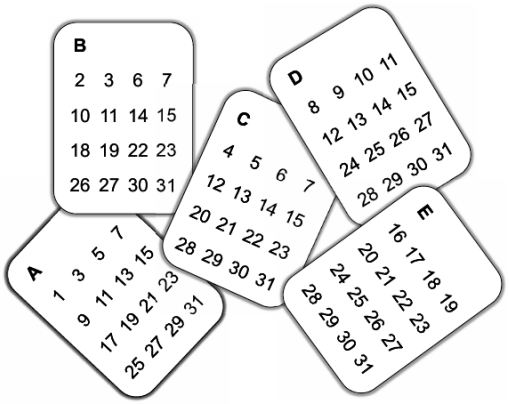
8. Elementare Datentypen und ihre Darstellung

Hochschule RheinMain



Notizen

Zahlen

Hochschule RheinMain

Zahlen sind abstrakte mathematische Objekte. Damit man sie konkret benutzen kann, brauchen sie eine „Benutzerschnittstelle“ mittels derer man sie addieren, multiplizieren oder vergleichen kann.

Zur Darstellung von Zahlen verwendet man sogenannte Stellenwertsysteme. Im Alltag verwenden wir das Dezimalsystem:

Ziffernwerte

$$4711 = 4 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^2 + 1 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0$$

Stellenwerte

Diese Darstellung beruht auf der Zahl 10 als Basis. Man kann jede andere natürliche Zahl größer als 1 als Basis verwenden. Man erhält dann nur eine andere Ziffernfolge:

Ziffernwerte

$$4711_{10} = 1 \cdot 7^4 + 6 \cdot 7^3 + 5 \cdot 7^2 + 1 \cdot 7^1 + 0 \cdot 7^0 = 16510_7$$

Basis 10 Basis 7

Stellenwerte

Wie kommt man zu dieser Darstellung?

Notizen

Umrechnung: vom 10er ins 7er-System

Hochschule RheinMain

Umrechnung: $4711_{10} = 16510_7 \quad = \quad 1 \cdot 7^4 + 6 \cdot 7^3 + 5 \cdot 7^2 + 1 \cdot 7^1 + 0 \cdot 7^0$

$$= \quad (((1 \cdot 7 + 6) \cdot 7 + 5) \cdot 7 + 1) \cdot 7 + 0$$

Man erhält die Ziffernwerte im 7er-System, wenn man die Reste bei Division durch 7 betrachtet:

$$\begin{aligned}
4711 &= 673 \cdot 7 + 0 \\
673 &= 96 \cdot 7 + 1 \\
96 &= 13 \cdot 7 + 5 \\
13 &= 1 \cdot 7 + 6 \\
1 &= 0 \cdot 7 + 1 \\
& \quad 1\,6\,5\,1\,0
\end{aligned}$$

Im 7er-System ist alles wie im 10er-System, außer, dass es nur die Ziffern 0-6 gibt und dass beim Zählen immer bei 6 ein Übertrag erfolgt.

10er-System	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7er-System	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	20	21	22

Das 7er-System ist zum Rechnen genauso geeignet, wie das 10er-System. Die scheinbare Überlegenheit des 10er-Systems liegt in der Vertrautheit mit diesem System. Hätte der Mensch 12 Finger, würden wir heute wahrscheinlich im 12er-System rechnen.

Notizen

Umrechnung durch ein C-Programm

Hochschule RheinMain

```
void main()
{
  int basis = 7;
  int zahl = 4711;
  int z;

  printf( "Basis: %d\n", basis);
  printf( "-------------------\n");

  for( z = zahl ; z != 0; z /= basis)
      printf( "%4d = %4d*%d + %2d\n", z, z/basis, basis, z%basis);

  printf( "  -------------------\n\n");
}
```

Die Basis ist 7, kann aber geändert werden

Die Zahl wird so lange durch die Basis geteilt, bis nichts mehr übrig bleibt.

Hier wird jeweils eine Zeile ausgegeben.

Hier wird eine Feldbreite für die Ausgabe festgelegt.

```
Basis: 7
-------------------
4711 =  673*7 +  0
 673 =   96*7 +  1
  96 =   13*7 +  5
  13 =    1*7 +  6
   1 =    0*7 +  1
  -------------------
```

Die gesuchte Ziffernfolge ergibt sich dann von unten nach oben: 16510

Das Programm zeigt noch einmal die Bedeutung von Integer-Division und Modulo-Operation.

Notizen

Umrechnung für alle Basen

Hochschule RheinMain

```
Basis: 2
-------------------
4711 = 2355*2 +  1
2355 = 1177*2 +  1
1177 =  588*2 +  1
 588 =  294*2 +  0
 294 =  147*2 +  0
 147 =   73*2 +  1
  73 =   36*2 +  1
  36 =   18*2 +  0
  18 =    9*2 +  0
   9 =    4*2 +  1
   4 =    2*2 +  0
   2 =    1*2 +  0
   1 =    0*2 +  1
-------------------
```

```
Basis: 3
-------------------
4711 = 1570*3 +  1
1570 =  523*3 +  1
 523 =  174*3 +  1
 174 =   58*3 +  0
  58 =   19*3 +  1
  19 =    6*3 +  1
   6 =    2*3 +  0
   2 =    0*3 +  2
-------------------
```

```
Basis: 4
-------------------
4711 = 1177*4 +  3
1177 =  294*4 +  1
 294 =   73*4 +  2
  73 =   18*4 +  1
  18 =    4*4 +  2
   4 =    1*4 +  0
   1 =    0*4 +  1
-------------------
```

```
Basis: 5
-------------------
4711 =  942*5 +  1
 942 =  188*5 +  2
 188 =   37*5 +  3
  37 =    7*5 +  2
   7 =    1*5 +  2
   1 =    0*5 +  1
-------------------
```

```
Basis: 6
-------------------
4711 =  785*6 +  1
 785 =  130*6 +  5
 130 =   21*6 +  4
  21 =    3*6 +  3
   3 =    0*6 +  3
-------------------
```

```
Basis: 7
-------------------
4711 =  673*7 +  0
 673 =   96*7 +  1
  96 =   13*7 +  5
  13 =    1*7 +  6
   1 =    0*7 +  1
-------------------
```

```
Basis: 8
-------------------
4711 =  588*8 +  7
 588 =   73*8 +  4
  73 =    9*8 +  1
   9 =    1*8 +  1
   1 =    0*8 +  1
-------------------
```

```
Basis: 9
-------------------
4711 =  523*9 +  4
 523 =   58*9 +  1
  58 =    6*9 +  4
   6 =    0*9 +  6
-------------------
```

Ist die Basis größer als 10, ergeben sich unter Umständen Ziffernwerte ≥ 10:

```
Basis: 13
-------------------
4711 =  362*13 +  5
 362 =   27*13 + 11
  27 =    2*13 +  1
   2 =    0*13 +  2
-------------------
```

Zur Darstellung dieser Ziffernwerte verwendet man dann die Ziffernsymbole „A“ oder „a“ (für 10), „B“ oder „b“ (für 11), „C“ oder „c“ (für 12) usw.:

$$4711_{10} \quad = 21B5_{13} = \quad 21b5_{13}$$

Notizen

Dualzahlen

Hochschule RheinMain

Warum interessiert uns das Dualsystem?

