Praxis der Programmierung

Institut für Informatik und Computational Science
Universität Potsdam

Henning Bordihn

Einzelne Folien gehen auf A. Terzibaschian zurück.

Organisatorisches

Vorlesung und Übung

- Vorlesung gibt Überblick und erklärt Konzepte (*prüfungsrelevant!*)
- Übungen vertiefen ausgewählte Elemente des Vorlesungsstoffs
  und liefern Ergänzungen
- Übungen vertiefen ausgewählte Elemente des Vorlesungsstoffs
  und liefern Ergänzungen

  Bitte in PULS für die Vorlesung und **genau** eine Übungsgruppe anmelden!!!
- ICS: Einschreibung in die *Mentoring*-Komponente nicht vergessen!

Ziele des Kurses

- Programmieren "im Kleinen"
  - mit einer prozeduralen Sprache
  - mit einer objektorientierten Sprache
- Verständnis zugrundeliegender Konzepte und Techniken
- Implementierung einiger typischer Algorithmen und Datenstrukturen

Inhalte des Kurses (1)

- **Voraussetzung:** Grundlagen der Programmierung (Python + Unix)
- prozedurale Programmierung mit C
  - Code, Compiler, Linker
  - einfache Typen, Variablen, Ausdrücke, Ein- und Ausgabe
  - Kontrollstrukturen
  - Funktionen, Parameter
  - Pointer, Arrays, Strings
  - dynamische Speicherverwaltung
  - Strukturen und Typdefinition

Inhalte des Kurses (2)

- objektorientierte Programmierung mit Java
  - Klassen, Objekte, Datenelemente, Methoden, Konstruktoren
  - Vererbung und Polymorphie
  - abstrakte Klassen, Interfaces, Generics
  - Definition und Nutzung von Bibliotheken; Pakete; Collections-Framework
- Realisierung typischer algorithmischer Konzepte
  - Rekursion
  - schnelles Sortieren, binäre Suche
  - verkettete Listen

Leistungserfassung

- Es gibt zwei unabängige Prüfungen.
  1. C-Programmierung
  2. OO-Programmierung (Java)
- Jede Prüfungsleistung setzt sich aus drei Komponenten zusammen:
  1. Je eine 60-minütige **Klausur**: am 29.5. (C-Programmierung) und am 17.7. (Java-Pogrammierung), beide in der Vorlesung. Es werden jeweils 70% der Prüfungslesitung erbracht.
  2. Je ein 30-minütiger **Test** während der Übungen: 06.–09.5. (C-Programmierung) und 24.–27.6. (Java-Programmierung) Es werden jeweils 10% der Prüfungsleistung erbracht.
  3. Je ein **Mini-Projekt**: Eine komplexere Programmieraufgabe ist jeweils in einem Team aus 2-3 StudentInnen zu Hause zu bearbeiten. Es werden jeweils 20% der Prüfungsleistung erbracht.

  Zum Bestehen der Prüfung sind jeweils 50% der Leistung erforderlich.

Zugang zu den Lehrmaterialien

- **Webseite:**

  `http://www.cs.uni-potsdam.de/bordihn/teaching/ss19/pdp/announce.php`

- **Moodle**: `https://moodle2.uni-potsdam.de`
  - alle Lehrmaterialien (Folien, Übungsaufgaben, Quellcode)
  - aktuelle Informationen
  - Abgaben
  - Forum

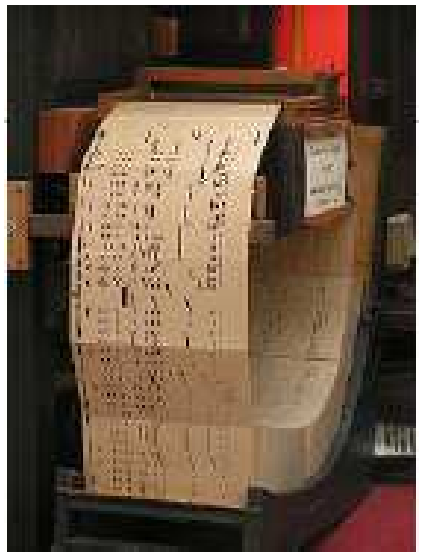
  Einschreibeschlüssel: PdP19

- Vorlesungsfolien mitbringen; Notizen machen!!!

