierung*)

Zugriff auf den Zeigerwert (= Wert von derjenigen Variablen holen, auf die der Zeiger zeigt)
---> durch * -Operator vor dem Zeigernamen

```
/* Deklaration */
int  Wert1 = 10,  *pW1;

/* Initialisierung */
pW1 = &Wert1;

/* Zugriff */
printf("Wert %d, Adresse %X", *pW1, pW1);
```



WICHTIG:

In der Deklaration bedeutet *pWert1: "pWert1 ist ein Zeiger auf Typ ....."

Im Programmtext bedeutet *pWert1: „Der Wert, auf den der Zeiger pWert1 zeigt, ist …..
(→ Dereferenzierung)

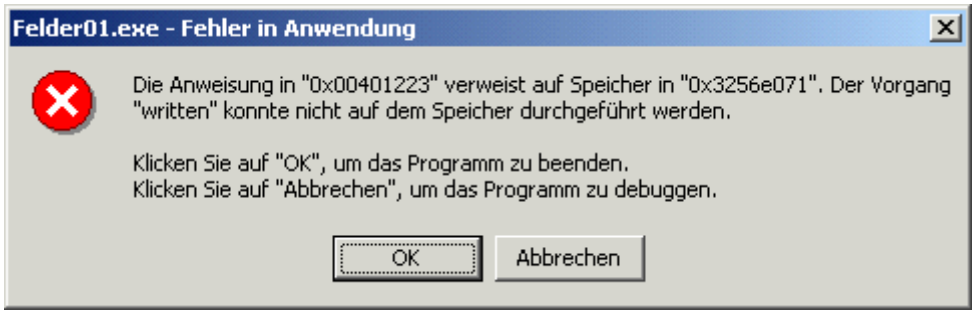
13.14 Zugriff auf Daten über den Zeiger (Fortsetzung)

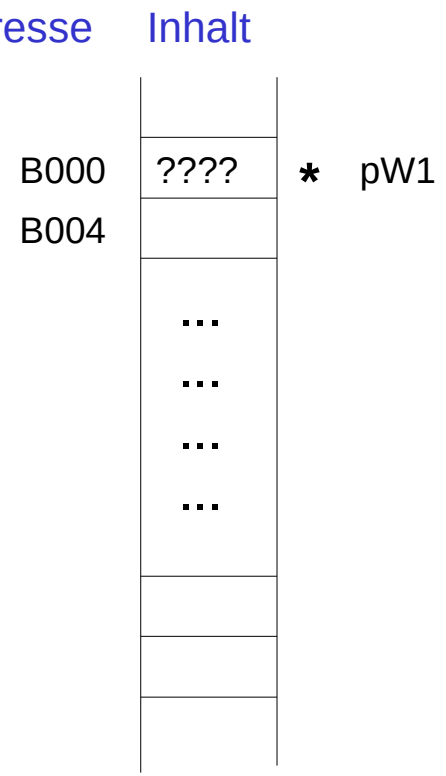
Achtung: Fehlergefahr

--> "dangling pointer"

```
/* Deklaration */
int  *pW1;

/* Zugriff */
*pW1=10; // Der Wert auf den der
         // Zeiger zeigt soll 10 sein.
```

….. aber wohin zeigt der Zeiger ?

