# 3. Datentypen und Variablen II

Prof. Dr. Markus Gross

Informatik I für D-ITET (WS 03/04)

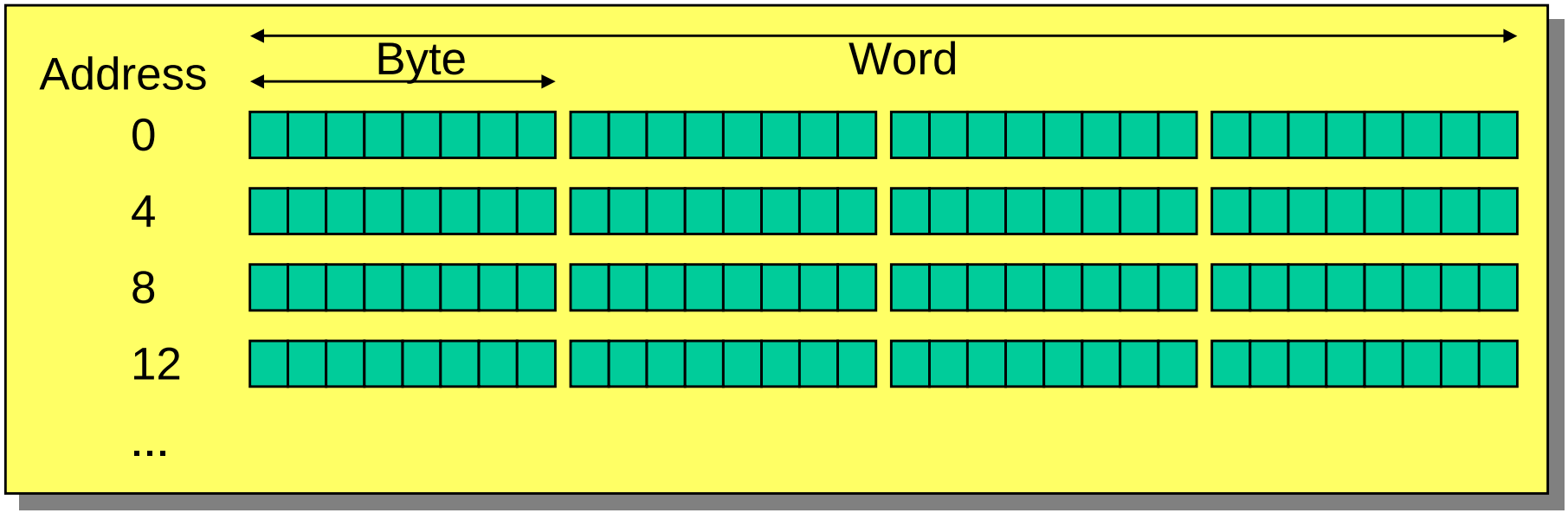
- Basistypen der Sprache C++
- Namenskonventionen
- Definitionsbereiche von Typen
- `const`-Variablen und deren Verwendung
- Arithmetische Operatoren
- Typenkonversion: automatisch und explizit

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Der Hauptspeicher

- Die Daten sind im Speicher des Computers als Bitfolge abgelegt:
  - *Bit* (Binary unIT), 2 ($2^1$) mögliche Zustände 0/1
  - *Byte* = 8 Bits, 256 ($2^8$) mögliche Zustände 00000000 - 11111111
  - *Words* (Wörter) sind architekturabhängig