Die Programmiersprache C

Programmiersprachen

- Programm
  Folge von Anweisungen, die auf einem Computer ausgeführt werden können
  - realisieren Algorithmen
  - muss vom Prozessor verarbeitet werden
  - Binärfolgen
    z.B. Folgen von 32-Bit-Sequenzen
    `1000 1010 0001 0100 1000 1010 1100 1101`
  - für Menschen kaum lesbar
    Lösung: Programmiersprachen



Abstraktionsebenen von Programmiersprachen

Maschinensprachen
Binärcodes
abgestimmt auf die
Architektur eines
Prozessors (Register)

Assemblersprachen
an Prozessorbefehle
angelehnt;
für Menschen lesbar

Hochsprachen
Befehlssatz an
menschliche Denkweise
angepasst

Abstraktionsgrad nimmt zu

Übersetzung durch Compiler oder Interpreter

Die Programmiersprache C

- höhere Programmiersprache (mit einigen Assembler-ähnlichen Konstrukten)
  - imperative Sprache: definiert Rechenwege (*Wie* wird gerechnet?)
  - unterstützt den prozeduralen Programmierstil
  - klare, relativ einfache Syntax (wenige, assoziative Schlüsselwörter)
  - Compilersprache (Übersetzung **vor** der Ausführung)
- 1970/71 aus dem Vorläufer B entwickelt (Dennis Ritchie)
  zur Programmierung des Betriebssystems UNIX
- UNIX ist in C geschrieben (Kern und die meisten Systemkommandos)
- universell, weit verbreitet
- viele moderne Sprachen eng an C angelehnt (z.B. C++, Java, C#)

C-Compiler

- Linux/Unix `gcc`, `cc`
  iOS `gcc`, `clang`
  Windows `VC++`, `Cygwin`

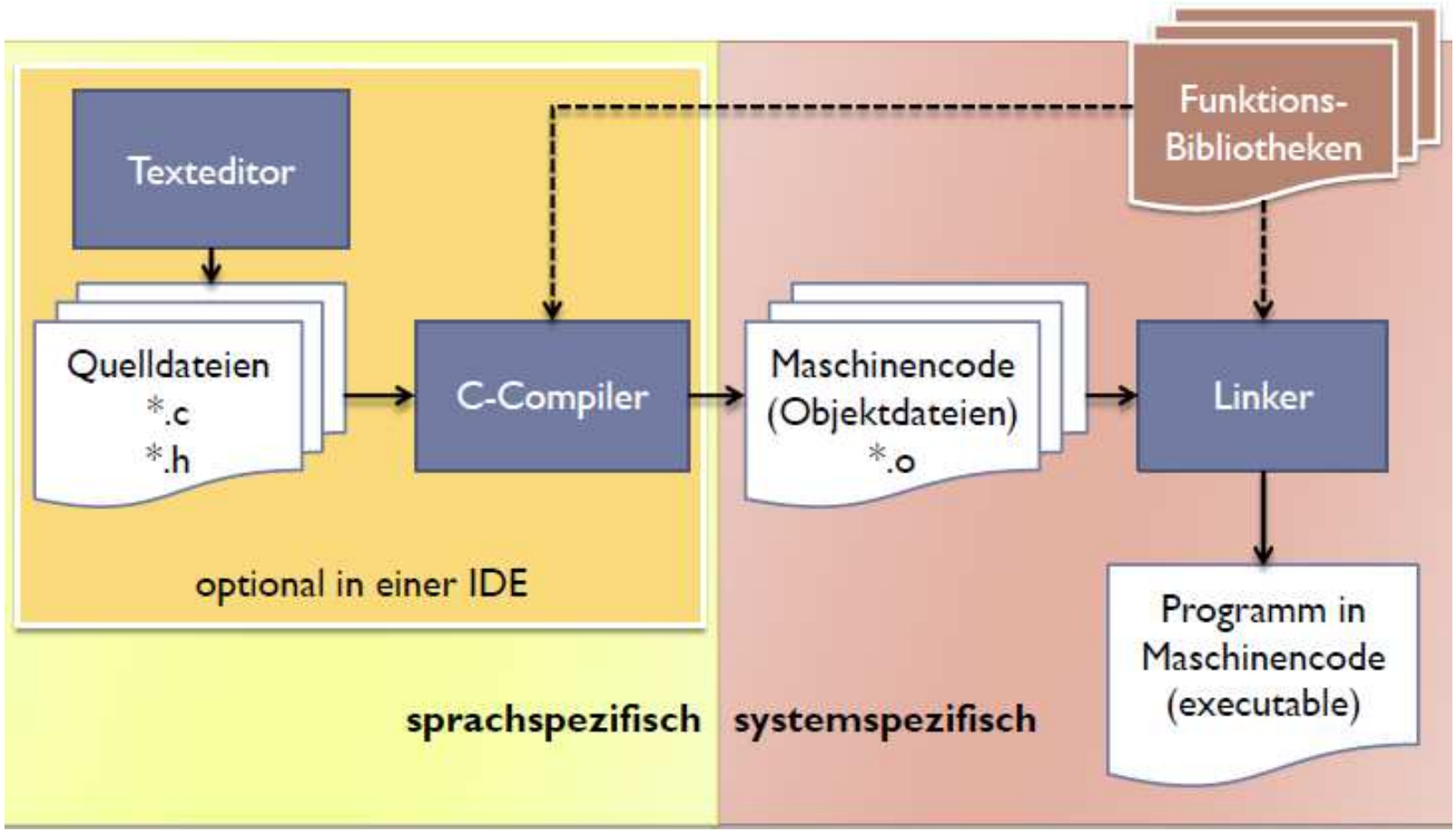
- übersetzen C-Quellcode in Maschinencode
  Quellcode (C-Code) ist portabel (unabhängig vom OS)