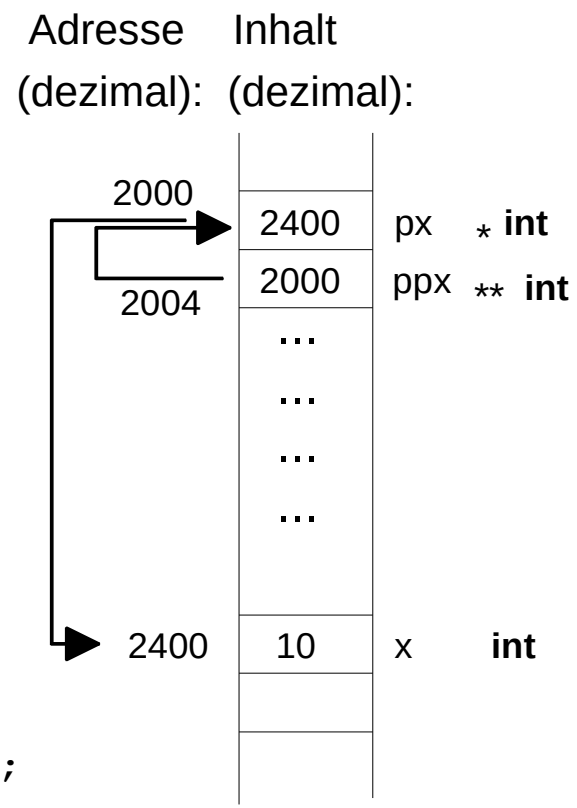




ÜBUNG: Einfache Zeigeroperationen

Gegeben ist folgendes Programm:

```
int x = 10;
int *px;
int **ppx;

px  = &x;
ppx = &px;

printf("%d %d %d", x,    &x,     px);
printf("%d %d %d", &px,  *px,    *ppx);
printf("%d %d %d", &ppx, **ppx,  ppx);
```



Gegeben sei auch nebenstehendes Speicherbild (Memorymap).
Was wird ausgegeben ?

13.15 Ein- und mehrdimensionale Felder

13.15.1 Definition

Feld: Menge von gleichartigen Variablen, die durch einen einzelnen Namen repräsentiert werden

Definition: *Typ Variablenname [Anzahl der Elemente]*

Zugriff: Index des ersten Feldes ist 0 !

```
/* Definition */
int x[2];

/* Initialisierung */
x[0]=12;
x[1]=25;

printf('x0 ist %d \n', x[0]);
```

```
/* Definition */
char txt[2];

/* Initialisierung */
txt[0]='A';
txt[1]='b';

printf('x0 ist %c \n', txt[0]);
```

Fazit: Es gibt keinen Unterschied zwischen Feldern mit Zahlen und Zeichen ! Zeichen werden auch als Zahlen (ASCII) abgespeichert.

13.15.2 Definition und Initialisierung

```
/* mit Angabe der Feldgrösse */
int  x[10]  = {3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30};
char txt[5] = {'a', 'b', 'c', 'd', 'e' };


/* ohne Angabe der Feldgrösse */
int  x[]   = {3, 6, 9};
char txt[] = {'a', 'b', 'c', 'd', 'e' };


/* Teilinitialisierung */
int  x[10]  = {3, 6};
char txt[5] = {'a', 'b'};
```

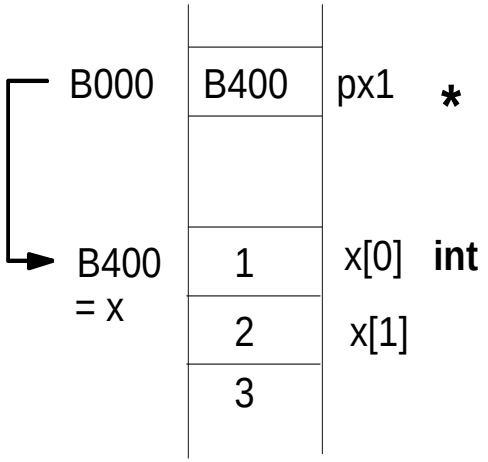
13.15.3 Mehrdimensionale Felder

```
/* mit Angabe der Feldgrösse */
int x2[2][3];     /* 6 Werte in 2 Feldern und je 3 Elementen  */


char c2[3][2] = {{'t', 'f'},  /* Feld von 3 Elementen (3 Zeilen)  */
                 {'f', 'f'},  /* mit jew. 2 Elementen (2 Spalten) */
                 {'f', 'x'}};


char c2[][2]  = {{'t', 'f'},  /* Felddimension 1  (nur diese)  */
                 {'f', 'f'},  /* kann entfallen.               */
                 {'f', 'x'}};


int x3[4][3][2] =  {  { {0,1},{1,0},{1,1} },
                      { {1,1},{0,0},{1,0} },
                      { {0,0},{1,1},{1,1} },
                      { {0,1},{0,1},{0,1} }   };
```

Achtung: Die geschweiften Klammern werden vom Compiler nicht ausgewertet !

