

B Kurzeinführung in die Programmiersprache C

B Kurzeinführung in die Programmiersprache C

- Literatur zur C-Programmierung:
 - ◆ Darnell, Margolis. *C: A Software Engineering Approach*. Springer 1991
 - ◆ Kernighan, Ritchie. *The C Programming Language*. Prentice-Hall 1988

B-1 Überblick

- ◆ Struktur eines C-Programms
- ◆ Datentypen und Variablen
- ◆ Anweisungen
- ◆ Funktionen
- ◆ C-Preprozessor
- ◆ Zeiger(-Variablen)
- ◆ sizeof-Operator
- ◆ Explizite Typumwandlung — Cast-Operator
- ◆ Speicherverwaltung
- ◆ 1. Aufgabe
- ◆ Felder
- ◆ Strukturen
- ◆ Ein- /Ausgabe
- ◆ Fehlerbehandlung
- ◆ Dynamische Speicherverwaltung, Teil 2
- ◆ Portable Programme

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.1

B-2 Struktur eines C-Programms

B-2 Struktur eines C-Programms

globale Variablendefinitionen

Funktionen

```
int main(int argc, char *argv[]) {  
    Variablendefinitionen  
    Anweisungen  
}
```

■ Beispiel

```
int main(int argc, char *argv[]) {  
    printf("Hello World!");  
}
```

■ Übersetzen mit dem C-Compiler: `cc -o hello hello.c`

■ Ausführen durch Aufruf von `hello`

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.2

B-3 Datentypen und Variablen

B-3 Datentypen und Variablen

- Datentypen legen fest:
 - ◆ Repräsentation der Werte im Rechner
 - ◆ Größe des Speicherplatzes für Variablen
 - ◆ erlaubte Operationen

1 Standardtypen in C

B-3 Datentypen und Variablen

- Eine Reihe häufig benötigter Datentypen ist in C vordefiniert

char	Zeichen (im ASCII-Code dargestellt, 8 Bit)
int	ganze Zahl (16 oder 32 Bit)
float	Gleitkommazahl (32 Bit) etwa auf 6 Stellen genau
double	doppelt genaue Gleitkommazahl (64 Bit) etwa auf 12 Stellen genau
void	ohne Wert

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.2

Übungen zu Softwaresysteme I

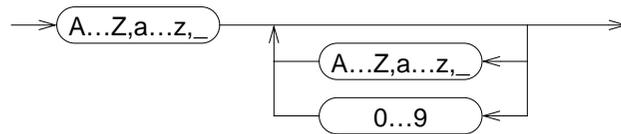
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.4

2 Variablen

- Variablen besitzen
 - ◆ **Namen** (Bezeichner)
 - ◆ Typ
 - ◆ zugeordneten Speicherbereich für einen Wert des Typs
Inhalt des Speichers (= **aktueller Wert** der Variablen) ist veränderbar!
 - ◆ **Lebensdauer**
- Variablenname:



(Buchstabe oder `_`,
evtl. gefolgt von beliebig vielen Buchstaben, Ziffern oder `_`)

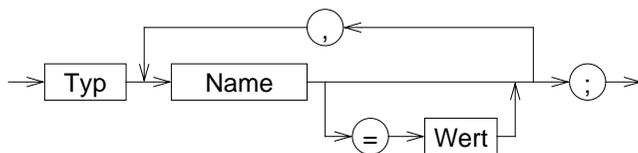
2 Variablen (3)

- Variablen-Definition: Beispiele


```
int a1;
float a, b, c, dis;
int anzahl_zeilen=5;
char trennzeichen;
```
- Position von Variablendefinitionen im Programm:
 - ◆ nach jeder "{"
 - ◆ außerhalb von Funktionen
- Wert kann bei der Definition initialisiert werden
- Wert ist durch Wertzuweisung und spezielle Operatoren veränderbar

2 Variablen (2)

- eine **Variablen-Definition** deklariert eine Variable und reserviert den benötigten Speicherbereich



3 Strukturierte Datentypen (structs)

- Zusammenfassen mehrerer Daten zu einer Einheit

```
struct person {
    char *name;
    int alter;
};
```

- Variablen-Definition

```
struct person p1;
```

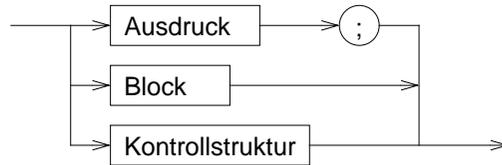
- Zugriff auf Elemente der Struktur

```
p1.name = "Hans";
```

B-4 Anweisungen

B-4 Anweisungen

Anweisung:



1 Ausdrücke - Beispiele

- ◆ `a = b + c;`
- ◆ `{ a = b + c; x = 5; }`
- ◆ `if (x == 5) a = 3;`

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.9

2 Blöcke

B-4 Anweisungen

- Zusammenfassung mehrerer Anweisungen
- Lokale Variablendefinitionen → Hilfsvariablen
- Schaffung neuer Sichtbarkeitsbereiche (**Scopes**) für Variablen

```
main()
{
  int x, y, z;
  x = 1;
  {
    int a, b, c;
    a = x+1;
    {
      int a, x;
      x = 2;
      a = 3;
    }
    /* a: 2, x: 1 */
  }
}
```