- Quellcode in (oft mehreren) (Text-)Dateien
  typischerweise mit Endungen `.c` *und* `.h`

$\rightsquigarrow$ Programm-Entwicklung mit Texteditor + Compiler

$\rightsquigarrow$ Integrierte Entwicklungsumgebungen (IDE)
(z.B. Eclipse CDT, Visual Studio, ...)

Entwicklung mit C



Aufbau eines C-Programms

Programm (Konzept)

- ein Text (Code), der einen *Algorithmus* formuliert, so dass er auf einer Rechenanlage ausgeführt werden kann

- Ein Algorithmus ist eine Folge von Anweisungen, die Eingabedaten in Ausgabedaten überführt (intuitiver Algorithmenbegriff).

  Dabei muss bei jeder Eingabe eindeutig sein:

  – Welche Anweisung wird zuerst ausgeführt?
  – Welche Anweisung folgt auf eine gerade ausgeführte Anweisung?
  – In welchen Situationen ist der Algorithmus beendet?

Umsetzung des Programm-Konzepts in C

1. Ein C-Programm berechnet eine **Funktion**.

algorithmisch:	Eingabedaten $\longrightarrow$ Ausgabedaten
mathematisch:	Argumente $\longrightarrow$ Funktionswert
in C:	(aktuelle) Parameter $\longrightarrow$ Rückgabewert

2. Berechnung von Funktionen durch Abarbeitung einer Folge von **Anweisungen**.

   $\rightsquigarrow$ C ist eine *imperativ-prozedurale Programmiersprche*

Funktionen und C-Programme

- Funktionen können weitere Funktionen aufrufen, z.B.:

  $f(x) = \sin(\ln x)$ vordefinierte Funktionen in richtiger Folge aufrufen

  $g(x) = \sqrt{f(x)}$ selbstdefinierte und Standardfunktion aufrufen

- Aufruf g mit Argument x $\rightarrow$ g: Aufruf f mit Argument x
  $\rightsquigarrow$ f: Rückgabewert $f(x)$
  $\rightarrow$ g: Aufruf $\sqrt{\ }$ mit $f(x)$
  $\rightsquigarrow$ $\sqrt{\ }$: Rückgabewert $\sqrt{f(x)}$
  $\rightsquigarrow$ g: Rückgabewert $g(x) = \sqrt{f(x)}$

- Den Rückgabewert einer aufgerufenen Funktion erhält die aufrufende Funktion.

