# 5. Abgeleitete Datentypen

Prof. Dr. Markus Gross
Informatik I für D-ITET (WS 03/04)

- Felder (Arrays)
- Zeichenketten (Strings)
- Strukturen (Structs)

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003



## Arrays

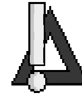
- Ein *Array* ist ein Datentyp, der mehrere Werte des gleichen Typs speichern kann
  - 60 ints oder 120 chars
- Die Definition eines Arrays besteht aus 3 Elementen:
  - Typ der zu speichernden Elemente
  - Name des Arrays
  - Anzahl der Elemente
- **`int students[241];`**
- Legt ein Array mit 241 Variablen des Typs `int` an und reserviert entsprechend Speicherplatz
- Allgemeine Form:
  ***`typeName arrayName[arraySize];`***

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Arrays

- ***`arraySize`*** muss **`const`** sein
- ***`arraySize`*** darf keine Variable sein
- Ein *Array* ist ein *abgeleiteter* Typ, da er auf anderen Typen aufbaut
- Der Zugriff auf Elemente eines Arrays erfolgt durch Indizierung
- Der *Index* beginnt immer bei 0!
- **`students[111] = 64;`**
- Setzt also das 112. Element des Arrays
- Dies führt leicht zu Fehlern

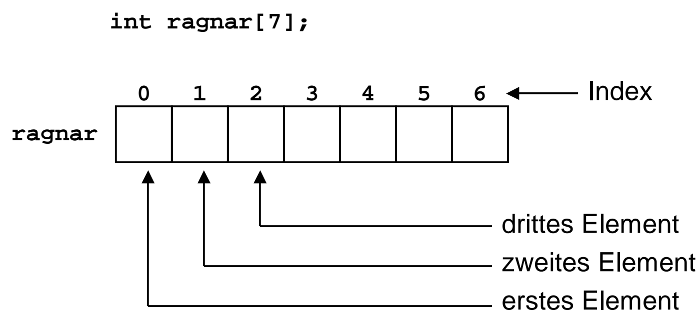


Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Illustration

```
int ragnar[7];
```




**`ragnar`** ist ein Array mit 7 Elementen vom Typ **`int`**

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 



# Beispiel_1: Array anlegen

```
// arrayone.cpp _ small arrays of integers
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int yams[3];     // creates array with three elements
    yams[0] = 7;     // assign value to first element
    yams[1] = 8;
    yams[2] = 6;

    int yamcosts[3] = {20, 30, 5};

// create, initialize array
// NOTE: If your C++ compiler or translator can't initialize
// this array, use static int yamcosts[3] instead of
// int yamcosts[3]

    cout << "Total yams = ";
    cout << yams[0] + yams[1] + yams[2] << "\n";
    cout << "The package with " << yams[1] << " yams costs ";
    cout << yamcosts[1] << " cents per yam.\n";
    int total = yams[0] * yamcosts[0] + yams[1] * yamcosts[1];
    total = total + yams[2] * yamcosts[2];
    cout << "The total yam expense is " << total << " cents.\n";

    cout << "\nSize of yams array = " << sizeof yams;
    cout << " bytes.\n";
    cout << "Size of one element = " << sizeof yams[0];
    cout << " bytes.\n";
    return 0;
}
```

Definition des Arrays (→ `int yams[3];`)

Initialisierung (→ `yams[1] = 8;`)

Initialisierungsliste (→ `int yamcosts[3] = {20, 30, 5};`)

Adressierung (→ `yams[1]`)

Grösse eines Elementes (→ `sizeof yams[0]`)

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 



# Initialisierung

- Initialisierung kann auf zwei Arten erfolgen
  - Initialisierungsliste bei Definition
    `int hotel[2] = {1,2};`
  - Explizit
    `hotel[0] = 1;`
- Arrays können auch partiell initialisiert werden
  - `int hotel[5] = {1,2};`
  - `int hotel[500] = {0};`
- Compiler setzt die restlichen Elemente zu 0
- Compiler berechnet Arraygösse automatisch bei Initialiserung
  - `int hotel[] = {0,1,2,3};`

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 7 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Mehrdimensionale Arrays