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

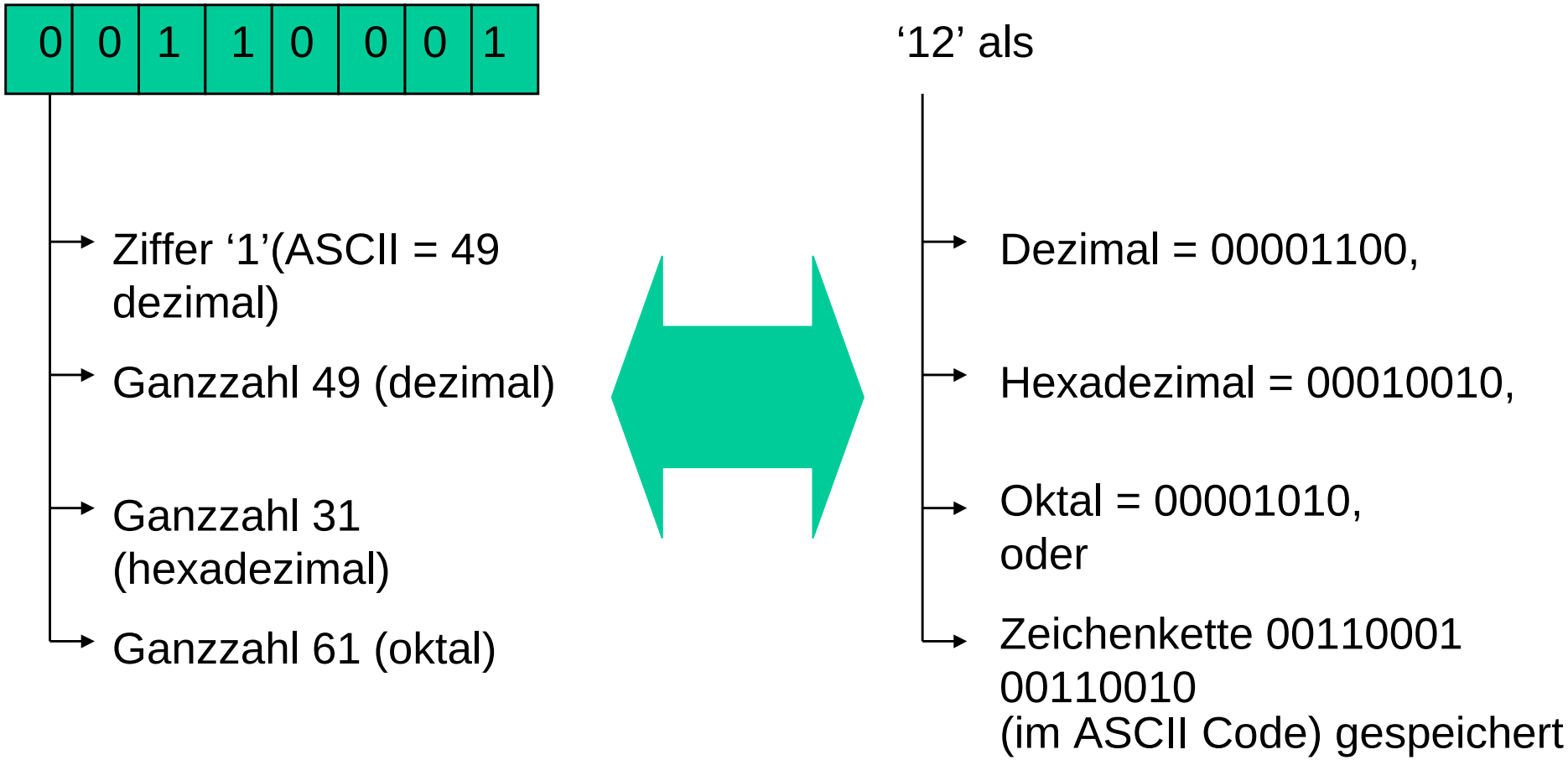
# Der Hauptspeicher

- Die *Wortgrösse* eines Prozessors ist durch die Grösse der Prozessorregister vorgegeben
- Beispiele sind 32 bit (Pentium III) oder 64 bit SPARC
  - Words definieren den *Adressraum*
    - 2 Bytes, $2^{16}$ (64 KB)
    - 4 Bytes, $2^{32}$ (4 GB)
    - 8 Bytes, $2^{64}$ (4048 PB)

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Den Speicher lesen

- Typen erlauben eine sinnvolle Interpretation des Speicherinhalts.