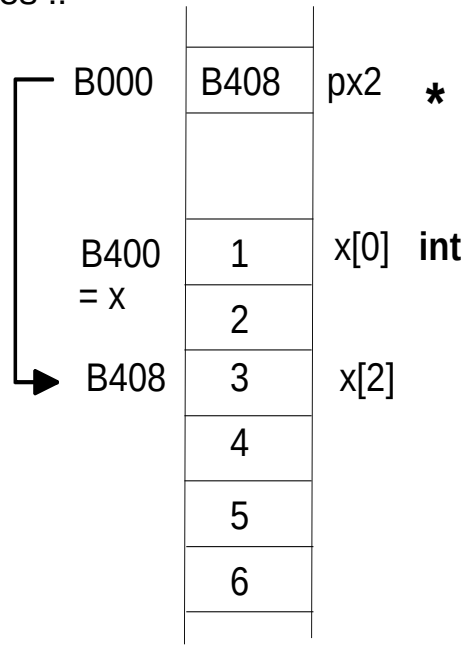
13.16 Felder und Zeiger

```
int x[]  = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7};
int *px1 = x;          /* = &x[0] */

/* Folgende Schreibweisen sind äquivalent */
printf("Adr. des 1.Zeichens=%X", &x[0]);
printf("Adr. des 1.Zeichens=%X", x);
printf("Adr. des 1.Zeichens=%X", px1);
```



Wichtig: Der Feldname ohne Index liefert die Adresse des 1. Feldes !!

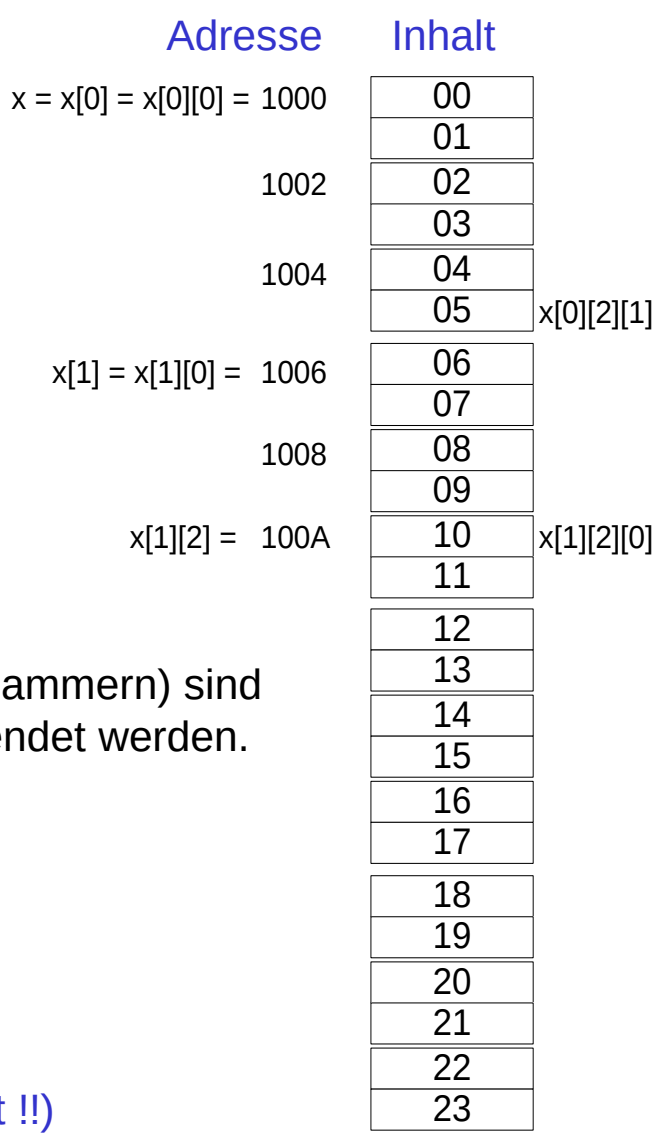
```
int x[]  = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7};
int *px2 = &x[2];


/* Ausgabe :   3  3  6 */
printf("%d  %d  %d", *px2,  px2[0],  px2[3]);
```