- Arrays können in beliebiger Dimension angelegt werden
- Für jede Dimension muss die Arraygrösse getrennt angegeben werden
- Definition erfolgt analog zu 1D
  - `int hotel[3][2];`
- Initialisierung ebenso
  - Initialisierungsliste bei Definition
    `int hotel[3][2] = {{1,2},{3,4},{5,6}};`
  - Explizit
    `hotel[0][1] = 2;`
- Zugriff durch Index-Vektor
  - `int ndArray[2][2][2][2];`
  - `ndArray[1][1][1][1] = 3;`

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 8 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Strings

- Ein String ist eine Reihe von Zeichen, welche in aufeinanderfolgenden Bytes im Speicher gehalten werden
- Ein C++ String muss immer mit `\0` (*null character*) enden
  - `\0` benötigt ein zusätzliches Byte
  - `char stud[5] = {'b','i','l','l','\0'};`
  - `char stud[5] = {'b','i','l','l','y'};`
    Kein String!
- Initialisierung auf zwei Arten
  - `char stud[5] = {'b','i','l','l','\0'};`
  - `char stud[] = "billy";`
- `"billy"` ist ein *String Literal*

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Strings

- Bei String Literalen wird der Null Character automatisch eingefügt
- Einzelnes Zeichen darf nicht mit String verwechselt werden
  - **`char stud = 'b'; //O.K.`**
  - **`char stud = "b"; //not O.K. Type mismatch`**
- **`cout`** kann Strings sinnvoll auf der Konsole ausgeben
  - **`cout << "Markus ist ein Lieber \n";`**
- Strings können mit Hilfe von Arrays gespeichert und verwaltet werden
- **`<cstring>`** *Bibliothek* (*library*) stellt viele wichtige String-Funktionen zur Verfügung

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Beispiel_2: String und Array

```
// strings.cpp _ storing strings in an array
#include <iostream>
#include <cstring>  // for the strlen() function
using namespace std;
int main()
{
    const int Size = 15;
    char name1[Size];               // empty array
    char name2[Size] = "C++owboy";  // initialized array

// NOTE: some implementations may require the static keyword
// to initialize the array name2

    cout << "Howdy! I'm " << name2;
    cout << "! What's your name?\n";
    cin >> name1;

    cout << "Well, " << name1 << ", your name has ";
    cout << strlen(name1) << " letters and is stored\n";
    cout << "in an array of " << sizeof name1 << " bytes.\n";

    cout << "Your initial is " << name1[0] << ".\n";
    name2[3] = '\0';                // null character

    cout << "Here are the first 3 characters of my name: ";
    cout << name2 << "\n";
     return 0;
}
```

Definition einer Konstanten

Array für String

Initialisierung

Eingabe

Funktion aus `cstring`

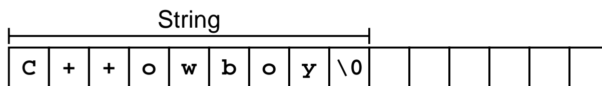
Ausgabe

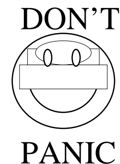
Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 11 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## Initialisierung des Arrays

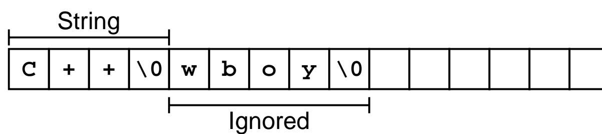
- Bei der Initialisierung werden die restlichen Stellen des Arrays unbesetzt belassen

```
const int ArSize = 15;
char name2[ArSize] = "C++owboy";
```




```
name2[3] = '\0';
```




- String Input pp. 100-109 bitte selbstständig anschauen

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 12 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## Structs

- Ein *Struct* ist ein Datentyp, der mehrere Werte verschiedener Typen speichern kann
- Vielseitiger als Array und enorm mächtig
- Ein Struct ist ein Vorläufer einer Klasse
- Trennung von Deklaration des Typs und Definition einer Variable des Typs
- Deklaration des Typs erfolgt durch
  - Schlüsselwort `struct`
  - Name (*Name Tag*)
  - Aufzählung der *Struct Member* Variablen
- Definition einer Variablen dieses Typs erfolgt durch Verwendung des Name Tags

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 13 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Structs

- Beispiel für Deklaration

```
struct product
{
   char name[20];
   float volume;
   double price;
};
```