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Typen in C++

- C++ unterscheidet zwischen Basistypen und abgeleiteten Typen
- Basistypen, wie **`int, double, float, long, bool`** sind in die Sprache eingebaut
- Abgeleitete Typen müssen explizit deklariert und definiert werden
- Beispiele sind Arrays oder Structs
- Abgeleitete Typen sind Vorläufer von *Klassen*
- Dieses Kapitel behandelt Basistypen

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Namensgebung von Variablen

- In C++ dürfen Buchstaben, Zahlen und _ zur Namensgebung verwendet werden
- Das führende Zeichen darf keine Zahl sein
  - Nicht möglich: `int 2_fel;`
- Grossbuchstaben werden von Kleinbuchstaben unterschieden
- Keine Begrenzung in der Anzahl der Zeichen
  - Alle verwendeten Zeichen sind signifikant
- Elemente der Sprache (*keywords*) können nicht verwendet werden
  - Nicht möglich: `int if = 1;`

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Namensgebung von Variablen

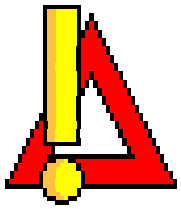
- Namen dürfen nicht mit zwei _ beginnen
- Namen dürfen auch nicht mit _Grossbuchstabe beginnen
  - `__time; _Donut; // nicht möglich`
- Derartige Definitionen führen zu unvorhersehbarem Verhalten
- Beispiele:

```
int POO;        // möglich
Int Poo;        // nicht möglich
int my-dream;   // nicht möglich
int my_dream;   // möglich
```

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Namensgebung von Variablen

- Konventionen für Namen, die aus mehreren Worten bestehen:
  - C-Veteranen benutzen _(underscore)
  - `int markus_gross; // C-Style`
  - C++-Programmierer verwenden oft die Grossbuchstaben für den ersten Buchstaben ab dem zweiten Wort
  - `int markusGross; // C++-Style`
  - `int myLittleProg; // C++-Style`
- Frage des Programmierstils
- Wichtig ist eine *konsistente* Regelung zur Namensgebung



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Integer Typen

- Der Datentyp Integer dient zur Speicherung ganzer, (vorzeichenbehafteter) Zahlen
  - **`2`**, **`46767`**, **`-23245`**, **`0`**
- Da der Speicher nur endlich gross ist, können keine beliebig grossen Zahlen gespeichert werden
- C++ unterstützt 4 verschiedene Integer Basistypen
  - **`char`**
  - **`short`**
  - **`int`**
  - **`long`**
- Diese Typen besitzen unterschiedliche Grössen
- Alle Integer Typen können *signed* und *unsigned* definiert werden

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Integer Typen

- Beispiel
  - `unsigned short number;`
  - Wenn Wertebereich von short z.B. -32768...32767, dann Wertebereich von unsigned short 0...65535
- Die Grösse der Integer-Typen ist implementations-abhängig
- Kann wie folgt ermittelt werden:
- 1. `sizeof`-Operator
  - `sizeof(int);`
- 2. Konstanten im `<climits>` header file
  - `MAX_INT;`
- Oft ist die Grösse von int an die Registerlänge der Architektur angelehnt (z.B. 32 bit)

# Beispiel_1: Grösse von Int-Typen

```
// limits.cpp -- some integer limits
#include <iostream>
using namespace std;
#include <climits>

// use limits.h for older systems
int main()
{
    int n_int = INT_MAX;
// initialize n_int to max int value
    short n_short = SHRT_MAX;
// symbols defined in limits.h file
    long n_long = LONG_MAX;

// sizeof operator yields size of type or of variable
    cout << "int is " << sizeof (int) << " bytes.\n";
    cout << "short is " << sizeof n_short << " bytes.\n";
    cout << "long is " << sizeof n_long << " bytes.\n\n";

    cout << "Maximum values:\n";
    cout << "int: " << n_int << "\n";
    cout << "short: " << n_short << "\n";
    cout << "long: " << n_long << "\n\n";

    cout << "Minimum int value = " << INT_MIN << "\n";
    return 0;
}
```