Ein Digitalrechner kennt intern nur zwei Zustände, die mit 0 und 1 bezeichnet werden. Alle Daten und auch Programme im Rechner bestehen aus Folgen von 0 und 1.

Der Rechner braucht eine Organisation, über die er effizient auf die Daten und Programme zugreifen kann. Dazu wird der Speicher des Rechners in einzelne Speicherzellen unterteilt und die Speicherzellen werden fortlaufend nummeriert.

Intern sind die Nummern der Speicherzellen und auch die Werte in den Speicherzellen durch Folgen von 0 und 1, also durch Zahlen im Zweiersystem (Dualsystem) gegeben.

Speicherzelle					Wert							
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0								
3	0	0	1	1								
4	0	1	0	0								
5	0	1	0	1								
6	0	1	1	0								
7	0	1	1	1								
8	1	0	0	0			weitere					
9	1	0	0	1			Werte					
10	1	0	1	0								
11	1	0	1	1								
12	1	1	0	0								
13	1	1	0	1								
14	1	1	1	0								
15	1	1	1	1								

Notizen

Dualzahlen

Hochschule RheinMain

Warum interessiert uns ein anderes Zahlensystem als das Dualsystem?

Stellen Sie sich vor, dass wir im Dualsystem rechnen würden und einen Laptop kaufen wollten:

Rang	Produkt	Preis
1.	Fujitsu Lifebook E743 (E7430M55A1DE)	ab 1110100011 €
2.	Fujitsu Lifebook E753 (E7530M55A1DE)	ab 1110011001 €
3.	Acer Aspire V5-573G-54208G50akk (NX.MCEEG.005)	ab 1010111011 €
4.	Samsung Serie 4 400B5C (A04DE)	ab 1101111100 €

Für uns Menschen hat das Dualsystem erhebliche Nachteile.

Wegen der kleinen Basis sind die Zahlen viel zu lang und nur umständlich zu handhaben.

Außerdem fehlt uns jegliche Größenvorstellung für Dualzahlen.

Gesucht ist daher ein Zahlensystem, dessen Basis näher an der vertrauten Basis 10 liegt und das einfache Umrechnungen ins Dualsystem erlaubt.

Notizen

Oktalzahlen

Hochschule RheinMain

Das Oktalsystem (Basis 8)

Wir betrachten eine Zahl im Dualsystem und bilden 3-er Gruppen:

$$
\begin{aligned}
101\,100\,011_2 &= 1\cdot 2^8 + 0\cdot 2^7 + 1\cdot 2^6 + 1\cdot 2^5 + 0\cdot 2^4 + 0\cdot 2^3 + 0\cdot 2^2 + 1\cdot 2^1 + 1\cdot 2^0 \\
&= (1\cdot 2^8 + 0\cdot 2^7 + 1\cdot 2^6) + (1\cdot 2^5 + 0\cdot 2^4 + 0\cdot 2^3) + (0\cdot 2^2 + 1\cdot 2^1 + 1\cdot 2^0) \\
&= (1\cdot 2^2 + 0\cdot 2^1 + 1\cdot 2^0)\cdot 2^6 + (1\cdot 2^2 + 0\cdot 2^1 + 0\cdot 2^0)\cdot 2^3 + (0\cdot 2^2 + 1\cdot 2^1 + 1\cdot 2^0)\cdot 2^0 \\
&= 5\cdot 2^6 + 4\cdot 2^3 + 3\cdot 2^0 \\
&= 5\cdot 8^2 + 4\cdot 8^1 + 3\cdot 8^0 \\
&= 543_8
\end{aligned}
$$

Es folgt:

Zwischen Oktal- und Dualdarstellung kann man „ziffernweise“ mit folgender Tabelle

Oktal	0	1	2	3	4	5	6	7
Dual	000	001	010	011	100	101	110	111

umrechnen. In der Dualdarstellung sind dabei von rechts her Dreiergruppen zu bilden:

Oktal	5			6			4			3		
Dual	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1

Die einfache Umrechnung hat ihren Grund darin, dass 8 eine Potenz von 2 ist. Dreiergruppen werden gebildet, weil $8 = 2^3$ ist.

Notizen

Hexadezimalzahlen

Hochschule RheinMain

Das Hexadezimalsystem (Basis 16)

Das zum Oktalsystem Gesagte gilt analog für das Hexadezimalsystem, da 16 ebenfalls eine Potenz von 2 ist ($16 = 2^4$).

Zwischen Hexadezimal- und Dualdarstellung kann man „ziffernweise“ mit folgender Tabelle

Hexadezimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Dual	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

umrechnen. In der Dualdarstellung sind dabei von rechts her Vierergruppen zu bilden:

Dual	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
Hexadezimal	B				A				3			

Zur Umformung zwischen Dual-, Oktal- und Hexadezimalsystem und umgekehrt muss man also nicht rechnen:

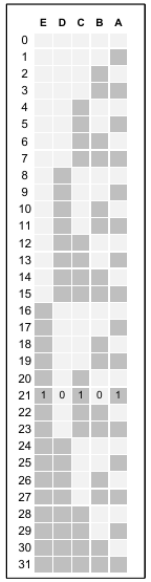
Oktal	5			6			4			3		
Dual	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
Hexadezimal	B			A			3					

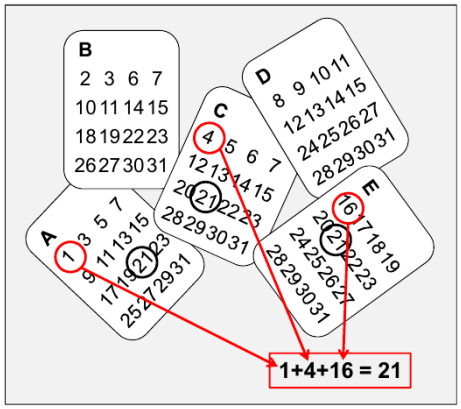
Oktal- und Hexadezimalsystem sind geeignete Zahlensysteme, wenn wir „nah“ am Computer arbeiten.