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.10

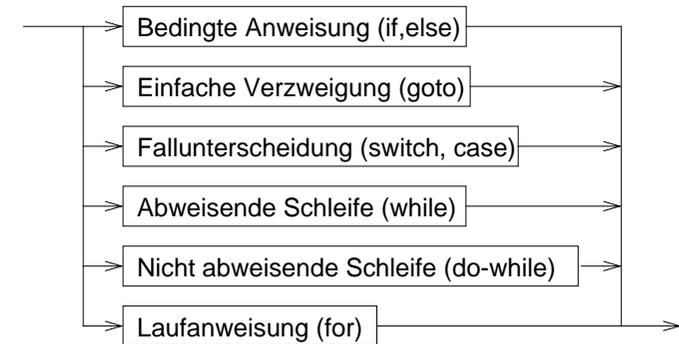
Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Kontrollstrukturen

B-4 Anweisungen

- Kontrolle des Programmablaufs in Abhängigkeit vom Ergebnis von Ausdrücken

Kontrollstruktur:



Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.9

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.11

4 Kontrollstrukturen — Schleifensteuerung

B-4 Anweisungen

- `break`
 - ◆ bricht die umgebende Schleife bzw. `switch`-Anweisung ab

```
char c;

do {
  if ( (c = getchar()) == EOF ) break;
  putchar(c);
}
while ( c != '\n' );
```

- `continue`
 - ◆ bricht den aktuellen **Schleifendurchlauf** ab
 - ◆ setzt das Programm mit der Ausführung des Schleifenkopfes fort

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.10

Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.12

Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

- **Funktion =** Programmstück (Block), das mit einem **Namen** versehen ist und dem zum Ablauf **Parameter** übergeben werden können
- Funktionen sind die elementaren Bausteine für Programme
 - ↳ verringern die **Komplexität** durch Zerteilen umfangreicher, schwer überblickbarer Aufgaben in kleine Komponenten
 - ↳ erlauben die **Wiederverwendung** von Programmkomponenten
 - ↳ verbergen **Implementierungsdetails** vor anderen Programmteilen (**Black-Box-Prinzip**)

1 Funktionsdefinition

- Schnittstelle (Ergebnistyp, Name, Parameter)
- + Implementierung

2 Beispiel Sinusberechnung

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

double sinus (double x)
{
    double summe;
    double x_quadrat;
    double rest;
    int k;

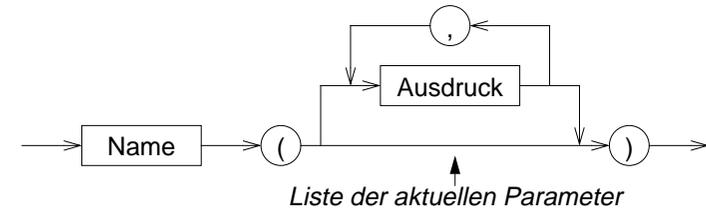
    k = 0;
    summe = 0.0;
    rest = x;
    x_quadrat = x*x;

    while ( fabs(rest) > 1e-9 ) {
        summe += rest;
        k += 2;
        rest *= -x_quadrat/(k*(k+1));
    }
    return(summe);
}
```

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    double wert;

    printf("Berechnung des Sinus von ");
    scanf("%lf", &wert);
    printf("sin(%lf) = %lf\n",
           wert, sinus(wert));
}
```

- beliebige Verwendung von **sinus** in Ausdrücken:
`y = exp(tau*t) * sinus(f*t);`



- Die Ausdrücke in der Parameterliste werden ausgewertet, **bevor** in die Funktion gesprungen wird
↳ **aktuelle Parameter**
- Anzahl und Typen der Ausdrücke in der Liste der aktuellen Parameter müssen mit denen der formalen Parameter in der Funktionsdefinition übereinstimmen
- Die Auswertungsreihenfolge der Parameterausdrücke ist **nicht** festgelegt

4 Regeln

- Funktionen werden global definiert
- **main()** ist eine normale Funktion, die aber automatisch als erste beim Programmstart aufgerufen wird
- rekursive Funktionsaufrufe sind zulässig
↳ eine Funktion darf sich selbst aufrufen (z. B. zur Fakultätsberechnung)

```
int fakultaet(int n)
{
    if ( n == 1 )
        return(1);
    else
        return( n * fakultaet(n-1) );
}
```

4 Regeln (2)

- Funktionen müssen **deklariert** sein, bevor sie aufgerufen werden
 - = Rückgabetyt und Parametertypen müssen bekannt sein
 - ◆ durch eine Funktionsdefinition ist die Funktion automatisch auch deklariert
- wurde eine verwendete Funktion vor ihrer Verwendung nicht deklariert, wird automatisch angenommen
 - Funktionswert vom Typ `int`
 - 1. Parameter vom Typ `int`
 - ➔ **schlechter Programmierstil → fehleranfällig**

6 Funktionsdeklarationen — Beispiel

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

double sinus(double);
/* oder: double sinus(double x); */

main()
{
    double wert;

    printf("Berechnung des Sinus von ");
    scanf("%lf", &wert);
    printf("sin(%lf) = %lf\n",
           wert, sinus(wert));
}
```