- Deklaration erfolgt oft ausserhalb von Funktionen
  - Externe Deklaration - Globale Sichtbarkeit (scope)
  - Interne Deklaration - Lokale, auf Funktion beschränkte Sichtbarkeit
- Definition einer Variablen des Typs
  - `struct product p1;   // C-Stil`
  - `product p1;          // C++ Stil....ist einfacher`

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 14 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Initialisierung und Zugriff

- Initialisierung erfolgt explizit durch Liste

```
product p1 =
{
   "Informatik",
   500.0,
   6.7
};
```

- Komma als Separator verwendet
- Zuweisungsoperator kann auf Structs angewandt werden
  - `product p2 = p1;`
  - Jede einzelne Mitgliedsvariable wird zugewiesen

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 15 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Initialisierung und Zugriff

- Deklaration und Definition können auch kombiniert werden

```
struct product
{
   char name[20];
   float volume;
   double price;
} p1, p2;
```

- Deklariert Typ und legt zwei Variablen des Typs an
  - **p2, p1;**
  - Variablen haben hier gleichen Gültigkeitsbereich, wie Typendeklaration

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 16 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Beispiel_3: Structs

```
// assgn_st.cpp -- assigning structures
#include <iostream>
using namespace std;

struct inflatable
{
    char name[20];
    float volume;
    double price;
};

int main()
{
    inflatable bouquet =
    {
        "sunflowers",
        0.20,
        12.49
    };

    inflatable choice;

    cout << "bouquet: " << bouquet.name << " for $";
    cout << bouquet.price << "\n";

    choice = bouquet;  // assign one structure to another
    cout << "choice: " << choice.name << " for $";
    cout << choice.price << "\n";

    return 0;
}
```

Externe Deklaration

Initialisierung

Zugriff auf Members

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 17 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Zugriff

- Zugriff auf Mitglieder durch `.`-Operator
  - `p1.price = 5.3;`
- Ebenso können Arrays von Structs angelegt werden
  - `product pArray[10];`
  - Definiert Array von 10 Variablen vom Typ product
- Initialisierung ebenso durch Listen

```
product pArray[2] = {{"Informatik I", 500.0,
   6.7}, {"Informatik I", 300.0, 3.7}};
```

- *Bitfelder* für hardwarenahe Programmierung
- Variablen sind dabei auf bestimmte Anzahl von Bits beschränkt

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 18 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Unions

- Ein *Union* ist ein Struct, der jeweils nur *EINE* der Mitgliedsvariablen speichern kann
- Die Grösse von Union-Variablen entspricht somit der Grösse der grössten Mitgliedsvariablen
- Variablen teilen die gleiche Speicheradresse

```
union one
{
   int i;
   float f;
   double d;
} var_1;
```

- Zuweisung, wie bei Structs
  - `var_1.i = 10;`

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 19 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Aufzählungstypen (Enumerations)

- Eine *Enumeration* erlaubt es, elegant symbolische Konstanten zu definieren
  - **`enum colors = {red, green, blue};`**
  - Legt neuen Typ des Namens colors an
  - Definiert **`red`**, **`green`**, **`blue`** als symbolische Integer-Konstanten der Werte `0`,`1`,`2`
  - Heissen auch *Enumerators*
- Im Standard-Fall (default) weist ein enum Integer-Werte von `0` an aufsteigend zu
- Zuweisung nur sehr beschränkt möglich
  - **`colors c1 = red; // O.K.`**
  - **`colors c1 = 4; // not O.K.`**
- Konstanten können auch explizit gesetzt werden
  - **`enum {one = 1, three = 3};`**

Copyright: M. Gross, ETHZ, 2003 20 ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# typedef

- **`typedef`** wird benutzt um ein Synonym für bestehende Datentypen zu erzeugen.
- Beispiel: **`typedef int Integer;`**
- Ab dieser Anweisung kann **`Integer`** als Type benutzt werden und ist identisch mit **`int`**.
- Achtung: **`typedef`** erzeugt keinen neuen Datentyp, nur ein Synonym (Alias) für einen bestehenden Datentyp!
- Verwendung:
  - Häufig im Zusammenhang mit Structs (C-Style).
  - Flexibilität, z.B. ein Algorithmus wird mit dem Typ **`Number`** programmiert, und je nachdem ob man **`typedef float Number;`** oder **`typedef double Number;`** festlegt, verändert sich die Genauigkeit der Berechnung.