Notizen

Auflösung des Zahlenrätsels

Hochschule RheinMain





Jede Karte steht für einen Stellenwert und zeigt genau die Zahlen, die in ihrer Dualdarstellung an der zugehörigen Stelle eine 1 haben. Die erste Zahl auf jeder Karte hat nur an dieser Stelle eine 1.

Die gesuchte Zahl ergibt sich als Summe der jeweils ersten Zahlen auf den Trefferkarten.

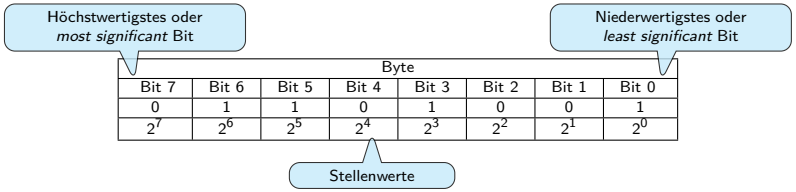
Notizen

Bits und Bytes

Hochschule RheinMain

Die kleinste Informationseinheit auf einem Digitalrechner bezeichnen wir als Bit. Ein Bit kann die logischen Werte 0 (Bit gelöscht) und 1 (Bit gesetzt) annehmen.

8 Bits bilden ein Byte:



Als Dualzahl interpretiert kann ein Byte Zahlen von 0 – 255 (hex. 00 – FF) darstellen.

Bit 7 bezeichnen wir als das höchstwertige (most significant), Bit 0 als das niederwertigste (least significant) Bit.

Im Sinne der Interpretation als Dualzahl hat das höchstwertige Bit den Stellenwert $2^7 = 128$, das niederwertigste den Stellenwert $2^0 = 1$.

Notizen

Größere Quantitäten

Hochschule RheinMain

Bei großen Datenmengen orientiert man sich an den Maßeinheitenpräfixen (Kilo, Mega, ...) der Physik.

Anders als in der Physik, in der diese Präfixe immer eine Vervielfachung um den Faktor $10^3 = 1000$ bedeuten, verwendet man in der Informatik den Faktor $2^{10} = 1024$.

Physik (SI-Präfixe)		Informatik (Binärpräfixe)		rel. Abweichung
Kilo	10^3	2^{10}	KiBi	2,40 %
Mega	10^6	2^{20}	MeBi	4,86 %
Giga	10^9	2^{30}	GiBi	7,37 %
Tera	10^{12}	2^{40}	TeBi	9,95 %
Peta	10^{15}	2^{50}	PeBi	12,59%
Exa	10^{18}	2^{60}	ExBi	15,29%

Eigentlich sollte man konsequent die Binärprefixe verwenden. Zumeist verwendet man in der Informatik aber die SI[1]-Präfixe und meint dabei die Werte der Binärprefixe.

[1] SI = Système international d'unités

Notizen

Vorzeichenlose und vorzeichenbehaftete Zahlen

Hochschule RheinMain

Vorzeichenlose Zahlen werden intern in ihrer Dualdarstellung gespeichert. Bei einer n-Bit Darstellung können auf diese Weise Zahlen von 0 bis $2^n - 1$ dargestellt werden.

Bei vorzeichenbehafteten Zahlen wird das sogenannte Zweierkomplement (→ LV Grundlagen d. Informatik) verwendet. Bei einer n-Bit Darstellung können auf diese Weise Zahlen von $-2^{n-1} bis 2^{n-1} - 1$ dargestellt werden.

Üblich sind heute 1-Byte (8 Bit), 2 Byte (16 Bit), 4 Byte (32 Bit) und 8 Byte (64 Bit) Darstellungen mit folgenden Darstellungsbereichen:

	`signed`		`unsigned`		
Größe	min	max	min	max	C-Typ
1 Byte	-128	127	0	255	`char`
2 Bytes	-32768	32767	0	65535	`short`
4 Bytes	-2147483648	2147483647	0	4294967295	`int`
8 Bytes	$-9,2234 \cdot 10^{18}$	$9,2234 \cdot 10^{18}$	0	$1,84467 \cdot 10^{19}$	`long long`
Allgemein					
n Bit	-2^{n-1}	$2^{n-1} - 1$	0	$2^n - 1$	

Notizen

Zahlkonstanten in unterschiedlichen Systemen

Hochschule RheinMain

Zahlenformat	**Präfix**
Dezimal	(kein Präfix)
Oktal	0
Hexadezimal	0x

```
unsigned int zahl;
zahl = 123456;    // Dezimalwert
zahl = 0123456;   // Oktalwert
zahl = 0x123abc;  // Hexadezimalwert
```

Oktal- und Hexadezimaldarstellung werden in der Regel nur mit vorzeichenlosen Zahlentypen verwendet.

Es gibt in C keine standardisierte Notation für die Dualdarstellung, man verwendet die Notation für Oktal- bzw. Hexadezimaldarstellung.

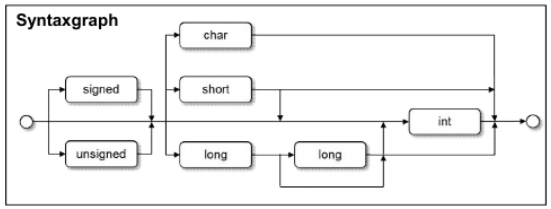
Verwenden Sie auf keinen Fall führende Nullen in der Dezimaldarstellung.

Notizen

Skalare Datentypen in C

Hochschule RheinMain

Alles, was man beim Durchlaufen des folgenden „Syntaxgraphen“ erhalten kann ist ein zulässiger Integer-Datentyp in C:



Beispiele:

```
int a;
signed char b;
unsigned short int c;
long d;
unsigned long long int e;
```

Im C-Standard ist nur die Mindestgröße für die Datentypen festgelegt. Die tatsächliche Größe ist systemabhängig.