```
double sinus (double x)
{
    double summe;
    double x_quadrat;
    double rest;
    int k;

    k = 0;
    summe = 0.0;
    rest = x;
    x_quadrat = x*x;

    while ( fabs(rest) > 1e-9 ) {
        summe += rest;
        k += 2;
        rest *= -x_quadrat/(k*(k+1));
    }
    return(summe);
}
```

5 Funktionsdeklaration

- soll eine Funktion vor ihrer Definition verwendet werden, kann sie durch eine **Deklaration** bekannt gemacht werden (Prototyp)
 - ◆ Syntax:

Typ Name (Liste formaler Parameter);

 - Parameternamen können weggelassen werden, die Parametertypen müssen aber angegeben werden!
 - ◆ Beispiel:


```
double sinus(double);
```

7 Parameterübergabe an Funktionen

- allgemein in Programmiersprachen vor allem zwei Varianten:
 - call by value (wird in C verwendet)
 - call by reference (wird in C **nicht** verwendet)
- call-by-value: Es wird eine Kopie des aktuellen Parameters an die Funktion übergeben
 - ➔ die Funktion kann den Übergabeparameter durch Zugriff auf den formalen Parameter lesen
 - ➔ die Funktion kann den Wert des formalen Parameters (also die Kopie!) ändern, ohne daß dies Auswirkungen auf den Wert des aktuellen Parameters beim Aufrufer hat
 - ➔ die Funktion kann über einen Parameter dem Aufrufer keine Ergebnisse mitteilen

B-6 C-Preprozessor

B-6 C-Preprozessor

- bevor eine C-Quelle dem C-Compiler übergeben wird, wird sie durch einen Makro-Preprozessor bearbeitet
- Anweisungen an den Preprozessor werden durch ein #-Zeichen am Anfang der Zeile gekennzeichnet
- die Syntax von Preprozessoranweisungen ist unabhängig vom Rest der Sprache
- Preprozessoranweisungen werden nicht durch ; abgeschlossen!
- wichtigste Funktionen:
 - `#define` Definition von Makros
 - `#include` Einfügen von anderen Dateien

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.21

1 Makrodefinitionen

B-6 C-Preprozessor

- Makros ermöglichen einfache textuelle Ersetzungen (parametrierbare Makros werden später behandelt)
- ein Makro wird durch die `#define`-Anweisung definiert
- Syntax:
 - `#define Makroname Ersatztext`
- eine Makrodefinition bewirkt, daß der Preprozessor im nachfolgenden Text der C-Quelle alle Vorkommen von **Makroname** durch **Ersatztext** ersetzt
- Beispiel:
 - `#define EOF -1`

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.22

Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Einfügen von Dateien

B-6 C-Preprozessor

- `#include` fügt den Inhalt einer anderen Datei in eine C-Quelldatei ein
- Syntax:
 - `#include <Dateiname >`
 - oder
 - `#include "Dateiname "`
- mit `#include` werden *Header*-Dateien mit Daten, die für mehrere Quelldateien benötigt werden, einkopiert
 - Deklaration von Funktionen, Strukturen, externen Variablen
 - Definition von Makros
- wird **Dateiname** durch `< >` geklammert, wird eine **Standard-Header-Datei** einkopiert
- wird **Dateiname** durch `" "` geklammert, wird eine Header-Datei des Benutzers einkopiert (vereinfacht dargestellt!)

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.23

B-7 Programmstruktur & Module

B-7 Programmstruktur & Module

1 Softwaredesign

- Grundsätzliche Überlegungen über die Struktur eines Programms vor Beginn der Programmierung
- Verschiedene Design-Methoden
 - ◆ Top-down Entwurf / Prozedurale Programmierung
 - traditionelle Methode
 - bis Mitte der 80er Jahre fast ausschließlich verwendet
 - an Programmiersprachen wie Fortran, Cobol, Pascal oder C orientiert
 - ◆ Objekt-orientierter Entwurf
 - moderne, sehr aktuelle Methode
 - Ziel: Bewältigung sehr komplexer Probleme
 - auf Programmiersprachen wie C++, Smalltalk oder Java ausgerichtet

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.24

Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Top-down Entwurf

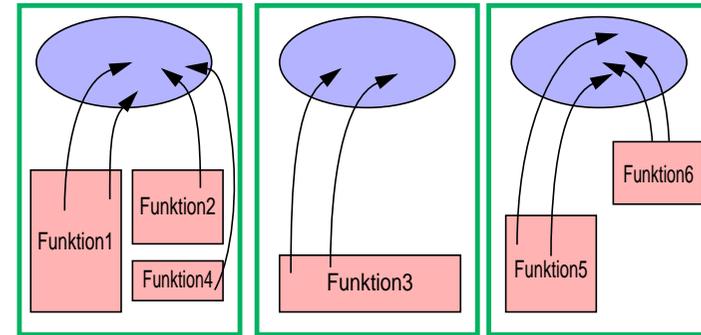
- Zentrale Fragestellung
 - ◆ was ist zu tun?
 - ◆ in welche Teilaufgaben lässt sich die Aufgabe untergliedern?
 - Beispiel: Rechnung für Kunden ausgeben
 - Rechnungspositionen zusammenstellen
 - Lieferungsposten einlesen
 - Preis für Produkt ermitteln
 - Mehrwertsteuer ermitteln
 - Rechnungspositionen addieren
 - Positionen formatiert ausdrucken

SOS1-Ü

2 Top-down Entwurf (3) Modul-Bildung

- Lösung: Gliederung von Datenbeständen zusammen mit Funktionen, die darauf operieren

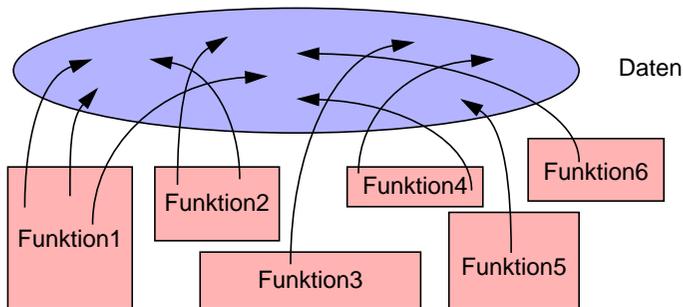
➔ Modul



SOS1-Ü

2 Top-down Entwurf (2)

- Problem: Gliederung betrifft nur die Aktivitäten, nicht die Struktur der Daten
- Gefahr: Sehr viele Funktionen arbeiten "wild" auf einer Unmenge schlecht strukturierter Daten



SOS1-Ü

3 Module in C

- Teile eines C-Programms können auf mehrere .c-Dateien (C-Quelldateien) verteilt werden
- Logisch zusammengehörende Daten und die darauf operierenden Funktionen sollten jeweils zusammengefasst werden
- ➔ Modul
- Jede C-Quelldatei kann separat übersetzt werden (Option -c)
 - Zwischenergebnis der Übersetzung wird in einer .o-Datei abgelegt