Header file mit symbolischen Konstanten

Definition und Initialisierung von Variablen

**`sizeof`**-Operator

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Symbolische Konstanten climits

| Symbolic Constant | Represents |
|---|---|
| **`CHAR_BIT`** | Number of bits in a **`char`** |
| **`CHAR_MAX`** | Maximum **`char`** value |
| **`CHAR_MIN`** | Minimum **`char`** value |
| **`SCHAR_MAX`** | Maximum **`signed char`** value |
| **`SCHAR_MIN`** | Minimum **`signed char`** value |
| **`UCHAR_MAX`** | Maximum **`unsigned char`** value |
| **`SHRT_MAX`** | Maximum **`short`** value |
| **`SHRT_MIN`** | Minimum **`short`** value |
| **`USHRT_MAX`** | Maximum **`unsigned short`** value |

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Symbolische Konstanten climits

| Symbolic Constant | Represents |
|---|---|
| **`INT_MAX`** | Maximum **`int`** value |
| **`INT_MIN`** | Minimum **`int`** value |
| **`UINT_MAX`** | Maximum **`unsigned int`** value |
| **`LONG_MAX`** | Maximum **`long`** value |
| **`LONG_MIN`** | Minimum **`long`** value |
| **`ULONG_MAX`** | Maximum **`unsigned long`** value |

# Beispiel_2: Ueberlauf

```
// exceed.cpp -- exceeding some integer limits
#include <iostream>
using namespace std;
#define ZERO 0      // makes ZERO symbol for 0 value
#include <climits>  // defines INT_MAX as largest int value
int main()
{
    short sam = SHRT_MAX;     // initialize a variable to max value
    unsigned short sue = sam;// okay if variable sam already defined

    cout << "Sam has " << sam << " dollars and Sue has " << sue;
    cout << " dollars deposited.\nAdd $1 to each account.\nNow ";
    sam = sam + 1;
    sue = sue + 1;
    cout << "Sam has " << sam << " dollars and Sue has " << sue;
    cout << " dollars deposited.\nPoor Sam!\n";
    sam = ZERO;
    sue = ZERO;
    cout << "Sam has " << sam << " dollars and Sue has " << sue;
    cout << " dollars deposited.\n";
    cout << "Take $1 from each account.\nNow ";
    sam = sam - 1;
    sue = sue - 1;
    cout << "Sam has " << sam << " dollars and Sue has " << sue;
    cout << " dollars deposited.\nLucky Sue!\n";
    return 0;
}
```

- Variablen zeigen *zyklisches* Verhalten
- Variablenüberlauf ist eine gefährliche Fehlerquelle

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

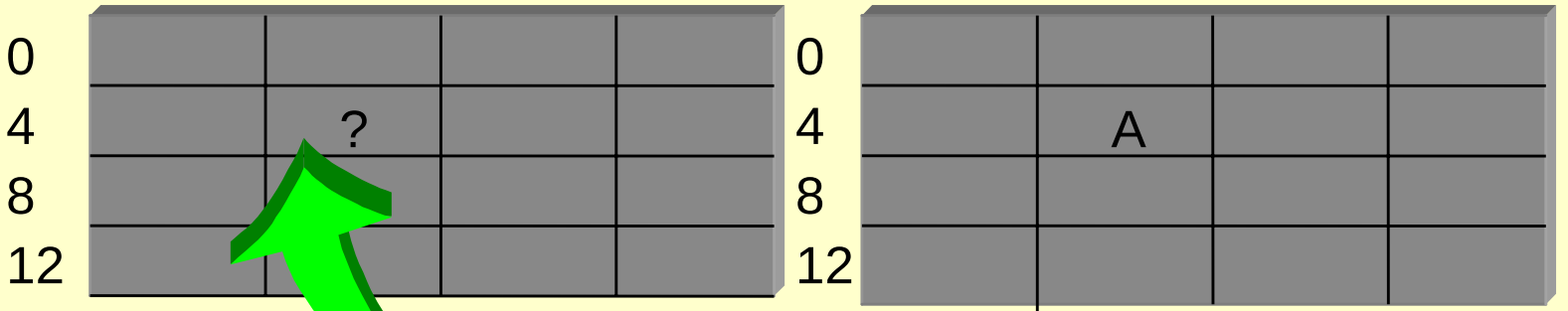
# Deklaration, Definition, und Initialisierung

```
char index;          // Deklaration und Definition
  index = 'A';       // Initialisierung
```