Datentyp	Mindestgröße	Typische Größe
`char`	1 Byte	1 Byte
`short`	2 Bytes	2 Bytes
`int`	2 Bytes	4 Bytes
`long`	4 Bytes	4 Bytes
`long long`	8 Bytes	8 Bytes

Darüber hinaus müssen die jeweils kleineren Typen in die jeweils größeren „hineinpassen“

Notizen

Speicherbedarf

Hochschule RheinMain

Die Speichergröße von Datentypen (in Bytes) kann in C mit dem `sizeof` Operator ermittelt werden:

Beispiel (Linux x86_64):

```
int a;
signed char b;
unsigned short int c;
long d;
unsigned long long int e;

printf("Groesse von:\n");
printf("- int: %ld\n", sizeof a);
printf("- signed char: %ld\n", sizeof b);
printf("- short: %ld\n", sizeof c);
printf("- long: %ld\n", sizeof d);
printf("- unsigned long long: %ld\n",
    sizeof e);
printf("- float: %ld\n", sizeof (float));
```

```
Groesse von:
- int: 4
- signed char: 1
- short: 2
- long: 8
- unsigned long long: 8
- float: 4
```

Operanden von `sizeof` können sowohl konkrete Objekte als auch Typen sein.

`sizeof` ist ein **Operator**, keine **Funktion**, deshalb sind bei der Anwendung auf Objekte keine Klammern um den Operanden erforderlich

Notizen

Formatierte Ausgabe

Hochschule RheinMain

Formatierte Ausgabe in unterschiedlichen Zahlensystemen

Zur Ausgabe in einem bestimmten Zahlensystem werden spezielle Formatanweisungen verwendet:

Zahlenformat	Ausgabe
Dezimal	"%d"
Oktal	"%o"
Hexadezimal	"%x"

Beispiele:

```
unsigned int zahl;

zahl = 123456;
printf( "Dezimalausgabe: %d\n", zahl);
printf( "Oktalausgabe: %o\n", zahl);
printf( "Hexadezimalausgabe: %x\n", zahl);

zahl = 0123456;
printf( "Dezimalausgabe: %d\n", zahl);
printf( "Oktalausgabe: %o\n", zahl);
printf( "Hexadezimalausgabe: %x\n", zahl);

zahl = 0x123abc;
printf( "Dezimalausgabe: %d\n", zahl);
printf( "Oktalausgabe: %o\n", zahl);
printf( "Hexadezimalausgabe: %x\n", zahl);
printf( "Hexadezimalausgabe: %X\n", zahl);
```

```
Dezimalausgabe: 123456
Oktalausgabe: 361100
Hexadezimalausgabe: 1e240
Dezimalausgabe: 42798
Oktalausgabe: 123456
Hexadezimalausgabe: a72e
Dezimalausgabe: 1194684
Oktalausgabe: 4435274
Hexadezimalausgabe: 123abc
Hexadezimalausgabe: 123ABC
```


Notizen

Formatierte Eingabe

Hochschule RheinMain

Formatierte Eingabe vorzeichenloser ganzer Zahlen in unterschiedlichen Darstellungen

Zahlenformat	Eingabe
Dezimal	"%d"
Oktal	"%o"
Hexadezimal	"%x"

Beispiele:

```
unsigned int zahl;

printf( "Dezimaleingabe:     ");
scanf( "%d", &zahl);
printf( "Dezimalausgabe: %d\n", zahl);
printf( "Oktalausgabe: %o\n", zahl);
printf( "Hexadezimalausgabe: %x\n", zahl);

printf( "Oktaleingabe:       ");
scanf( "%o", &zahl);
printf( "Dezimalausgabe: %d\n", zahl);
printf( "Oktalausgabe: %o\n", zahl);
printf( "Hexadezimalausgabe: %x\n", zahl);

printf( "Hexadezimaleingabe: ");
scanf( "%x", &zahl);
printf( "Dezimalausgabe: %d\n", zahl);
printf( "Oktalausgabe: %o\n", zahl);
printf( "Hexadezimalausgabe: %x\n", zahl);
```

```
Dezimaleingabe:     123456
Dezimalausgabe: 123456
Oktalausgabe: 361100
Hexadezimalausgabe: 1e240
Oktaleingabe:       123456
Dezimalausgabe: 42798
Oktalausgabe: 123456
Hexadezimalausgabe: a72e
Hexadezimaleingabe: 123abc
Dezimalausgabe: 1194684
Oktalausgabe: 4435274
Hexadezimalausgabe: 123abc
```

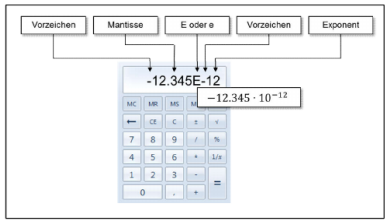

Notizen

Gleitkommazahlen

Hochschule RheinMain

Gleitkommakonstanten werden im üblichen „Taschenrechnerformat“ angegeben.

```
float a = -1;
float b = 1E2;
double c = 1.234;
long double d = -123.456E-345;
```



Bei Ein- bzw. Ausgabe werden die folgenden Formatanweisungen verwendet:

Typ	Eingabe	Ausgabe
`float`	“%f“	“%f “
`double`	“%lf“	“%lf“
`long double`	“%Lf“	“%Lf“

Beispiel:

```
double d;
scanf( "%lf", &d);
printf( "%lf\n", d);
```


Notizen

Bitoperationen

Hochschule RheinMain

Bitoperationen ermöglichen es, auf einzelne oder mehrere Bits einer üblicherweise vorzeichenlosen Zahl gezielt zuzugreifen:

Bitweises Komplement								
x	1	0	0	1	1	0	1	1
~x	0	1	1	0	0	1	0	0

Bitweises Und								
x	1	1	0	0	0	0	1	0
y	1	0	0	1	1	0	1	1
x&y	1	0	0	0	0	0	1	0

Bitweises Oder								
x	1	1	0	0	0	0	1	0
y	1	0	0	1	1	0	1	1
x|y	1	1	0	1	1	0	1	1

Bitshift links								
x	1	0	0	1	1	0	1	1
x<<2	0	1	1	0	1	1	0	0

Bitweises Entweder-Oder								
x	1	1	0	0	0	0	1	0
y	1	0	0	1	1	0	1	1
x^y	0	1	0	1	1	0	0	1

Bitshift rechts								
x	1	0	0	1	1	0	1	1
x>>2	0	0	1	0	0	1	1	0

Notizen

Manipulation einzelner Bits

Hochschule RheinMain

Manipulation einzelner Bits in einem Bitmuster

Mit Bitoperationen können einzelne Bits gesetzt, gelöscht oder invertiert werden:

Eine 1 wird um 3 Positionen nach links geschoben und über ein bitweises Oder mit x verknüpft. Dadurch wird das dritte Bit in x gesetzt.