Struktur von C-Programmen

- C-Programm: Definition einer oder mehrerer Funktionen
  - vom Programm realisierte Funktion: `main()`
    $\rightsquigarrow$ wird stets zuerst aufgerufen
  - ggf. weitere, aufzurufende Funktionen

- Häufig zu benutzende Funktionen (**Standardfunktionen**) sind in *Bibliotheksdateien* vordefiniert.
  $\rightsquigarrow$ können eingebunden und dann aufgerufen werden

- Besonderheit: Den Rückgabewert von `main()` erhält das Programm, das das C-Programm aufruft
  $\rightsquigarrow$ kann als Exit-Status interpretiert werden
  $\rightsquigarrow$ `main()` gibt ganzzahligen Wert zurück

Ein erstes Programm

```
/* hello.c
 *
 * Ausgabe einer Zeichenkette auf stdout
 */

#include <stdio.h>          // Bibliotheksdatei einbinden


int main() {
  printf("Hello world!\n");
  return 0;                 // Rueckgabewert 0 (alles o.k.)
}
```

Erläuterungen zum ersten Programm

- Zeichen hinter `//` und zwischen `/*` und `*/` sind *Kommentar*
- `int main()`:
  - `()` zeigen (stets) an, dass es sich um eine Funktion handelt
  - `int` zeigt an, dass der Rückgabewert ganzzahlig ist
- `printf()`:
  - Aufruf einer Funktion zur formatierten Ausgabe auf `stdout`
  - ist Standardfunktion, die in der Bibliotheksdatei `stdio.h` deklariert ist
  - Parameter von `printf()` zwischen `()`:
    Anführungszeichen $\rightsquigarrow$ Zeichenkette; `\n` $\rightsquigarrow$ Zeilenvorschub (**n**ewline)
- Kommandos und Funktionsaufrufe müssen mit `;` abgeschlossen werden

Präprozessor-Anweisungen

- beginnen mit #
- enden *nicht* mit Semikolon
- Beispiel: `#include` *datei*
  - bindet *datei* für die Arbeit des Compilers in den Quellcode ein
  - Funktionen, die in *datei* deklariert sind, werden verfügbar
  - *datei* in Anführungszeichen: *datei* aus aktuellem Verzeichnis
  - *datei* in spitzen Klammern: *datei* aus Verzeichnis mit C-Bibliotheken (z.B. `/usr/include`)

Vom Quellcode zum ausfürbaren Code

- Aufruf des Compilers:

```
gcc [-Wall] beispiel.c [-o beispiel]
```

1. **Präprozessor** bereitet den Quellcode zur Übersetzung vor
   - kopiert Bibliotheksdateien (für den Übersetzungslauf) in den Quellcode,
   - erstzt „Aliasnamen“ im Quellcode u.ä.
2. **Compiler** übersetzt in *Objektcode*: Befehlsfolgen für den Prozessor
3. **Linker** verbindet mehrere Objektcode-Dateien zu einer Datei

- Option `-Wall`: alle Warnungen ausgeben (*empfohlen!*)

- Option `-o`: Name der Ausgabedatei festlegen (default: `a.out`)

Variablen und Datentypen in C

Variablen

- dienen zum Speichern von Werten (Parameter, (Zwischen-)Ergebnisse etc.)
- Werte werden im Arbeitsspeicher abgelegt
  (an eindeutiger, zum Variablennamen gehörender Speicherstelle)
- Werte werden über den Variablennamen aufgefunden
- Werte können verändert werden
- haben einen eindeutigen, unveränderlichen Datentyp
  $\rightsquigarrow$ C ist *typisiert*

Variablennamen in C

- Zeichenketten aus ASCII-Buchstaben, Ziffern und “underline” _ , die mit einem Buchstaben oder _ beginnen
- Groß- und Kleinschreibung wird unterschieden!!!
- maximale Länge (systemabhängig) zwischen 63 und 255 Zeichen

Lebenszyklus von Variablen

Variablen

- müssen **definiert** werden, z.B. `int x;` *oder* `float f1, f2;`
  - *Datentyp Variablenname;*
  - Reservierung genügend vieler Speicherzellen im Arbeitsspeicher (abhängig vom *Datentyp*)
- müssen vor dem ersten Lesezugriff durch eine erste Wertzuweisung **initialisiert** werden, z.B. `x = 3;`
  gleichzeitige Definition und Initialisierung: `int x = 3;`
- **Anweisungen** ändern Werte der Variablen,
  z.B. Überschreiben durch Wertzuweisung, z.B. `x = y - x;`