```
% cc -c main.c           (erzeugt Datei main.o)
% cc -c f1.c             (erzeugt Datei f1.o)
% cc -c f2.c f3.c       (erzeugt f2.o und f3.o)
```

- Das Kommando cc kann mehrere .c-Dateien übersetzen und das Ergebnis — zusammen mit .o-Dateien — binden:

```
% cc -o prog main.o f1.o f2.o f3.o f4.c f5.c
```

SOS1-Ü

3 Module in C

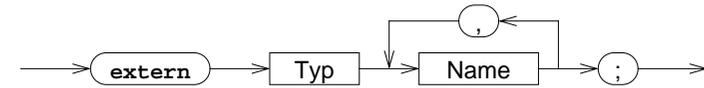
!!! .c-Quelldateien auf keinen Fall mit Hilfe der #include-Anweisung in andere Quelldateien einkopieren

- Bevor eine Funktion aus einem anderen Modul aufgerufen werden kann, muss sie **deklariert** werden
 - Parameter und Rückgabewerte müssen bekannt gemacht werden
- Makrodefinitionen und Deklarationen, die in mehreren Quelldateien eines Programms benötigt werden, werden zu **Header-Dateien** zusammengefaßt
 - ◆ Header-Dateien werden mit der #include-Anweisung des Preprozessors in C-Quelldateien einkopiert
 - ◆ der Name einer Header-Datei endet immer auf **.h**

5 Globale Variablen

Gültig im gesamten Programm

- Globale Variablen werden außerhalb von Funktionen definiert
- Globale Variablen sind ab der Definition in der gesamten Datei zugreifbar
- Globale Variablen, die in anderen Modulen **definiert** wurden, müssen vor dem ersten Zugriff bekanntgemacht werden (**extern-Deklaration** = Typ und Name bekanntmachen)



■ Beispiele:

```
extern int a, b;
extern char c;
```

4 Gültigkeit von Namen

- Gültigkeitsregeln legen fest, welche Namen (Variablen und Funktionen) wo im Programm bekannt sind
- Mehrere Stufen
 1. Global im gesamten Programm (über Modul- und Funktionsgrenzen hinweg)
 2. Global in einem Modul (auch über Funktionsgrenzen hinweg)
 3. Lokal innerhalb einer Funktion
 4. Lokal innerhalb eines Blocks
- Überdeckung bei Namensgleichheit
 - eine lokale Variable innerhalb einer Funktion überdeckt gleichnamige globale Variablen
 - eine lokale Variable innerhalb eines Blocks überdeckt gleichnamige globale Variablen und gleichnamige lokale Variablen in umgebenden Blöcken

5 Globale Variablen (2)

■ Probleme mit globalen Variablen

- ◆ Zusammenhang zwischen Daten und darauf operierendem Programmcode geht verloren
- ◆ Funktionen können Variablen ändern, ohne daß der Aufrufer dies erwartet (Seiteneffekte)
- ◆ Programme sind schwer zu pflegen, weil bei Änderungen der Variablen erst alle Programmteile, die sie nutzen gesucht werden müssen

➔ **globale Variablen möglichst vermeiden!!!**

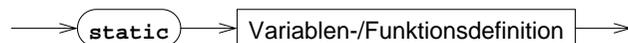
5 Globale Funktionen

- Funktionen sind generell global (es sei denn, die Erreichbarkeit wird explizit auf das Modul begrenzt)
- Funktionen aus anderen Modulen müssen ebenfalls vor dem ersten Aufruf **deklariert** werden (= Typ, Name und Parametertypen bekanntmachen)
- Das Schlüsselwort `extern` ist bei einer Funktionsdeklaration nicht notwendig
- Beispiele:


```
double sinus(double);
float power(float, int);
```
- Globale Funktionen (und soweit vorhanden die globalen Daten) bilden die äußere Schnittstelle eines Moduls
 - "vertragliche" Zusicherung an den Benutzer des Moduls

6 Einschränkung der Gültigkeit auf ein Modul

- Zugriff auf eine globale Variable oder Funktion kann auf das Modul (= die Datei) beschränkt werden, in der sie definiert wurde
 - Schlüsselwort `static` vor die Definition setzen

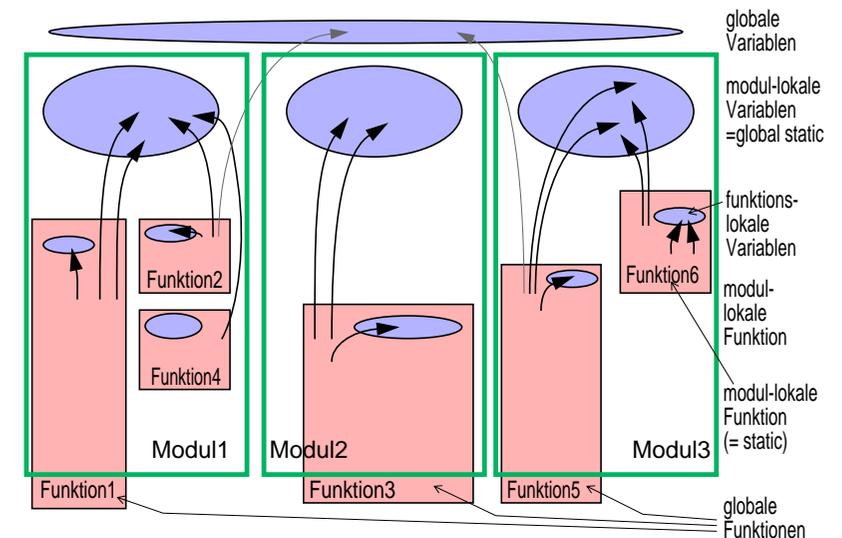


- `extern`-Deklarationen in anderen Modulen sind nicht möglich
- Die `static`-Variablen bilden zusammen den Zustand eines Moduls, die Funktionen des Moduls operieren auf diesem Zustand
- Hilfsfunktionen innerhalb eines Moduls, die nur von den Modulfunktionen benötigt werden, sollten immer `static` definiert werden
 - sie werden dadurch nicht Bestandteil der Modulschnittstelle (= des "Vertrags" mit den Modulbenutzern)
- !!! das Schlüsselwort `static` gibt es auch bei lokalen Variablen (mit anderer Bedeutung!)

7 Lokale Variablen

- Variablen, die innerhalb einer Funktion oder eines Blocks definiert werden, sind lokale Variablen
- bei Namensgleichheit zu globalen Variablen oder lokalen Variablen eines umgebenden Blocks gilt die jeweils letzte Definition
- lokale Variablen sind außerhalb des Blocks, in dem sie definiert wurden, nicht zugreifbar und haben dort keinen Einfluß auf die Zugreifbarkeit von Variablen

8 Gültigkeitsbereiche — Übersicht



9 Lebensdauer von Variablen

- Die Lebensdauer einer Variablen bestimmt, wie lange der Speicherplatz für die Variable aufgehoben wird
- Zwei Arten
 - ◆ Speicherplatz bleibt für die gesamte Programmausführungszeit reserviert
 - statische (**static**) Variablen
 - ◆ Speicherplatz wird bei Betreten eines Blocks reserviert und danach wieder freigegeben
 - dynamische (**automatic**) Variablen

9 Lebensdauer von Variablen (2)

static-Variablen

- Der Speicher für alle globalen Variablen ist generell von Programmstart bis Programmende reserviert
- Lokale Variablen erhalten bei Definition mit dem Schlüsselwort **static** eine **Lebensdauer über die gesamte Programmausführung** hinweg
 - ➔ der Inhalt bleibt bei Verlassen des Blocks erhalten und ist bei einem erneuten Eintreten in den Block noch verfügbar
- !!! Das Schlüsselwort **static** hat bei globalen Variablen eine völlig andere Bedeutung (Einschränkung des Zugriffs auf das Modul)
- Static-Variablen können durch beliebige konstante Ausdrücke initialisiert werden
 - die Initialisierung wird nur einmal beim Programmstart vorgenommen (auch bei lokalen Variablen!)
 - erfolgt keine explizite Initialisierung, wird automatisch mit 0 vorbelegt

9 Lebensdauer von Variablen (2)

auto-Variablen

- Alle lokalen Variablen sind automatic-Variablen
 - der Speicher wird bei Betreten des Blocks / der Funktion reserviert und bei Verlassen wieder freigegeben
 - ➔ der Wert einer lokalen Variablen ist beim nächsten Betreten des Blocks nicht mehr sicher verfügbar!
- Lokale auto-Variablen können durch beliebige Ausdrücke initialisiert werden
 - die Initialisierung wird bei jedem Eintritt in den Block wiederholt
- !!! **wird eine auto-Variable nicht initialisiert, ist ihr Wert vor der ersten Zuweisung undefiniert (= irgendwas)**

10 Wertaustausch zwischen Funktionen

Mechanismus	Aufrufer → Funktion	Funktion → Aufrufer
Parameter	ja	mit Hilfe von Zeigern
Funktionswert	nein	ja
globale Variablen	ja	ja

- Verwendung globaler Variablen?
 - ◆ Variablen, die von vielen Funktionen verwendet werden und/oder oft als Parameter übergeben werden müßten
 - Menge der Funktionen muß überschaubar bleiben
 - ➔ Zugriff auf Modul begrenzen (globale static-Variablen)
 - **sonst sehr schlechter Programmierstil**
 - ◆ Variablen, die keiner Funktion als Variable oder Parameter fest zugeordnet werden können
 - Modul suchen, dem die Variable zugeordnet werden kann!!!
 - ◆ Variablen, deren Lebensdauer nicht beschränkt sein darf, die aber nicht in **main()** deklariert werden sollen
 - in zugehöriger Funktion lokal-static definieren

11 Getrennte Übersetzung von Programmteilen — Beispiel

■ Hauptprogramm (Datei fplot.c)