Setzen des 3-ten Bits in x								
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1<<3	0	0	0	0	1	0	0	0
x	1	0	1	1	0	0	1	1
x|(1<<3)	1	0	1	1	1	0	1	1

Eine 1 wird um 4 Positionen nach links geschoben, komplementiert und dann über ein bitweises Und mit x verknüpft. Dadurch wird das vierte Bit in x gelöscht.

Löschen des 4-ten Bits in x								
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1<<4	0	0	0	1	0	0	0	0
~(1<<4)	1	1	1	0	1	1	1	1
x	1	0	1	1	0	0	1	1
x&~(1<<4)	1	0	1	0	0	0	1	1

Eine 1 wird um 5 Positionen nach links geschoben und über ein bitweises Entweder-Oder mit x verknüpft. Dadurch wird das fünfte Bit in x invertiert.

Invertieren des 5-ten Bits in x								
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1<<5	0	0	1	0	0	0	0	0
x	1	0	1	1	0	0	1	1
x^(1<<5)	1	0	0	0	0	0	1	1

Notizen

Typische Verwendung von Bitoperationen

Hochschule RheinMain

Setzen, Löschen, Invertieren von Bits:

```
int n = 3;
unsigned int x = 0xaffe;
x = x | (1<<n);  // Setzen des n-ten Bits in x
x = x & ~(1<<n); // Loeschen des n-ten Bits in x
x = x ^ (1<<n);  // Invertieren des n-ten Bits in x
```

Testen von Bits:

```
int n = 3;
unsigned int x = 0xaffe;
if( x & (1<<n))  // Test, ob das n-te Bit in x gesetzt ist
{
...
}
```


Notizen

Programmierung des Kartentricks

Hochschule RheinMain

```
void main()
{
  int bit, z, zahl, antwort;
  printf( "Denk dir eine Zahl zwischen 0 und 31\n");
  for( bit = 1, zahl = 0; bit < 32; bit <<= 1)
  {
    printf( "Ist die Zahl in dieser Liste");
    for( z = 0; z < 32; z++)
    {
      if( z & bit)
        printf( " %d", z);
    }
    printf( ":");
    scanf( "%d", &antwort);
    if( antwort == 1)
      zahl |= bit;
  }
  printf( "Die Zahl ist %d\n", zahl);
}
```

Die Variable bit durchläuft in der Schleife die Werte
1 = 00001
2 = 00010
4 = 00100
8 = 01000
16 = 10000

Hier werden alle 32 Zahlen durchlaufen...

... aber ausgegeben werden nur die, die das bit gesetzt haben

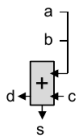
Wenn die Zahl auf der Karte steht, wird das bit gesetzt.

```
Denk dir eine Zahl zwischen 0 und 31
Ist die Zahl in dieser Liste 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31:1
Ist die Zahl in dieser Liste 2 3 6 7 10 11 14 15 18 19 22 23 26 27 30 31:0
Ist die Zahl in dieser Liste 4 5 6 7 12 13 14 15 20 21 22 23 28 29 30 31:1
Ist die Zahl in dieser Liste 8 9 10 11 12 13 14 15 24 25 26 27 28 29 30 31:0
Ist die Zahl in dieser Liste 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31:1
Die Zahl ist 21
```


Notizen

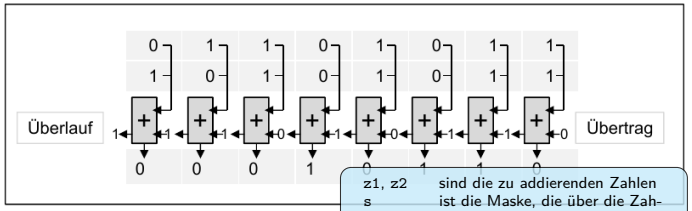
Addierwerk

Hochschule RheinMain



a	b	c	s	d
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

```
s=a^b^c
d=(a&b)|(a&c)|(b&c)
```




```
void main()
{
  unsigned int z1, z2;
  unsigned int s, s1, s2, sum, c;
  printf( "Gib bitte zwei Zahlen ein: ");
  scanf( "%d %d", &z1, &z2);
  for( sum = 0, s = 1, c = 0; s != 0; s <<= 1, c <<= 1)
  {
    s1 = z1 & s;
    s2 = z2 & s;
    sum = sum | (s1 ^ s2 ^ c);
    c = (s1 & s2) | (s1 & c) | (s2 & c);
  }
  printf( "Summe: %d\n", sum);
}
```

z1, z2 sind die zu addierenden Zahlen
s ist die Maske, die über die Zahlen geschoben wird.
s1, s2 sind die aus den Zahlen z1 und z2 maskierten Bits.
sum ist die zu berechnende Summe
c ist der Übertrag (carry).

Maske und Carry werden über die Zahlen geschoben

Die Bits werden aus den Zahlen gemiert.

danach werden Summe und Übertrag für die betrachtete Stelle berechnet.

```
Gib bitte zwei Zahlen ein: 12345 67890
Summe: 80235
```


Notizen

Zeichen

Hochschule RheinMain

Zeichen oder Buchstaben werden als „kleine“ vorzeichenlose Zahlen (`unsigned char`) gespeichert.

Jedes Zeichen hat seinen speziellen Code:

ASCII-Zeichentabelle, hexadezimale Nummerierung

Code	...0	...1	...2	...3	...4	...5	...6	...7	...8	...9	...A	...B	...C	...D	...E	...F
0...	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1...	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2...	SP	!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3...	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4...	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5...	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6...	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7...	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	DEL

Quelle: Wikipedia

Das Zeichen Z hat den ASCII-Code .
Der numerische Wert ist dabei relativ unwichtig.
Wichtig ist das Bitmuster:

5a = 0101 1010

Der ASCII-Zeichensatz enthält keine Codes für speziellen Zeichen wie Umlaute oder ß.

Notizen

Ein- und Ausgabe von Zeichen

Hochschule RheinMain

Zeichenkonstanten werden in einfache Hochkommata gesetzt (`'a'` ...`'Z'`). Für das nicht druckbare Zeilenvorschub-Zeichen verwenden wir die Ersatzdarstellung `'\n'`.

Als Typ für Zeichenvariablen wird `char` (oder `unsigned char`) verwendet.

Bei der Ein- beziehungsweise Ausgabe einzelner Zeichen wird `"%c"` als Formatanweisung verwendet:

```
char a, b, c;
a = 'x';
b = '\n';
printf("Bitte gib einen Buchstaben ein: ");
scanf("%c", &c);
printf("Ausgabe: %c%c%c\n", a, b, c);
```

Zeichenkonstanten

Zeichen werden mit der Formatanweisung %c eingelesen ...