$\rightsquigarrow$ = ist Zuweisungsoperator, nicht symmetrisch:
`3 = x` ist *keine* gültige Anweisung

Datentypen

- Datentyp einer Variablen bestimmt
  - Darstellung (Repräsentation) der Werte im Arbeitsspeicher
    - Anzahl der Speicherzellen (Bytes) $\rightsquigarrow$ Wertebereich/Genauigkeit
    - Bedeutung der einzelnen Bits
  - erlaubte Operationen und deren Wirkung
- **einfache/elementare Datentypen**:
  - Ganzzahltypen `char`, `int`, `short`, `long`, `long long` und deren `unsigned` Typen (z.B. `unsigned int`)
  - Gleitpunktypen `float`, `double`, `long double`
- **abgeleitete Datentypen**: setzen sich aus anderen Datentypen zusammen
- sind als *Standardtypen* vordefiniert (z.B. alle elementaren Typen) oder *selbst definierte Typen*

Elementare Ganzzahltypen

Datentyp	**Bytes** (z.B.)	**Wertebereich (dezimal)**
`[signed] char`	1	-128 ... +127
`unsigned char`	1	0 ... 255 (erweiterter ASCII-Satz)
`[signed] short [int]`	2	-32.768 ... +32.767
`unsigned short [int]`	2	0 ... +65.535
`[signed] int`	4	-2.147.483.648 ... +2.147.483.647
`unsigned int`	4	0 ... +4.294.967.295
`[signed] long [int]`	4	-2.147.483.648 ... +2.147.483.647
`unsigned long [int]`	4	0 ... +4.294.967.295
`[signed] long long`	8	-2^{63} ... $+2^{63}-1$
`unsigned long long`	8	0 ... $+2^{64}-1$

Größe vom Compiler abhängig, aber stets:

$$|\texttt{char}| < 2 \leq |\texttt{short}| \leq |\texttt{int}| \leq 4 \leq |\texttt{long}| \leq |\texttt{long long}|$$

Elementare Gleitpunktypen

Datentyp	**Bytes** (z.B.)	**Wertebereich (dezimal)**
`float`	4	$-3,4 \cdot 10^{38}$ ... $+3.4 \cdot 10^{38}$
`double`	8	$-1.7 \cdot 10^{308}$ ... $+1.7 \cdot 10^{308}$
`long double`	10	$-1.1 \cdot 10^{4932}$ ... $+1.1 \cdot 10^{4932}$

- Nutzen der Exponentialschreibweise zum "Sparen von Bits", z.B.:

  - 0,0000356 = 3.56 * 10^(-5)
  - 356 000 000 = 3.56 * 10^(8)
  - 3,1416 = 3.1416 * 10^0

  Mantisse Exponent

- interne Darstellung: $Mantisse * 2^{Exponent}$ (nach IEEE 754)
- von `float` zu `long double` wächst die Genauigkeit (Dezimalstellen)

Literale

- bezeichnen eine Konstante, die durch ihren Wert dargestellt wird
- **ganzzahlige Literale:**
  - `int`: dezimal `[1-9][0-9]*` oder `0` z.B.: `26`
    oktal `0[0-7]*` z.B.: `032`
    hexadezimal `0x[0-9a-f]+` oder `0X[0-9A-F]+` z.B.: `0x1a`

    $\rightsquigarrow$ stets positiv; ggf. Minus-Operator anwenden
  - Suffix `u` oder `U` $\rightsquigarrow$ `unsigned`
  - Suffix `l` oder `L` $\rightsquigarrow$ `long`

Gleitkomma-Literale

• `double`:	Dezimalbruch	mit Dezimalpunkt	z.B.: `300.0`
	Exponentialdarstellungen	$Mantisse$`e`$Exponent$	z.B.: 3e2
	(zur Basis 10)	$Mantisse$`E`$Exponent$	z.B.: .3E3