Wichtig: Ein indizierter Zeiger liefert den indizierten Wert !!
= Dereferenzierung von Zeigern durch [] statt durch *

13.16 Felder und Zeiger (Fortsetzung)

```
/* Definition und Initialisierung */
 char x[4][3][2] =
      { { { 0, 1},{ 2, 3},{ 4, 5} },
        { { 6, 7},{ 8, 9},{10,11} },
        { {12,13},{14,15},{16,17} },
        { {18,19},{20,21},{22,23} } };

/* Zugriff auf Feldelemente */
a=3; b=2; c=1;
y = x[a][b][c];      /* y= 23*/
```



Wichtig: Unvollständige Feldnamen (fehlende Klammern) sind Adressen und können wie Zeiger verwendet werden.

Beispiele:

- x = x[0] = x[0][0] = 1000
- x[1] = x[1][0] = 1006
- x[1][2] = 100A
- x[1][2][0] = 10 (der Wert !!)

ÜBUNG: Umgang mit Zeigern

Zeichnen Sie die Memorymap. Was wird ausgegeben ?

```
int a[]={1,2,3,4,5,6,7};

int main(){

        int *p1;
        int **p2;

        p1=&a[2];
        p2=&p1;

        printf("%d\n",a[3]);
        printf("%d\n",*p1);
        printf("%d\n",p1);
        printf("%d\n",&p1);
        printf("%d\n",p2);
        printf("%d\n",&p2);
        printf("%d\n",p2[0][2]);

        return 0;
}
```

Folgende Annahmen gelten:

Das Feld a beginne bei Adresse 1000 (dezimal).

Der Zeiger p1 stehe bei Adresse 2000 (dez.) gefolgt vom Zeiger p2.

Achtung:

Das Beispiel hat didaktischen Wert, zeugt aber nicht gerade von gutem Stil !

13.17 Zeichenketten (Strings)

13.17.1 Definition und Initialisierung

String

- Sequenz von Zeichen (-> Feld),
- in Anführungszeichen eingeschlossen,
- mit '\0' abgeschlossen ist (Null-Zeichen).

```
char txt1[]  = "AB1";
char txt2[4] = "AB1"; /* Platz für Nullzeichen nicht vergessen */
char txt3[]  = {'A','B','1','\0'};

/* String ausgeben mit %s und Stringname */
printf("%s %s %s", txt1, txt2, txt3);
```

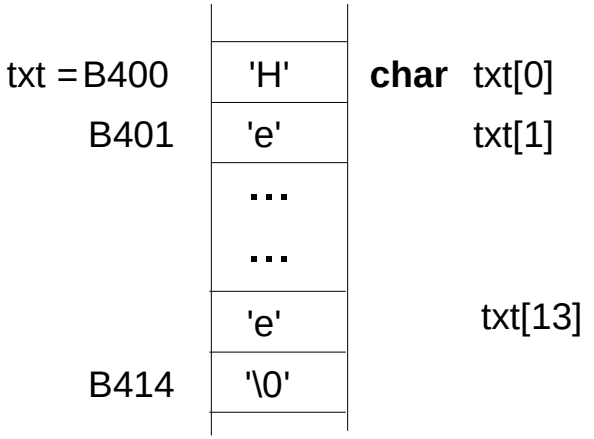
= 0x41 0x42 0x31 0x0

13.18 Strings und Zeiger

Feldnamen können wie Zeiger verwendet werden,
(sind nur Adressen) !