... bzw ausgegeben

Die Ausgabe von b ...

```
Bitte gib einen Buchstaben ein: Q
Ausgabe: x
Q
```

... erzeugt einen Zeilenvorschub

Beachten Sie, dass beim Lesen mit %c nur das eine Zeichen eingelesen wird und zusätzlich eingegebene Zeichen, wie das unvermeidliche Linefeed zum Abschluss der Eingabe, im Eingabepuffer verbleiben und dann ggf. bei der nächsten Leseoperation gelesen werden.

Notizen

Zeichen als Zahlen

Hochschule RheinMain

Intern sind Zeichen (kleine) Zahlen

Dass Zeichen (`char`) Zahlen sind, hat den positiven Seiteneffekt, dass mit Zeichen, wie mit Zahlen, gerechnet werden kann:

```
char x;

for( x = 'A'; x <= 'K'; x = x + 1)
    printf( "%d %c\n", x, x);
```

```
65: A
66: B
67: C
68: D
69: E
70: F
71: G
72: H
73: I
74: J
75: K
```

Da die Nummerierung der Zeichen im ASCII-Code der alphabetischen Reihenfolge entspricht, kann dies genutzt werden, um Zeichen alphabetisch zu sortieren.

Notizen

Ausgabe des ASCII-Zeichensatzes

Hochschule RheinMain

```
void main()
    {
    unsigned char zeile, spalte, z;

    printf( "    ");
    for( spalte = 0; spalte < 0x10; spalte ++)
        printf( " .%x", spalte);
    printf( "\n");

    for( zeile = 0; zeile < 0x08; zeile++)
        {
        printf( "  %x.", zeile);

        for( spalte = 0; spalte < 0x10; spalte ++)
            {
            z = (zeile << 4)|spalte;
            if( (z > 0x20) && ( z < 0x7f))
                printf( "  %c", z);
            else
                printf( "  .");
            }

        printf( "\n");
        }
    }
```

- Der Datentyp für Zeichen ist `unsigned char`
- `0x10` = 16 Spalten
- Schleife zur Erzeugung der Überschrift
- Hexadezimale Ausgabe mit `%x`
- Doppelschleife zur Erzeugung der Tabelle
- Arithmetisch: $z = zeile \cdot 2^4 + spalte$
- Unterscheidung in druckbare bzw. nicht druckbare Zeichen
- Druckbare Zeichen: $20_{16} < z < 7f_{16}$
- Ausgabe von Zeichen mit `%c`

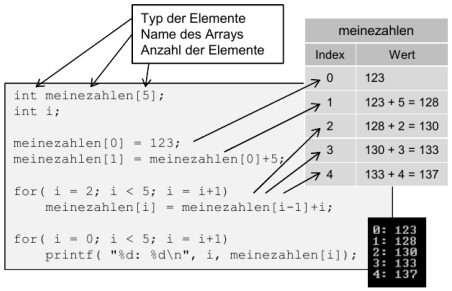
```
    .0 .1 .2 .3 .4 .5 .6 .7 .8 .9 .a .b .c .d .e .f
 0. .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1. .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 2. .  !  "  #  $  %  &  '  (  )  *  +  ,  -  .  /
 3. 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  :  ;  <  =  >  ?
 4. @  A  B  C  D  E  F  G  H  I  J  K  L  M  N  O
 5. P  Q  R  S  T  U  V  W  X  Y  Z  [  \  ]  ^  _
 6. `  a  b  c  d  e  f  g  h  i  j  k  l  m  n  o
 7. p  q  r  s  t  u  v  w  x  y  z  {  |  }  ~  .
```


Notizen

Arrays

Hochschule RheinMain

Ein **Array** ist eine Aneinanderreihung von Datenelementen gleichen Typs. Über einen Index kann auf jedes Datenelement unmittelbar zugegriffen werden.



Arrays können direkt bei ihrer Definition mit Werten gefüllt werden:

```
int meinezahlen[5] = { 1, 2, 3, 4, 5};
```

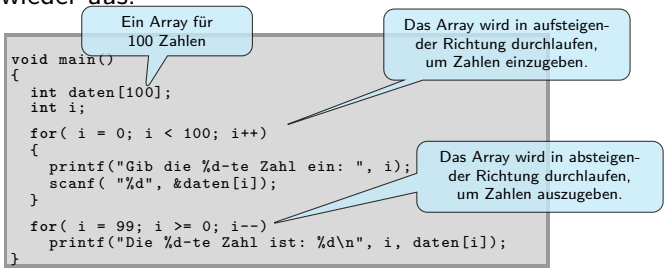
Achtung: Die Nummerierung der Elemente im Array beginnt mit dem Index 0. Hat ein Array 5 Elemente, so sind diese von 0 bis 4 nummeriert. Der Programmierer muss darauf achten, nur gültige Indizes zu verwenden. Bei der Verwendung ungültiger Indizes stürzt das Programm in der Regel ab.

Notizen

Programmierbeispiel

Hochschule RheinMain

Lies 100 Zahlen von der Tastatur ein und gib sie in umgekehrter Reihenfolge wieder aus.



Notizen

Zweidimensionale Arrays

Hochschule RheinMain

Entfernungstabelle

Eine **Entfernungstabelle** gibt die Entfernung zwischen zwei geographischen Orten an, wobei es sich häufig um Großstädte handelt. Die Entfernung wird dabei in der Luftlinie oder für ein bestimmtes Verkehrsmittel angegeben.

Beispiel

	A	B	C	D	E
A	.	2	5	9	14
B	2	.	7	15	27
C	5	7	.	9	23
D	9	15	9	.	12
E	14	27	23	12	.

```
void main()
    {
    int start, ziel, distanz;
    int entfernung[5][5] = {
                            { 0, 2, 5, 9,14},
                            { 2, 0, 7,15,27},
                            { 5, 7, 0, 9,23},
                            { 9,15, 9, 0,12},
                            {14,27,23,12, 0}
                           };

    printf( "Gib zwei Orte (0-4) ein: ");
    scanf( "%d %d", &start, &ziel);

    distanz = entfernung[start][ziel];

    printf( "Entfernung zwischen %d und %d: %d km\n", start, ziel, distanz);
    }
```

Hier wird ein zweidimensonaler Array für 5x5 `int`-Werte angelegt und initialisiert.

Zeilen- und Spaltenindex werden eingelesen.

