⟨direct-declarator⟩ ⟶ ⟨simple-declarator⟩
⟶ „(“ ⟨simple-declarator⟩ „)“
⟶ ⟨function-declarator⟩
⟶ ⟨array-declarator⟩
⟨array-declarator⟩ ⟶ ⟨direct-declarator⟩ „[“ [⟨array-qualifier-list⟩]
[⟨array-size-expression⟩] „]“
⟨array-qualifier-list⟩ ⟶ ⟨array-qualifier⟩
⟶ ⟨array-qualifier-list⟩ ⟨array-qualifier⟩
⟨array-qualifier⟩ ⟶ **static**
⟶ **restrict**
⟶ **const**
⟶ **volatile**
⟨array-size-expression⟩ ⟶ ⟨assignment-expression⟩
⟶ „*“
⟨simple-declarator⟩ ⟶ ⟨identifier⟩

- Wie bei den Zeigertypen erfolgt die Typspezifikation eines Arrays nicht im Rahmen eines ⟨type-specifier⟩.
- Stattdessen gehört eine Array-Deklaration zu dem ⟨init-declarator⟩. Das bedeutet, dass die Präzisierung des Typs zur genannten Variablen unmittelbar gehört.
- Entsprechend deklariert

```
int a[10], i;
```

  eine Array-Variable *a* und eine ganzzahlige Variable *i*.

- Arrays und Zeiger sind eng miteinander verwandt.
- Der Variablenname eines Arrays ist ein konstanter Zeiger auf den zugehörigen Element-Typ, der auf das erste Element verweist.
- Allerdings liefert **sizeof** mit dem Namen des Arrays als Operand die Größe des gesamten Arrays und nicht etwa nur die des Zeigers.
- Entsprechend liefert **sizeof**(a)/ **sizeof**(a[0]) die Anzahl der Elemente eines Arrays a. (Grundsätzlich gilt, dass **sizeof**(a[0]) ein Teiler von **sizeof**(a) ist, d.h. Alignment-Anforderungen eines Element-Typs erzwingen bei Bedarf eine Aufrundung des Speicherbedarfs des Element-Typs und nicht erst des Arrays.)

array.c

```
#include <stdio.h>
#include <stddef.h>

int main() {
   int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};
   /* Groesse des Arrays bestimmen */
   const size_t SIZE = sizeof(a) / sizeof(a[0]);
   int* p = a;  /* kann statt a verwendet werden */
   /* aber: a weiss noch die Gesamtgroesse, p nicht */
   printf("SIZE=%zd, sizeof(a)=%zd, sizeof(p)=%zd\n",
      SIZE, sizeof(a), sizeof(p));
   for (int i = 0; i < SIZE; ++i) {
      *(a + i) = i+1; /* gleichbedeutend mit a[i] = i+1 */
   }
   /* Elemente von a aufsummieren */
   int sum = 0;
   for (int i = 0; i < SIZE; i++) {
      sum += p[i];   /* gleichbedeutend mit ... = a[i]; */
   }
   printf("Summe: %d\n", sum);
}
```

- Die Indizierung beginnt immer bei 0.
- Ein Array mit 5 Elementen hat entsprechend zulässige Indizes im Bereich von 0 bis 4.
- Wird mit einem Index außerhalb des zulässigen Bereiches zugegriffen, so ist der Effekt undefiniert.
- Es ist dann damit zu rechnen, dass irgendeine andersweitig belegte Speicherfläche adressiert wird oder es zu einer harten Unterbrechung kommt, weil eine unzulässige Adresse dereferenziert wurde. Was tatsächlich passiert, hängt von der jeweiligen Adressraumbelegung ab.
- Viele bekannte Sicherheitslücken beruhen darauf, dass in C-Programmen die zulässigen Indexbereiche verlassen werden und auf diese Weise eingeschleuster Programmtext zur Ausführung gebracht werden kann.
- Anders als in Java gibt es aber keine automatisierte Überprüfung. Diese wäre auch wegen der Verwandtschaft von Arrays und Zeigern nicht mit einem vertretbaren Aufwand in C umzusetzen.