```
#include "trig.h"
#define INTERVALL 0.01

/*
 * Funktionswerte ausgeben
 */
int main(void)
{
    char c;
    double i;

    printf("Funktion (Sin, Cos, Tan, cOt)? ");
    scanf("%x", &c);

    switch (c) {
        ...
        case 'T':
            for (i=-PI/2; i < PI/2; i+=INTERVALL)
                printf("%lf %lf\n", i, tan(i));
            break;;
        ...
    }
}
```

11 Getrennte Übersetzung — Beispiel (3)

■ Trigonometrische Funktionen (Datei trigfunc.c)

```
#include "trig.h"

double tan(double x) {
    return(sin(x)/cos(x));
}

double cot(double x) {
    return(cos(x)/sin(x));
}

double cos(double x) {
    return(sin(PI/2-x));
}

...

```

11 Getrennte Übersetzung — Beispiel (2)

■ Header-Datei (Datei trig.h)

```
#include <stdio.h>
#define PI 3.1415926535897932
double tan(double), cot(double);
double cos(double), sin(double);
```

11 Getrennte Übersetzung — Beispiel (4)

■ Trigonometrische Funktionen — Fortsetzung (Datei trigfunc.c)

```
...

double sin (double x)
{
    double summe;
    double x_quadrat;
    double rest;
    int k;

    k = 0;
    summe = 0.0;
    rest = x;
    x_quadrat = x*x;

    while ( fabs(rest) > 1e-9 ) {
        summe += rest;
        k += 2;
        rest *= -x_quadrat/(k*(k+1));
    }
    return(summe);
}
```

B-8 Zeiger(-Variablen)

B-8 Zeiger(-Variablen)

1 Einordnung

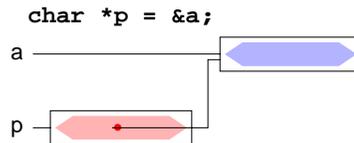
- **Konstante:**
Bezeichnung für einen Wert

'a' ≡ 0110 0001

- **Variable:**
Bezeichnung eines Datenobjekts



- **Zeiger-Variable (Pointer):**
Bezeichnung einer Referenz auf ein Datenobjekt



SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.45

2 Überblick

B-8 Zeiger(-Variablen)

- Eine Zeigervariable (**pointer**) enthält als Wert die Adresse einer anderen Variablen
 - ↳ der Zeiger verweist auf die Variable
- Über diese Adresse kann man **indirekt** auf die Variable zugreifen
- Daraus resultiert die große Bedeutung von Zeigern in C
 - ↳ Funktionen können ihre Argumente verändern (**call-by-reference**)
 - ↳ dynamische Speicherverwaltung
 - ↳ effizientere Programme
- Aber auch Nachteile!
 - ↳ Programmstruktur wird unübersichtlicher (welche Funktion kann auf welche Variable zugreifen?)
 - ↳ häufigste Fehlerquelle bei C-Programmen

SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.46

Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Definition von Zeigervariablen

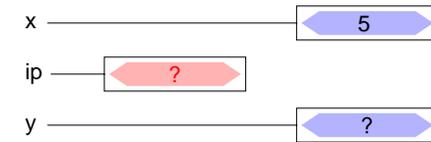
B-8 Zeiger(-Variablen)

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- ▲ Beispiele

```
int x = 5;  
int *ip;  
int y;
```



SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.47

3 Definition von Zeigervariablen

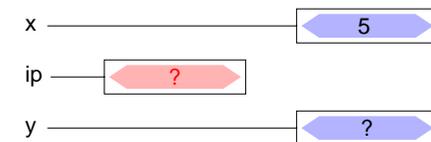
B-8 Zeiger(-Variablen)

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- ▲ Beispiele