Die Entfernung wird aus der Tabelle gelesen und ausgegeben.

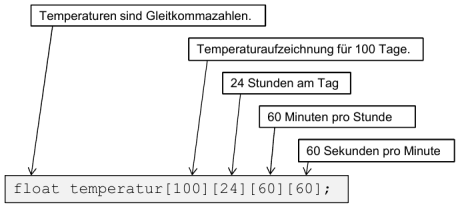
```
Gib zwei Orte (0-4) ein: 0 3
Entfernung zwischen 0 und 3: 9 km
```


Notizen

Arrays mit mehr als zwei Dimensionen

Hochschule RheinMain

Wenn man über einen Zeitraum von 100 Tagen sekündlich die Temperatur aufzeichnen will, kann man ein vierdimensionales Array verwenden:



Die Temperatur am 5. Tag der Aufzeichnungen um 10 Sekunden nach 14:00 Uhr erhält man dann mit dem Zugriff:

```
t = temperatur[4][14][0][10]
```

Beachten Sie, dass die Zählung der Tage, Stunden, Minuten und Sekunden im Array mit 0 beginnt.

Notizen

Zeichenketten

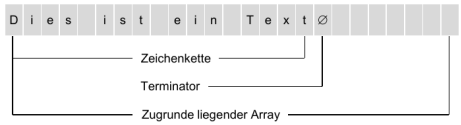
Hochschule RheinMain

Konstante Zeichenketten[2] werden in doppelte Hochkommata eingeschlossen:
`"Hello World\n"`

Beachten Sie den Unterschied:

- `'A'` ist der **Buchstabe** A
- `"A"` ist ist eine **Zeichenkette**, die nur den Buchstaben A enthält

Eine Zeichenkette wird in einem Array mit Basistyp `char` (oder `unsigned char`) gespeichert und durch einen Terminator (0) abgeschlossen:



Das Array kann größer als benötigt sein, es muss aber, wegen des Terminators, mindestens `n+1` Elemente haben, um eine Zeichenkette der Länge `n` aufzunehmen.

Bei dem Terminator handelt es sich um die (binäre) 0 nicht um das Zeichen '0'.

[2] Auch: *Strings*

Notizen

Ein- und Ausgabe von Zeichenketten

Hochschule RheinMain

Zeichenketten werden mit der Formatanweisung `%s` in ein Array eingelesen und mit der Formatanweisung `%s` ausgegeben.

```
void main()
{
  char wort[100];
  int i;

  printf("Wort: ", i);
  scanf( "%s", wort);

  for( i = 0; wort[i] != 0; i++)
    ;

  printf("%s hat %d Zeichen\n", wort, i);
}
```

Das Array für die Zeichenkette wird bereitgestellt

Ein Wort wird eingelesen
Beachten Sie, dass kein & vor dem Variablennamen steht!

Die Zeichen werden gezählt, solange nicht der Terminator auftaucht. Beachten Sie, dass der Schleifenkörper leer ist.

Die Zeichenkette und ihre Länge werden ausgegeben.

```
Wort: Rindfleischettikettierungsueberwachungsaufgabenuebertragungsgesetz
Rindfleischettikettierungsueberwachungsaufgabenuebertragungsgesetz hat 69 Zeichen
```

Der Terminator wird beim Einlesen automatisch hinzugefügt. Am Terminator erkennt ein Programm das Wortende.

Beim Einlesen von Zeichenketten mit `scanf` wird dem Variablennamen kein `&` vorangestellt . Wenn Sie ein `&` setzen, wird Ihr Programm abstürzen.

Bei der Eingabe wird nicht geprüft, ob das Array groß genug ist, um die Zeichenkette aufzunehmen. Werden mehr Zeichen eingegeben, als der Array aufnehmen kann, stürzt das Programm i.d.R. ab.

→ stellt auch eine Angriffslücke für Pufferüberlauf-Attacken dar.

Notizen

Manipulation von Zeichenketten

Hochschule RheinMain

Zeichenketten können durch Zugriff in das Array nach Belieben erzeugt oder verändert werden:

```
char wort[20];
wort[0] = 'A'; // Erster Buchstabe A
wort[1] = wort[0]; // Zweiter Buchstabe auch A
wort[2] = 0; // Terminator, Zeichenkette ist "AA"
```

Dabei ist folgendes unbedingt zu beachten:

- Die Nummerierung der Zeichen beginnt beim Index 0. Wenn die Zeichenkette n Zeichen hat, sind diese von 0 bis n-1 nummeriert. Der Terminator hat den Index n.
- Die Zeichenkette befindet sich in einem Array fester Länge. Sie müssen darauf achten, dass bei Veränderungen (zum Beispiel durch Anfügen von Buchstaben) die Grenzen des zugrunde liegenden Arrays nicht überschritten werden.
- Wegen des Terminators muss das Array, das die Zeichenkette aufnimmt, mindestens ein Element mehr haben als der String Zeichen enthält.
- Die Zeichenkette muss nach Manipulationen immer konsistent sein. Insbesondere bedeutet das, dass das Terminator-Zeichen korrekt positioniert werden muss.

Auf die Rahmenbedingungen hat der Programmierer zu achten. Verletzt er eine dieser Bedingungen, stürzt das Programm in der Regel ab.

Notizen

Beispiel: Palindromerkennung

Hochschule RheinMain

```
void main()
    {
    char wort[100];
    int vorn, hinten;

    printf( "Wort: ");
    scanf( "%s", wort);

    for( hinten = 0; wort[hinten] != 0; hinten++)
        ;

    for( vorn = 0, hinten--; vorn < hinten; vorn++, hinten--)
        {
        if( wort[vorn] != wort[hinten])
            break;
        }

    if( vorn < hinten)
        printf( "Kein Palindrom\n");
    else
        printf( "Palindrom\n");
    }
```

Ein Wort wird eingelesen.

Das Wortende wird gesucht.

`hinten` ist der Index des Terminators und wird darum um 1 zurückgesetzt.

Das Wort wird von vorn vorwärts und von hinten rückwärts durchlaufen, solange `vorn` noch vor `hinten` liegt.

Wenn vorn ein anderes Zeichen steht als hinten, wird die Schleife abgebrochen.