- Da der Name eines Arrays nur ein Zeiger auf das erste Element ist, werden bei der Parameterübergabe entsprechend nur Zeigerwerte übergeben.
- Entsprechend arbeitet die aufgerufene Funktion nicht mit einer Kopie des Arrays, sondern hat dank dem Zeiger den direkten Zugriff auf das Array des Aufrufers.
- Die Dimensionierung eines Arrays muss explizit mit Hilfe weiterer Parameter übergeben werden, wenn diese variabel sein soll.

array2.c

```
#include <stdio.h>

const int SIZE = 10;

/* Array wird veraendert, naemlich mit
   0, 1, 2, 3, ... initialisiert! */
void init(int a[], int length) {
   for (int i = 0; i < length; i++) {
      a[i] = i;
   }
}

int summe1(int a[], int length) {
   int sum = 0;
   for (int i = 0; i < length; i++) {
      sum += a[i];
   }
   return sum;
}
```

array2.c

```
int summe2(int* a, int length) {
   int sum = 0;
   for (int i = 0; i < length; i++) {
      sum += *(a+i); /* aequivalent zu ... += a[i]; */
   }
   return sum;
}

int main() {
   int array[SIZE];

   init(array, SIZE);

   printf("Summe: %d\n", summe1(array, SIZE));
   printf("Summe: %d\n", summe2(array, SIZE));
}
```

array3.c

```
int summe3(int length, int a[length]) {
   int sum = 0;
   for (int i = 0; i < length; i++) {
      sum += a[i];
   }
   return sum;
}

int main() {
   int array[17];

   init(sizeof(array)/sizeof(array[0]), array);
   printf("Summe: %d\n",
      summe3(sizeof(array)/sizeof(array[0]), array));
}
```

- Seit C99 sind auch variabel lange Arrays möglich bei lokalen Deklarationen und Parameterübergaben. Hier würde **sizeof**(*a*) in *summe3* die Gesamtgröße des Arrays liefern.

- So könnte ein zweidimensionales Array angelegt werden:

```
int matrix[2][3];
```

- Eine Initialisierung ist sofort möglich. Die geschweiften Klammern werden dann entsprechend verschachtelt:

```
int matrix[2][3] = {{0, 1, 2}, {3, 4, 5}};
```

Angenommen, die Anfangsadresse des Arrays liege bei 0*x1000* und eine ganze Zahl vom Typ **int** würde vier Bytes belegen, dann würde die Repräsentierung des Arrays *matrix* im Speicher folgendermaßen aussehen:

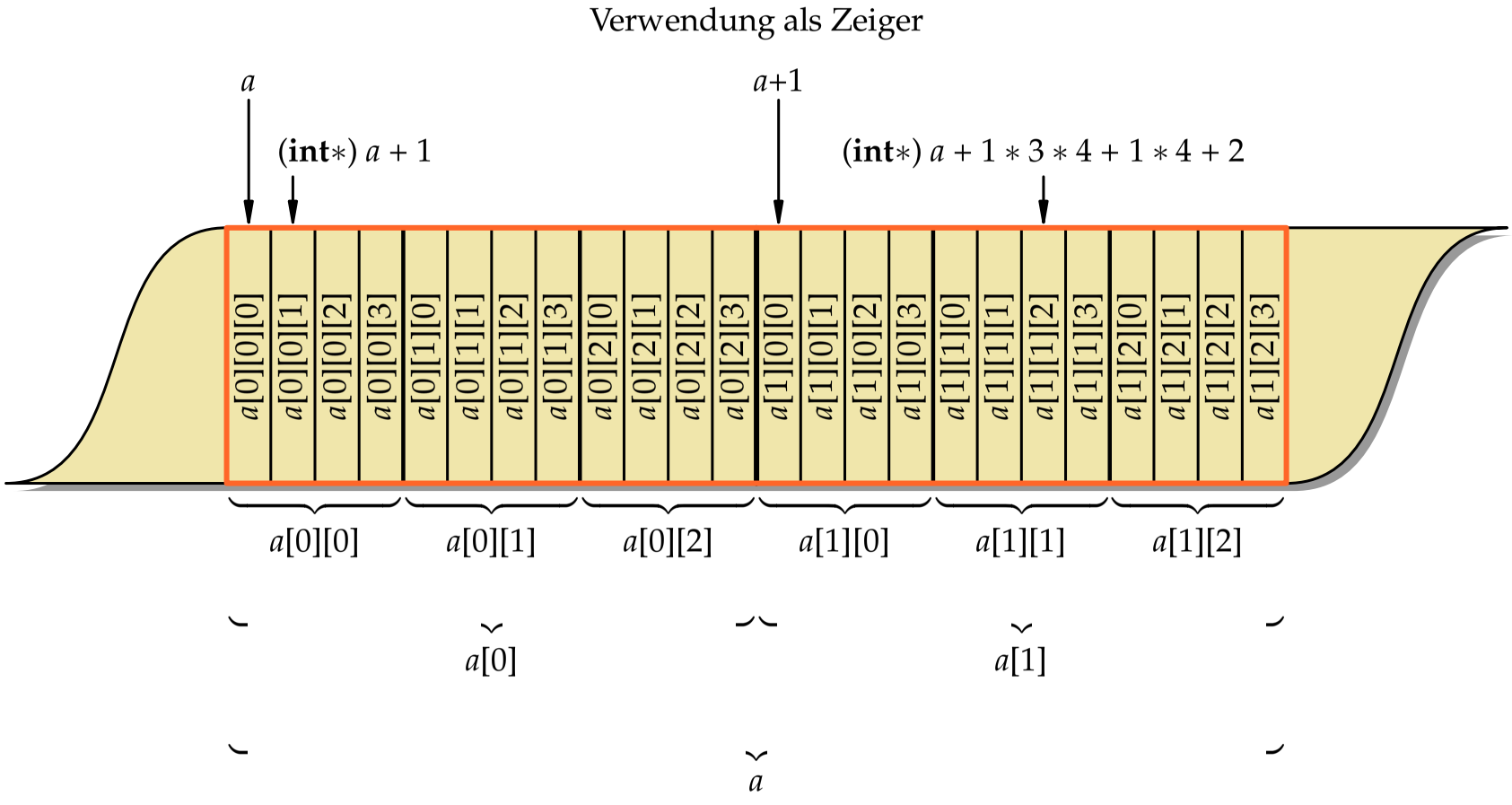
Element	**Adresse**	**Inhalt**
matrix[0][0]	0x1000	0
matrix[0][1]	0x1004	1
matrix[0][2]	0x1008	2
matrix[1][0]	0x100C	3
matrix[1][1]	0x1010	4
matrix[1][2]	0x1014	5