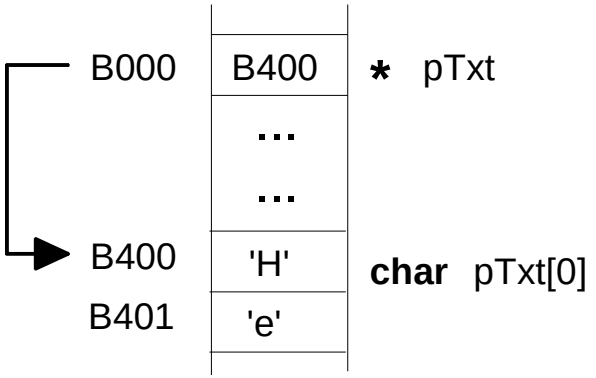
```
char txt[] = "Herr der Ringe";

printf("Adr. des 1.Zeichens=%X", txt);
```

= Adresse des 1 . Zeichens




```
char *pTxt = "Herr der Ringe";

printf("Adr. des 1.Zeichens=%X", pTxt);
```

Adresse auf die der Zeiger zeigt
= Adresse des 1 . Zeichens



ÜBUNG: Beispiele zu Feldern und Strings

1. Schreiben Sie ein C-Programm, welches eine 4x3-Matrix mit einem Vektor multipliziert.

2. Schreiben Sie ein C-Programm, welches die Grossbuchstaben eines Strings zählt und ausgibt.

13.19 Funktionen mit Call-by-reference-Parameterübergabe

```
/* Funktionsdeklaration */
void SetString2x(char *str);



/* Aufrufendes Programm */
int main () {

    char txt[] = "Autobahn";

    /* Funktionsaufruf */
    SetString2x(txt);
    printf("%s", txt);

    return 0;
}
```

```
void SetString2x(char *str){

   int i=0;

   while(str[i] != '\0'){
        str[i]='x';
        i++;
   }
}
```

Wichtig: Mit Hilfe von Zeigern werden Adressen an Unterprogramme übergeben.

Anm.:

`str[i]` ist äquivalent zu `*(str+i)`

ÜBUNG: Call-by-reference, Umgang mit Matrizen

Schreiben Sie ein Unterprogramm, welches ein Feld von Intergerwerten der Größe nach sortiert.

Ansatz: Durchlaufe das Feld immer wieder und vertausche jedesmal, wenn nötig, benachbarte Elemente.

Der Vorgang kann abgebrochen werden, wenn bei einem Durchlauf kein Vertauschen mehr vorkommt (--> Bubblesort).

Weiter ist das Hauptprogramm zu schreiben, welches das Unterprogramm aufruft.

ÜBUNG: Call-by-reference, Umgang mit Strings

Schreiben Sie ein Unterprogramm, welches zwei Strings lexikographisch vergleicht.

Ansatz: Die beiden Strings (s, t) werden Zeichen für Zeichen miteinander verglichen. Sobald ein Unterschied festgestellt wird, wird der Vorgang abgebrochen.

In diesem Fall wird die Differenz der ASCII-Werte der zuletzt betrachteten Zeichen ausgegeben.

Sind die beiden Strings gleich, wird 0 zurückgegeben.

Weiter ist das Hauptprogramm zu schreiben, welches das Unterprogramm aufruft.

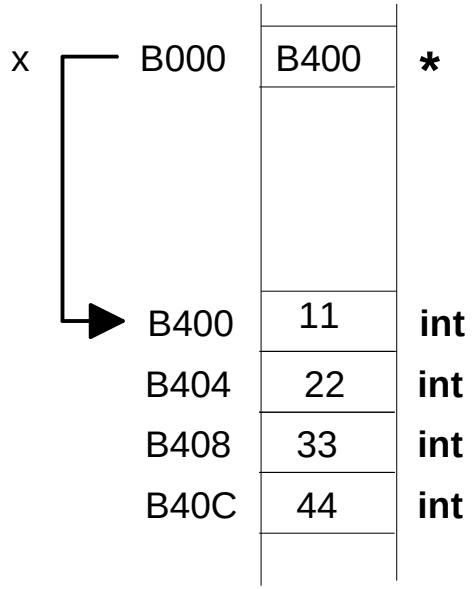
Ende vorgezogener Teil 13.13-13.19

13.26 Zeigerarithmetik

Prinzip

Zeiger auf Objekte können um die vereinbarten Typen erhöht bzw. erniedrigt werden.

```
int *x = {11, 22, 33, 44};

/* Ausgabe → 11 44 */
printf("x0=%d  x3=%d", *x, *(x+3));

/* aequivalent zu  */
printf("x0=%d  x3=%d", x[0], x[3]);
```