- Suffix `f` oder `F` $\rightsquigarrow$ `float`
- Suffix `l` oder `L` $\rightsquigarrow$ `long double`
- Beispiele erlaubter Werte im Quellcode:

```
3.1416e-4          // Exponentialschreibweise (e=10)
3.14159265e+300    // ein sehr großer Gleitkommawert
17.42              // auch ohne Exponent
-35                // auch ganze Zahlen möglich
```

Character-Literale

- **Character-Literale:**
  - Zeichen in einfachen Hochkommata, z.B. `'0'`
  - Ersatzdarstellungen nicht druckbarer Zeichen in einfachen Hochkommata, z.B. `'\n'`, `'\t'`, aber auch `'\''`
  - Oktal- oder Hexadezimaldarstellung des Zeichens: `'\`*Oktalziffern*`'` (`'\060'`) bzw. `'\x`*Hexadezimalziffern*`'` (`'\x30'`)

Arithmetik in C

Operatoren (1)

- arithmetische Operatoren: `+`, `-`, `*`, `/`, `%`
  (% (Modulo) nur für den Ganzzahltyp)
- Vergleichsoperatoren: `==`, `!=`, `<`, `>`, `<=`, `>=`
- bei geschachtelten Operatoren:
  - vordefinierte *Prioritäten* (z.B. * vor +)
    Bsp.: 3+5*2 ergibt 13
  - Auswertung bei gleicher Priorität von links nach rechts (*Linksassoziatvität*)
    Bsp.: 5-3-2 ergibt 0
  - explizite Reienfolge mit Klammern ausdrücken!

Operatoren (2)

- Ausdrücke haben einen Rückgabewert $\rightsquigarrow$ können Teil eines Ausdrucks sein
- Inkrement und Dekrement in Präfix- und Suffixnotation:
  - **Präfixnotation**: `++A` bzw. `--A`
    $\rightsquigarrow$ Rückgabewert ist Inkrement bzw. Dekrement von `A`
    Nebeneffekt: Wert von `A` ist in- bzw. dekrementiert
  - **Postfixnotation**: `A++` bzw. `A--`
    $\rightsquigarrow$ Rückgabewert ist der Wert von `A`
    Nebeneffekt: Wert von `A` ist in- bzw. dekrementiert

zum Vergleich:
`A + B` gibt die Summe der Werte von `A` und `B` zurück; keine Nebeneffekte

Operatoren (3)

- Zuweisungsoperatoren `+=`, `-=`, `*=`, `/=`, `%=` geben den Wert der Operation zurück und weisen als Nebeneffekt diesen Wert dem linken Ausdruck zu, z.B.:

  `x += 8` realisiert `x = x + 8`

- bitweise Operatoren, sonstige Operatoren, Assoziativitäten und Prioritäten s. Literatur, z.B.:

  M. Dausmann, U. Bröckl, J. Goll: C als erste Programmiersprache. Teubner Verlag/GWV Fachverlage, Wiesbaden, 2008.

- Funktionsaufrufe können eingebunden werden (z.B. `3+sin(1.2)`)

- vordefinierte mathematische Funktionen und Konstanten
  `#include <math.h>`

Beispiele vordefinierter Funktionen (math.h)

Definition	
double cos(double x)	Kosinus von x
double sin(double x)	Sinus von x
double acos(double x)	Arkustangens von x
double asin(double x)	Arkussinus von x
double exp(double x)	e^x
double log(double x)	ln (x)
double log10(double x)	$\log_{10}(x)$
double ceil(double x)	Aufrunden zur nächsten Ganzzahl
double floor(double x)	Abrunden zur nächsten Ganzzahl
double pow(double y,double x)	y^x
double fabs(double x)	Betrag von x
double sqrt(double x)	Wurzel von x

Typumwandlung

- bei Kombination verschiedener Typen in einem Ausdruck oder Zuweisung eines Ausdrucks an eine Variable eines anderen Typs

- explizite Typumwandlung durch den Programmierer:
  (*Zieltyp*) *Ausdruck*

```
int x = 3;
float pi = 3.14;
x = x * (int) pi;   // x ist 9
```

- implizite Typumwandlung durch den Compiler:
  wenn immer es nötig und möglich ist, mit möglichst geringem Genauigkeitsverlust