Diese zeilenweise Anordnung nennt sich *row-major* und hat sich weitgehend durchgesetzt mit der wesentlichen Ausnahme von Fortran, das Matrizen spaltenweise anordnet (*column-major*).

Repräsentierung eines Arrays im Speicher

- Gegeben sei:

```
int a[2][3][4];
```



Folgende Möglichkeiten stehen zur Verfügung:

- Alle Dimensionen mit Ausnahme der ersten werden explizit bei der Parameterdeklaration festgelegt. Nur die erste Dimension ist dann noch variabel.
- Das gesamte Array wird zu einem eindimensionalen Array verflacht. Eine mehrdimensionale Indizierung erfolgt dann „per Hand“.
- Beginnend mit C99 wird auch mehrdimensionale dynamische Parameterübergaben für Arrays unterstützt.

dynarray.c

```
#include <stdio.h>

void print_matrix(unsigned int rows, unsigned int cols,
      double m[rows][cols]) {
   for (int i = 0; i < rows; ++i) {
      for (int j = 0; j < cols; ++j) printf(" %10g", m[i][j]);
      printf("\n");
   }
}

int main() {
   double a[][3] = {{1.0, 2.3, 4.7}, {2.3, 4.4, 9.9}};
   print_matrix(/* rows = */ sizeof(a)/sizeof(a[0]),
      /* cols = */ sizeof(a[0])/sizeof(a[0][0]), a);
}
```

- Die Dimensionierungsparameter müssen dem entsprechenden Array in der Parameterdeklaration vorangehen.

- Zeichenketten werden in C als Arrays von Zeichen repräsentiert: **char**[]
- Das Ende der Zeichenkette wird durch ein sogenanntes Null-Byte ('\0') gekennzeichnet.
- Da es sich bei Zeichenketten um Arrays handelt, werden bei der Parameterübergabe nur die Zeiger als Werteparameter übergeben.
- Die Zeichenkette (also der Inhalt des Arrays) kann entsprechend von der aufgerufenen Funktion verändert werden.

- Zeichenketten-Konstanten können durch von Doppelapostrophen eingeschlossene Zeichenfolgen spezifiziert werden. Hier im Rahmen einer Initialisierung:

```
char greeting[] = "Hallo";
```

- Dies ist eine Kurzform für

```
char greeting[] = {'H', 'a', 'l', 'l', 'o', '\0'};
```

- Eine Zeichenketten-Konstante steht für einen Zeiger auf den Anfang der Zeichenkette:

```
char* greeting = "Hallo";
```

- Wenn die Zeichenketten-Konstante nicht eigens mit einer Initialisierung in ein deklariertes Array kopiert wird und somit der Zugriff nur über einen Zeiger erfolgt, sind nur Lesezugriffe zulässig.