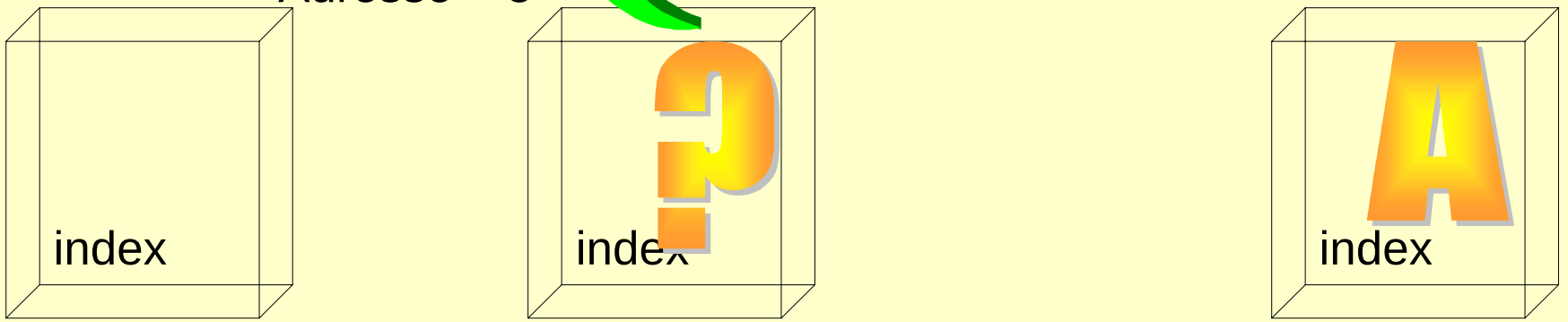
Deklaration

Definition

Initialisierung




Adresse = 5



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Initialisierung

- Variablen innerhalb von Funktionen müssen *explizit initialisiert* werden
- Ansonsten undefiniertes Verhalten des Programms
- Initialisierung von Integer-Typen mit Konstanten kann in 3 verschiedenen Zahlensystemen erfolgen
  - Dezimal
  - `int chest = 42;`
  - Hexadezimal
  - `int waist = 0x42;`
  - Oktal
  - `int foot = 042;`
- Typen können explizit durch Suffixe vorgegeben werden
  - `22022UL`

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Char-Variablen

- Typ **`char`** ist nur 1 Byte= 8 bit gross
- Dient zur Speicherung eines einzelnen *alphanumerischen* Zeichens oder kleiner Zahlen
- Bekanntester Zeichensatz in der Computerwelt ist der *ASCII* Zeichensatz
- Char-Variablen werden wie folgt initialisiert
  - `char c = 'M';`
- In C++ (sowie in C) werden Characters als Integers abgespeichert
  - `'M'` wird beispielsweise als `77` abgelegt
- Somit können arithmetische Operatoren angewandt werden
- **`char`** ist per default weder signed noch unsigned (implementationsabhängig)
  - `signed char number; // explizit vorgeben!!`
  - `unsigned char id;`

# Beispiel_3: Char und Int

```
// morechar.cpp -- the char type and int type contrasted

#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    char c = 'M';       // assign ASCII code for M to c
    int i = c;          // store same code in an int
    cout << "The ASCII code for " << c << " is " << i << "\n";

    cout << "Add one to the character code:\n";
    c = c + 1;
    i = c;
    cout << "The ASCII code for " << c << " is " << i << '\n';

    // using the cout.put() member function to display a char
    cout << "Displaying char c using cout.put(c): ";
    cout.put(c);

    // using cout.put() to display a char constant
    cout.put('!');

    cout << "\nDone\n";
    return 0;
}
```

Inkrement einer char-Variablen

Aufruf einer Member-Funktion von cout

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Objekte und Membership

- Ein Hauch von Objektorientierung
- **`cout.put`** ist eine *Membership-Funktion* des *Objektes* **`cout`**
- Die Funktion **`cout.put`** gehört also zum Objekt **`cout`**
- Der Operator `.` heisst *Membership-Operator*
- Er muss zum Aufruf dieser speziellen Funktion verwendet werden
- Mehr dazu später !