Implizite Typumwandlung bei einfachen Typen

- Wenn Operatoren verschiedene Typen verknüpfen:
  - kleinere Ganzzahltypen werden immer nach `int` umgewandelt.
    (`unsigned short` in `unsigned int`, falls `short` und `int` äquivalent sind)
  - Umwandlung aller Operanden in den höchsten Typ des Ausdrucks gemäß

    `int` → `unsigned int` → `long` → `unsigned long` → `long long`
    → `unsigned long long` → `float` → `double` → `long double`

- Bei Wertzuweisungen, z.B. `int i = 5.3;`
  - Umwandlung des rechten Ausdrucks in Typ der linken Variablen

Implizite Typumwandlung (Beispiele)

Datentyp von `x`	Datentyp von `y`	Datentyp von `x*y` und `y*x`
double	float	double
double	int	double
float	int	float
long	int	long

etc.

Verhalten der Werte bei Typumwandlungen

- großer $\rightarrow$ kleinerer Ganzzahltyp $\rightsquigarrow$ *Abschneiden der oberen Bits*
- Ganzzahltyp $\rightarrow$ Gleitpunkttyp $\rightsquigarrow$ (meist) nächster darstellbarer Wert
- Gleitpunkttyp $\rightarrow$ Ganzzahltyp $\rightsquigarrow$ Abschneiden der Nachkommastellen
- Gleitpunkttyp $\rightarrow$ Typ mit zu kleinem Wertebereich $\rightsquigarrow$ *unbestimmt*

Ein- und Ausgabe mit C-Programmen

Formatierte Ausgabe mit `printf()`

- variable Anzahl von Parametern (Argumenten)
- erstes Argument wird ausgegeben (s. `printf("Hello world!\n")`)
- Argumente durch $Komma$ voneinander getrennt
- erstes Argument kann auf Werte der weiteren Argumente zugreifen, z.B.:

```
int x = 42;
printf("%d\t%d\n", 1, x); ⇝  1       42
```

  - `%d` ist ein Formatelement:
    der nächste, noch nicht verwendete Parameter wird an Stelle des `%d`
    als dezimale ganze Zahl ausgegeben
  - `\t` ⇝ Tabulatorschritt

Formatelemente von `printf()`

`%d`	dezimale ganze Zahl
`%`m`d`	dezimale ganze Zahl, mindestens m Zeichen breit
`%f`	Gleitpunktzahl (`double`)
`%`m`f`	Gleitpunktzahl, mindestens m Zeichen breit
`%.`n`f`	Gleitpunktzahl, n Nachkommastellen
`%`m`.`n`f`	Gleitpunktzahl, mind. m Zeichen inkl. n Nachkommastellen
`%o`	oktale ganze Zahl
`%x`	hexadezimale ganze Zahl
`%c`	einzelnes Zeichen (Datentyp `char`)

(mehr auf der Manpage `man 3 printf`; meist wie in Python)

Benutzereingaben mit `scanf`

- formatiertes Einlesen eines Wertes mit `scanf`
- benutzt auch Formatelemente (s. Manualseite von `scanf`)
- Beispiele: Einlesen einer ganzen Zahl und Speichern auf `int n`:
  `scanf(%d, &n);`

  Einlesen einer Gleitkommazahl und Speichern auf `double x`:
  `scanf(%lf, &x)` (`%f: float`)

  Hinweis: Das Zeichen `&` ist nötig, da die Speicheradresse der Variablen angegeben werden muss (und kein Zugriff auf den Wert der Variablen erfolgt; s. Vorlesung zu "Pointern")

Kontrollstrukturen

Sequenzen

1. **Block**: $\{Anweisung\_1$
   $Anweisung\_2$
   $\vdots$
   $Anweisung\_n$
   $\}$

   - Block fasst eine Folge von Anweisungen zusammen $\rightsquigarrow$ „$Sequenz$“
   - Block kann überall auftreten, wo Anweisungen stehen dürfen
     $\rightsquigarrow$ Blöcke können geschachtelt werden
   - kein Semikolon nach einem Block

   $\rightsquigarrow$ Anweisungen der `main()`-Funktion bilden einen Block

Iterationen (1)