Zeichenketten: Was ist zulässig?

strings.c

```
#include <stdio.h>

int main() {
   char array[10];
   char string[] = "Hallo!"; /* Groesse wird vom Compiler bestimmt */
   char* s1 = "Welt";
   char* s2;

   /* array = "not OK"; */   /* nicht zulaessig */
   array[0] = 'A';           /* zulaessig */
   array[1] = '\0';
   printf("array: %s\n", array);
   /* s1[5] = 'B'; */        /* nicht zulaessig */
   s1 = "ok";                /* zulaessig */
   printf("s1: %s\n", s1);
   s2 = s1;                  /* zulaessig */
   printf("s2: %s\n", s2);
   string[0] = 'X';          /* zulaessig */
   printf("string: %s\n", string);
   printf("sizeof(string): %zd\n", sizeof(string));
}
```

strings1.c

```
/* Laenge einer Zeichenkette bestimmen */
int my_strlen1(char s[]) {
   int i;
   /* bis zum abschliessenden Null-Byte laufen */
   for (i = 0; s[i] != '\0'; i++); /* leere Anweisung! */
   return i;
}
```

- Die Bibliotheksfunktion *strlen()* liefert die Länge einer Zeichenkette zurück.
- Als Länge einer Zeichenkette wird die Zahl der Zeichen *vor* dem Null-Byte betrachtet.
- *my_strlen1()* bildet hier die Funktion nach unter Verwendung der vektoriellen Notation.

strings1.c

```
/* Laenge einer Zeichenkette bestimmen */
int my_strlen2(char* s) {
   char* t = s;
   while (*t++);
   return t-s-1;
}
```

- Alternativ wäre es auch möglich, mit der Zeigernotation zu arbeiten.
- Zu beachten ist hier, dass der Post-Inkrement-Operator $++$ einen höheren Rang hat als der Dereferenzierungs-Operator $*$.
- Entsprechend bezieht sich das Inkrement auf t. Das Inkrement wird aber erst *nach* der Dereferenzierung als verspäteter Seiteneffekt ausgeführt.

strings1.c

```
/* Kopieren einer Zeichenkette von s nach t
   Vorauss.: genuegend Platz in t */
void my_strcpy1(char t[], char s[]) {
   for (int i = 0; (t[i] = s[i]) != '\0'; i++);
}
```

- Das ist ein Nachbau der Bibliotheksfunktion *strcpy()* die (analog zur Anordnung bei einer Zuweisung) den linken Parameter als Ziel und den rechten Parameter als Quelle der Kopier-Aktion betrachtet.
- Hier zeigt sich auch eines der großen Probleme von C im Umgang mit Arrays: Da die tatsächlich zur Verfügung stehende Länge des Arrays *t* unbekannt bleibt, können weder *my_strcpy1()* noch die Laufzeitumgebung dies überprüfen.

strings1.c

```
/* Kopieren einer Zeichenkette von s nach t
   Vorauss.: genuegend Platz in t */
void my_strcpy2(char* t, char* s) {
   for (; (*t = *s) != '\0'; t++, s++);
}
```

- In der Zeigernotation wird es einfacher.

strings1.c

```
/* Kopieren einer Zeichenkette von s nach t
   Vorauss.: genuegend Platz in t */
void my_strcpy3(char* t, char* s) {
   while ((*t++ = *s++) != '\0');
}
```

- Die Inkrementierung lässt sich natürlich (wie schon bei der Längenbestimmung) mit integrieren.

strings1.c

```
/* Kopieren einer Zeichenkette von s nach t
   Vorauss.: genuegend Platz in t */
void my_strcpy4(char* t, char* s) {
   while ((*t++ = *s++));
}
```

- Der Vergleichstest mit dem Nullbyte lässt sich natürlich streichen.
- Allerdings gibt es dann eine Warnung des gcc, dass möglicherweise der Vergleichs-Operator == mit dem Zuweisungs-Operator = verwechselt worden sein könnte.
- Diese Warnung lässt sich (per Konvention) durch die doppelte Klammerung unterdrücken. Damit wird klar lesbar zum Ausdruck gegeben, dass es sich dabei nicht um ein Versehen handelt.

strings1.c

```
/* Vergleich zweier Zeichenketten
   Ergebnis: 0 fuer s = t, > 0 fuer s > t und < 0 fuer s < t */
int my_strcmp1(char s[], char t[]) {
   int i;
   for (i = 0; s[i] == t[i] && s[i] != '\0'; i++);
   return s[i] - t[i];
}
```

- Um alle sechs Vergleichsrelationen mit einer Funktion unterstützen zu können, arbeitet die Bibliotheksfunktion *strcmp()* mit einem ganzzahligen Rückgabewert, der < 0 ist, falls $s < t$, $= 0$ ist, falls s mit t übereinstimmt und > 0, falls $s > t$.

strings1.c

```
/* Vergleich zweier Zeichenketten
   Ergebnis: 0 fuer s = t, > 0 fuer s > t und < 0 fuer s < t */
int my_strcmp2(char* s, char* t) {
   for (; *s == *t && *s != '\0'; s++, t++);
   return *s - *t;
}
```

- Auch dies lässt sich in die Zeigernotation umsetzen.
- Auf ein integriertes Post-Inkrement wurde hier verzichtet, da dann die beiden Zeiger eins zu weit stehen, wenn es darum geht, die Differenz der unterschiedlichen Zeichen zu berechnen.