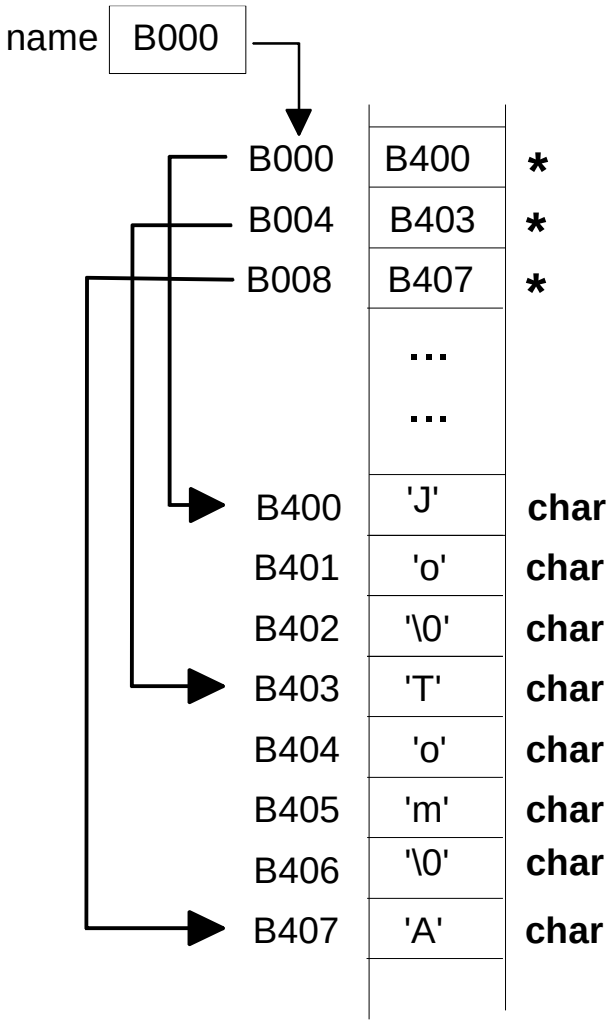


13.26 Zeigerarithmetik (Fortsetzung)

Beispiel

```
char *name[] = { "Jo"      , "Tom",
                 "Andreas", "Lou"
               };
```

```
printf ("1.Name: %s, 3.Name: %s",
         *(name),     *(name+2) );

/* ist äquivalent zu */
printf ("1.Name: %s, 3.Name: %s",
         name[0], name[2] );
```



ÜBUNG: Zeigerarithmetik (C-Puzzle, kein ernsthafter Code)

Was gibt das folgende Programm aus ?
Zeichnen Sie zuvor die Memory-Map (Adressen s. Kommentar).

```
int a[]  = {0,1,2,3,4};           /* a  beginne bei 0x1000 */
int *p[] = {a,a+1,a+2,a+3,a+4};   /* p  beginne bei 0x2000 */
int **pp = p;                     /* pp stehe hinter p    */

main(){
   printf("%d  %d  %d \n",             a,   a[1],     &a[2]     );
   printf("%d  %d  %d \n",          *p[0],   p[0],     &p[0]     );
   printf("%d  %d  %d \n",     *(p[1]+2),    p+3,        *p     );
   printf("%d  %d  %d \n",           *pp,     pp,  pp[0][4]     );
   printf("%d  %d  %d \n",  *(*(pp+1)+2),    &pp,      **pp     );
}
```