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Escape-Sequenzen

- Manche Zeichen haben eine besondere Bedeutung
- Sie können zur Steuerung der Ausgabe oder zu sonstigen Zwecken dienen
- *Escape-Sequenzen* beginnen alle mit einem **** (*backslash*)
- Beispiele:
- **\n** newline char
- **\a** alert char
- Kann beliebig in die Ausgabe eingebaut werden

# Beispiel_4: Escape-Sequenzen

```
// bondini.cpp -- using escape sequences
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    cout << "\aOperation \"HyperHype\" is now activated!\n";
    cout << "Enter your agent code:_______\b\b\b\b\b\b\b";
    long code;
    cin >> code;
    cout << "\aYou entered " << code << "...\n";
    cout << "\aCode verified! Proceed with Plan Z3!\n";
    return 0;
}
```

Alert zum akustischen Signal

Newline zur neuen Zeile

Backspace um den Cursor zurückzufahren

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Escape-Sequenzen

| Character Name | ASCII Symbol | C++ Code | ASCII Decimal Code | ASCII Hex Code |
|---|---|---|---|---|
| Newline | **NL (LF)** | **\n** | **10** | **0xA** |
| Horizontal tab | **HT** | **\t** | **9** | **0x9** |
| Vertical tab | **VT** | **\v** | **11** | **0xB** |
| Backspace | **BS** | **\b** | **8** | **0x8** |
| Carriage return | **CR** | **\r** | **13** | **0xD** |
| Alert | **BEL** | **\a** | **7** | **0x7** |
| Backslash | **** | **** | **92** | **0x5C** |
| Question mark | **?** | **\?** | **63** | **0x3F** |
| Single quote | **‘** | **\‘** | **39** | **0x27** |
| Double quote | **“** | **\“** | **34** | **0x22** |

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Boolean und Konstanten

- In C++ gibt es neu einen Typ **`bool`**
- Er kann nur die binären Werte **`true`** und **`false`** annehmen
  - **`bool neumann = true;`**
- Numerische Werte ungleich 0 werden nach **`true`** konvertiert
  - **`bool neumann = -100;`**
  - **`bool neumann = 0;`**
- 0 wird nach **`false`** konvertiert
- Konstanten werden durch einen zusätzlichen *Qualifier* definiert
  - **`const int MONTH = 13;`**
- Konstanten werden oft in Grossbuchstaben definiert

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Konstanten

- Zuweisungen von neuen Werten innerhalb des Programmflusses ergeben Compilerfehler
- Konstanten müssen während der Deklaration initialisiert werden
  - `const int fat = 10;`
- In C wurden Konstanten durch den Präprozessor behandelt
  - `#define MONTH 12;`
- **`const`** Qualifier ist wesentlich mächtiger
  - Explizite Typenangabe
  - *Gültigkeitsbereich* (*scope*) einschränkbar
  - Kann in Verbindung mit komplexen Datentypen verwendet werden

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Gleitkommazahlen

- Gleitkommazahlen, auch *floating point numbers* genannt, werden im Computer in einem besonderen Format abgespeichert
- Es besteht aus Vorzeichen, Mantisse und Exponent
  - `-12.345*10^+13;`
- Vorzeichen beziehen sich auf Zahl und Exponent
- C++ stellt 3 Typen für Floating Point Zahlen zur Verfügung
- **`float, double, long double`**
- Grösse ist implementationsabhängig
- Kann mit **`climits`** ermittelt werden

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Gleitkommazahlen

- Eingabe von Gleitkommazahlen auf zweierlei Art möglich
  - `x = 1.0;`
  - `float x = 1.0E-4;`
- Zusätzliche Suffixe `f`,`F`,`l`,`L` zur Spezifizierung
- Die Gleitkommadarstellung besitzt nur begrenzte Präzision
- Der Wertebereich der zu repräsentierenden Grösse sollte gut bekannt sein
- Für numerische Operationen sollte `double`, besser `long double` verwendet werden