2. **while**-Schleife: `while (`*Ausdruck*`)`
   Anweisung

   - Wiederholung der *Anweisung* solange, bis der *Ausdruck* den Wert `0` hat
     - **arithmetischer** *Ausdruck*
     - **boolescher** *Ausdruck* mit Werten $\neq$`0` für `true` oder `0` für `false`
       $\rightsquigarrow$ Vergleichsoperatoren: `==`, `!=`, `<=`, `>=`, `<`, `>`
       und logische Operatoren `&&`, `||`, `!`
   - kann auch gar nicht ausgeführt werden $\rightsquigarrow$ „*abweisende Schleife*“

3. **do while**-Schleife: `do {`
   Anweisung
   `} while (`*Ausdruck*`)`

   - wird mindestens einmal durchlaufen $\rightsquigarrow$ „*annehmende Schleife*“

Iterationen (2)

4. **for**-Schleife: `for (`*init*`;` *test*`;` *update*`)`
   Anweisung

init:	Anweisung	$\rightsquigarrow$	Initialisierung des Schleifenzählers
test:	Ausdruck	$\rightsquigarrow$	„`while`-Bedingung“
update:	Anweisung	$\rightsquigarrow$	Überschreiben des Schleifenzählers

Beispiel: `for (i = 0; i < 10; i++)`

- Schleifenzähler muss als Ganzahltyp definiert sein
- *init*, *test* oder *update* können leer sein, z.B. `for(;;)`
  $\rightsquigarrow$ ggf. Anweisung(en) in der Schleife zur Steuerung nutzen
- dynamische, abweisende Schleife

Selektionen (1)

5. **einfache Selektion** `if` (*Ausdruck*)
   Anweisung_1
   `else`
   Anweisung_2

   - Der `else`-Zweig ist optional.
   - Bei Schachtelung von `if`-Anweisungen bezieht sich ein `else`-Zweig immer auf die letzte `if`-Anweisung ohne `else`.

```
if (x >= 0)
  if (x > 0)
    printf("groesser als Null\n");
  else;
else
  printf("kleiner als Null\n");
```

Selektionen (2)

6. **Mehrfachselektion** – `else if`

- Auswahl unter mehreren Alternativen
- `if`-Anweisung als Anweisung im `else`-Zweig

```
if (Ausdruck_1)
  Anweisung_1
else if (Ausdruck_2)
  Anweisung_2
      ⋮
else if (Ausdruck_n)
  Anweisung_n
else                          /* optional ...
  Anweisung_else                        ... optional /*
```

Selektionen (3)

7. Wert-gesteuerte, direkte Verzweigung mit `switch`
   (nur für Variablen mit ganzzahligem Datentyp)

```
int a = ...;
switch(a) {
  case 10:
    Anweisung für den Fall a ist 10
    break;
  case 20:
    it Anweisung für den Fall a ist 20
    break;
  default:
    Anweisung für alle anderen Fälle
    break;
}
```

Sprunganweisungen

1. `break;` $\rightsquigarrow$ Abbruch der Schleife
   $\rightsquigarrow$ zur ersten Anweisung nach der Schleife

2. `continue;` $\rightsquigarrow$ Abbruch des Schleifendurchlaufs
   $\rightsquigarrow$ **for:** zum $Update$ der Schleife
   $\rightsquigarrow$ **while:** zur $Bedingung$ der Schleife
   $\rightsquigarrow$ **do-while:** zur ersten Anweisung der Schleife

3. `goto` $Marke$`;` Sprung in Anweisung hinter $Marke:$
   nur zum Abfangen von Laufzeitfehlern einsetzen

Blöcke und Variablen

- In Blöcken deklarierte Variablen sind nur innerhalb dieses Blockes sichtbar.
  - $\rightsquigarrow$ auch in enthaltenen Blöcken
  - $\rightsquigarrow$ aber **nicht** in umfassenden Blöcken
- In Blöcken deklarierte Variablen *verdecken* gleichnamige Variablen von umfassenden Blöcken.
- In Blöcken deklarierte Variablen werden beim Verlassen des Blockes wieder ungültig.
  - $\rightsquigarrow$ überdeckte Variablen werden wieder sichtbar