Wenn die Schleife vorzeitig abgebrochen wurde, handelt es sich um kein Palindrom.

```
Wort: einnegermitgazellezagtimregennie
Palindrom
```


Notizen

Beispiel: Galgenmännchen

Hochschule RheinMain

Galgenmännchen

```
void main()
    {
    char wort[100], anzeige[100];
    int versuch;
    int nochzuraten, i, anzahl;

    printf( "Wort: ");
    scanf( "%s", wort);

    for( nochzuraten = 0; wort[nochzuraten] != 0; nochzuraten++)
        anzeige[nochzuraten] = '-';
    anzeige[nochzuraten] = 0;

    for( anzahl = 1; nochzuraten != 0; anzahl++)
        {
        printf( "%s\n", anzeige);
        printf( "%d-ter Versuch: ", anzahl);

        scanf( "\n%c", &versuch);

        for( i = 0; wort[i] != 0; i++)
            {
            if( (wort[i] == versuch) && (anzeige[i] == '-'))
                {
                anzeige[i] = versuch;
                nochzuraten--;
                }
            }
        }
    printf( "%s\n", anzeige);
    printf( "Du hast %d Versuche benoetigt\n", anzahl-1);
    }
```

Puffer für das Ratewort und den Anzeigestring.

Das zu ratende Wort wird eingelesen.

Der Anzeigestring wird aufbereitet, indem für alle Zeichen ein '-' gesetzt wird. Gleichzeitig wird gezählt, wie viele Zeichen zu raten sind.

Der Anzeigestring wird terminiert.

Schleife über alle Rateversuche.

Eingabe eines neuen Zeichens. Vor dem Lesen wird mit \n der noch in der Eingabe stehende Zeilenvorschub aus der letzten Eingabe konsumiert.

Schleife über das zu ratende Wort.

Wenn der geratene Buchstabe mit dem Zeichen im Wort übereinstimmt und in der Anzeige noch ein '-' steht, wird das Zeichen in die Anzeige übernommen und es ist nur noch ein Buchstabe weniger zu erraten.

```
Wort: mississippi
----------
1-ter Versuch: i
-i--i--i--i
2-ter Versuch: a
-i--i--i--i
3-ter Versuch: s
-ississi--i
4-ter Versuch: p
-ississippi
5-ter Versuch: m
mississippi
Du hast 5 Versuche benoetigt
```


Notizen

Kopieren von Zeichenketten

Hochschule RheinMain

Zeichenketten können nicht mit = kopiert werden

Zum Erstellen einer Kopie, muss die Zeichenkette Zeichen für Zeichen kopiert werden.

Die Kopie muss mit dem Terminatorzeichen abgeschlossen werden.

```
char original[100], kopie[100];
int i;

printf( "Eingabe:  ");
scanf( "%s", original);

for( i = 0; original[i] != 0; i++)
    kopie[i] = original[i];
kopie[i] = 0;

printf( "\nOriginal: %s", original);
printf( "\nKopie:    %s", kopie);
```

Zeichen für Zeichen wird von `original` nach `kopie` kopiert.

Hier wird die Kopie terminiert.

```
Eingabe:  Rindfleischetikettierungsüberwachungsaufgabenübertragungsgesetz

Original: Rindfleischetikettierungsüberwachungsaufgabenübertragungsgesetz
Kopie:    Rindfleischetikettierungsüberwachungsaufgabenübertragungsgesetz
```

Später werden wir eine „Funktion“ zum Kopieren von Zeichenketten kennenlernen.

Notizen

Vergleichen von Zeichenketten

Hochschule RheinMain

Zeichenketten können nicht mit == verglichen werden

Zum Vergleich müssen die Zeichenketten Zeichen für Zeichen miteinander verglichen werden.

```
char wort1[100], wort2[100];
int i;

printf( "Wort1:  ");
scanf( "%s", wort1);
printf( "Wort2:  ");
scanf( "%s", wort2);

for( i = 0; (wort1[i] != 0) && (wort1[i] == wort2[i]); i++)
    ;
if( wort1[i] == wort2[i])
    printf( "Die Worte sind gleich\n");
else
    printf( "Die Worte sind verschieden");
```

Zeichen für Zeichen wird geprüft. Solange das erste Wort noch nicht beendet ist und die Zeichen im ersten und zweiten Wort gleich sind, wird weiter geprüft.

Am zuletzt geprüften Zeichen kann man erkennen, ob die beiden Worte gleich waren.

```
Wort1:  Rindfleischetikettierungsüberwachungsaufgabenübertragungsgesetz
Wort2:  Rindfleischetikettierungsüberwachungsaufgabenübertragungsgesezz
Die Worte sind verschieden
```

Später werden wir eine „Funktion“ zum Vegleichen von Zeichenketten kennenlernen.

Notizen

Beispiel: Buchstabenstatistik

Hochschule RheinMain

Aufgabe: Erstelle ein Programm, das eine Textzeile von der Tastatur einliest und eine Statistik über das Vorkommen von Buchstaben berechnet, in etwa so:

```
Text: franzjagtimkomplettverwarlostentaxiquerdurchbayern

Auswertung:
a:5
b:1
c:1
d:1
e:5
f:1
g:1
h:2
i:2
j:1
k:1
l:2
m:2
n:3
o:2
p:1
q:1
r:6
s:1
t:5
u:2
v:1
w:1
x:1
y:1
z:1
```


Notizen

Beispiel: Buchstabenstatistik

Hochschule RheinMain

```
void main()
    {
    char text[100];
    int statistik[26];
    int i;

    for( i = 0; i < 26; i++)
        statistik[i] = 0;

    printf( "Text: ");
    scanf( "%s", text);

    for( i = 0; text[i] != 0; i++)
        {
        if( (text[i] >= 'a') && ( text[i] <= 'z'))
            statistik[text[i]-'a']++;
        }

    printf( "\nAuswertung:\n");
    for( i = 0; i < 26; i++)
        printf( "%c: %d\n", 'a' + i, statistik[i]);
    }
```

Arrays für die Eingabe und 26 Buchstabenzähler.

Alle 26 Buchstabenzähler werden auf 0 gesetzt.

Der Text wird eingelesen.

Hier wird über die gesamte Eingabe iteriert.

Es werden nur Zeichen betrachtet, die zwischen a und z liegen.

Ausgabe der Statistik.

Das Zeichen wird im Array `statistik` gezählt:

`text[i]`	ist das i-te Zeichen im Text
`text[i]- 'a'`	ist der Index des Zählers für das Zeichen `text[i]` ('a'→0, 'b' →1, …'z' →25)
`statistik[text[i]-'a']`	ist der der Statistikzähler für das Zeichen `text[i]`
`statistik[text[i]-'a']++`	bedeutet, dass der Statistikzähler für das Zeichen `text[i]` um 1 erhöht wird

Notizen

Notizen