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Beispiel_5: Genauigkeit

```
//fltadd.cpp -- precision problems with float
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    float a = 2.34E+22f;
    float b = a + 1.0f;

    cout << "a = " << a << "\n";
    cout << "b - a = " << b - a << "\n";
    return 0;
}
```

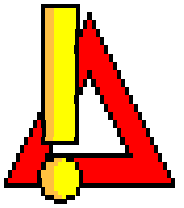
Grosse Gleitkommazahl

Differenz ist ungenau

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Typenkonversion

- Typen werden in C++ in folgenden Fällen automatisch konvertiert:
  - Zuweisung verschiedener Typen
  - Ausdrücke mit verschiedenen Typen
  - Funktionsargumente



- Konversionen können zu Genauigkeitsverlust oder zu nichtkontrollierbaren Rundungsfehlern führen
  - `long so_long = 1000000000;`
  - `short thirty = 30;`
  - `so_long = thirty; // O.K.`
- Insbesondere wird bei der Konversion von `float` nach `int` abgeschnitten
- Bei Konversion folgt Compiler einer Checkliste

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Explizite Typenkonversion

- Typenkonversion kann durch einen *type cast* erzwungen werden
- Gewünschter Typ wird dazu vor die Variable gestellt
- Syntax lässt zwei Notationen zu:
  - `(long) thorn;`
  - `long (thorn);`
- Allgemein
  - `(typename) value;`
  - `typename (value);`
- Zweite Variante neu von C++ und erinnert an einen Funktionsaufruf
- Im Zweifelsfall dienen explizite Typecasts der Lesbarkeit des Codes

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Beispiel_6: Genauigkeit

```
// assign.cpp -- type changes on assignment
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    float tree = 3;     // int converted to float
    int guess = 3.9832; // float converted to int
    int debt = 3.0E12;  // result not defined in C++
    cout << "tree = " << tree << "\n";
    cout << "guess = " << guess << "\n";
    cout << "debt = " << debt << "\n";
     return 0;
}
```

Abschneiden der Nachkommastellen

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Arithmetische Operatoren

- *Operatoren* dienen zur Manipulation von Variablen (oder ganzen Objekten)
- Zusammen mit den Operanden bilden sie einen *Ausdruck* (*expression*)
- C++ kennt 5 Basisoperatoren für arithmetische Operationen:
  - `+`, `-`, `*`, `/`, `%`
- `/` Operator liefert bei Integer-Typen nur den ganzzahligen Anteil, also `17 / 3 = 5`
- `%`-Operator errechnet den *Modulus*, also den Rest
- Also `17 % 3 = 2`
- `%` ist nur auf Integer-Typen anwendbar

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Prioritäten und Assoziativität

- Wenn mehrere Operatoren auf den gleichen Operanden angewandt werden, kann es Konflikte geben
  - `int flies = 3 + 4 * 5; // 35 oder 23 ?`
- Prioritätsregeln lösen diese Konflikte (*precedence*)
- Bei gleicher Priorität unterscheidet man zwischen *linksassoziativ und rechtsassoziativ*
  - `int flies = 120 / 4 * 5; // 150 oder 6 ?`
- Regeln dazu sind in entsprechenden Tabellen zu finden
- `()`-Klammer besitzt hohe Priorität und kann im Zweifelsfall immer verwendet werden
  - `int flies = (3 + 4) * 5; // 35`

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Priorität und Assoziativität

| Operator level | Associativity |
|---|---|
| `::` | left to right |
| `( ) [ ] -> .` | left to right |
| `!` `~` `++` `--` `+` (unary) `–` (unary) `*` (deference) `&` (address of) `new` `delete` `(data type)` | right to left |
| `* / %` | left to right |
| `+ -` | left to right |
| `<< >>` | left to right |
| `> <= > >=` | left to right |
| `== !=` | left to right |
| `&` | left to right |
| `¦` | left to right |
| `&&` | left to right |
| `¦¦` | left to right |
| `= += -= *= /= %=` | right to left |

abnehmende Priorität

Komplette Tabelle: siehe Prata, Anhang D