```
int x = 5;  
int *ip;  
int y;  
ip = &x; ❶
```



SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.48

Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

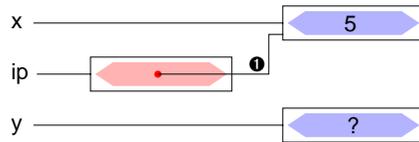
3 Definition von Zeigervariablen

■ Syntax:

```
Typ *Name ;
```

▲ Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
```



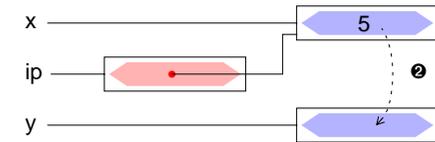
3 Definition von Zeigervariablen

■ Syntax:

```
Typ *Name ;
```

▲ Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
y = *ip; ❷
```



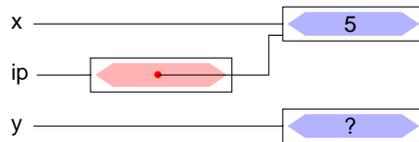
3 Definition von Zeigervariablen

■ Syntax:

```
Typ *Name ;
```

▲ Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
y = *ip; ❷
```



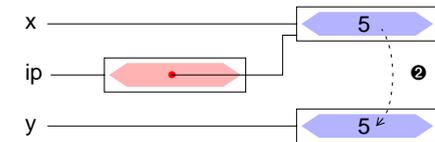
3 Definition von Zeigervariablen

■ Syntax:

```
Typ *Name ;
```

▲ Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
y = *ip; ❷
```



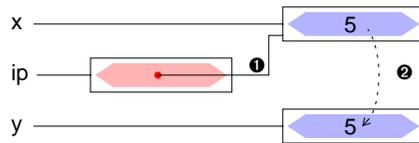
3 Definition von Zeigervariablen

■ Syntax:

```
Typ *Name ;
```

▲ Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
y = *ip; ❷
```



5 Zeiger als Funktionsargumente

- Parameter werden in C *by-value* übergeben
- die aufgerufene Funktion kann den aktuellen Parameter beim Aufrufer nicht verändern
- auch Zeiger werden *by-value* übergeben, d. h. die Funktion erhält lediglich eine Kopie des Adreßverweises
- über diesen Verweis kann die Funktion jedoch mit Hilfe des ***-Operators auf die zugehörige Variable zugreifen und sie verändern
↳ *call-by-reference*

4 Adreßoperatoren

▲ Adreßoperator &

&x der unäre Adreß-Operator liefert eine Referenz auf den Inhalt der Variablen (des Objekts) **x**

▲ Verweisoperator *

x** der unäre Verweisoperator ** ermöglicht den Zugriff auf den Inhalt der Variablen (des Objekts), auf die der Zeiger **x** verweist

5 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

■ Beispiel:

```
main(void) {
  int a, b;
  void swap (int *, int *);
  ...
  swap(&a, &b);
}
```



5 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

■ Beispiel:

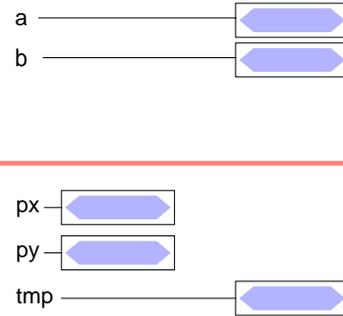
```

main(void) {
  int a, b;
  void swap (int *, int *);
  ...
  swap(&a, &b);
}

void swap (int *px, int *py)
{
  int tmp;

  tmp = *px;
  *px = *py;
  *py = tmp;
}

```



SOS1-Ü

5 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

■ Beispiel:

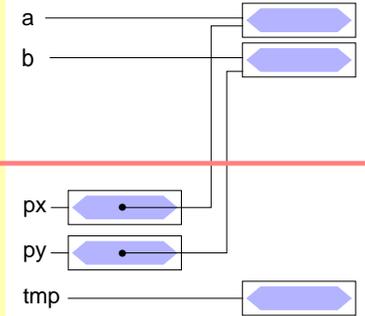
```

main(void) {
  int a, b;
  void swap (int *, int *);
  ...
  swap(&a, &b);
}

void swap (int *px, int *py)
{
  int tmp;

  tmp = *px;
  *px = *py;
  *py = tmp;
}

```



SOS1-Ü

5 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

■ Beispiel:

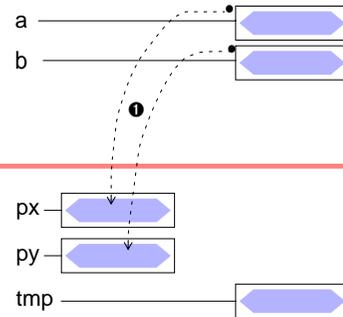
```

main(void) {
  int a, b;
  void swap (int *, int *);
  ...
  swap(&a, &b); ①
}

void swap (int *px, int *py)
{
  int tmp;

  tmp = *px;
  *px = *py;
  *py = tmp;
}

```



SOS1-Ü

5 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

■ Beispiel:

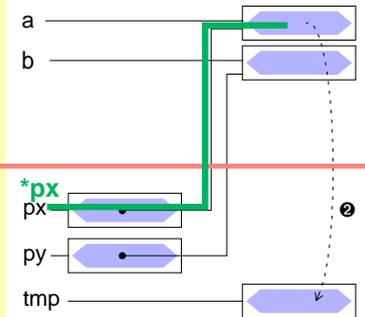
```

main(void) {
  int a, b;
  void swap (int *, int *);
  ...
  swap(&a, &b); ①
}

void swap (int *px, int *py)
{
  int tmp;

  tmp = *px; ②
  *px = *py;
  *py = tmp;
}

```



SOS1-Ü

5 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

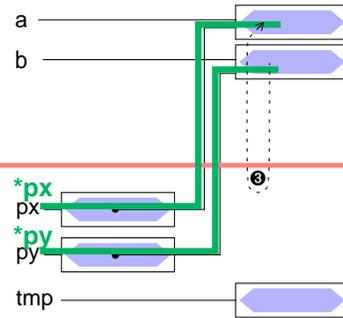
B-8 Zeiger(-Variablen)

■ Beispiel:

```
main(void) {
    int a, b;
    void swap (int *, int *);
    ...
    swap(&a, &b); ①
}
```

```
void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px;
    *px = *py; ③
    *py = tmp;
}
```



5 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

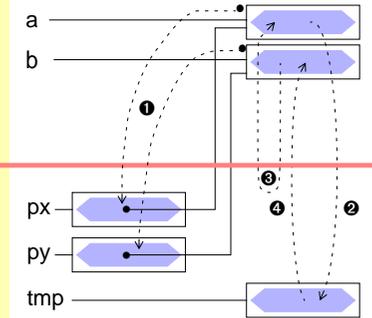
B-8 Zeiger(-Variablen)

■ Beispiel:

```
main(void) {
    int a, b;
    void swap (int *, int *);
    ...
    swap(&a, &b); ①
}
```

```
void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px; ②
    *px = *py; ③
    *py = tmp; ④
}
```



5 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

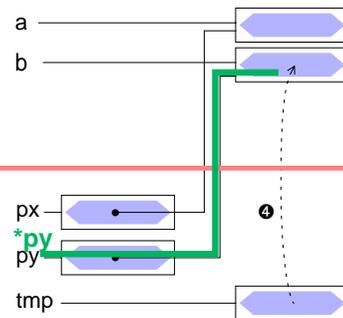
B-8 Zeiger(-Variablen)

■ Beispiel:

```
main(void) {
    int a, b;
    void swap (int *, int *);
    ...
    swap(&a, &b); ①
}
```

```
void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px; ②
    *px = *py; ③
    *py = tmp; ④
}
```



6 Zeiger auf Strukturen

B-8 Zeiger(-Variablen)

■ Konzept analog zu "Zeiger auf Variablen"

- Adresse einer Struktur mit &-Operator zu bestimmen
- Zeigerarithmetik berücksichtigt Strukturgröße

■ Beispiele

```
struct student stud1;
struct student *pstud;
pstud = &stud1; /* => pstud -> stud1 */
```

■ Besondere Bedeutung zum Aufbau verketteter Strukturen

6 Zeiger auf Strukturen (2)

- Zugriff auf Strukturkomponenten über einen Zeiger
- Bekannte Vorgehensweise
 - *-Operator liefert die Struktur
 - .-Operator zum Zugriff auf Komponente
 - Operatorenvorrang beachten
- ➔ `(*pstud).best = 'n';` unleserlich!
- Syntaktische Verschönerung
 - ➔ ->-Operator

```
pstud->best = 'n';
```

SOS1-Ü

B-9 sizeof-Operator

- In manchen Fällen ist es notwendig, die Größe (in Byte) einer Variablen oder Struktur zu ermitteln
 - z. B. zum Anfordern von Speicher für ein Feld (→ malloc)
- Syntax:
 - `sizeof x` liefert die Größe des Objekts x in Bytes
 - `sizeof (Typ)` liefert die Größe eines Objekts vom Typ Typ in Bytes
- Das Ergebnis ist vom Typ `size_t` (entspricht meist `int`) (`#include <stddef.h>!`)
- Beispiel:


```
int a; size_t b;
b = sizeof a; /* => b = 2 oder b = 4 */
b = sizeof(double) /* => b = 8 */
```

SOS1-Ü

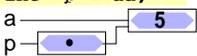
7 Zusammenfassung

- Variable


```
int a;
```


- Zeiger

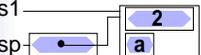

```
int *p = &a;
```


- Struktur


```
struct s {int a; char c;};
struct s s1 = {2, 'a'};
```


- Zeiger auf Struktur


```
struct s *sp = &s1;
```



SOS1-Ü

B-10 Explizite Typumwandlung — Cast-Operator

- C enthält Regeln für eine automatische Konvertierung unterschiedlicher Typen in einem Ausdruck
- Beispiel:


```
int i = 5;
float f = 0.2;
double d;
```


- In manchen Fällen wird eine explizite Typumwandlung benötigt (vor allem zur Umwandlung von Zeigern)
- ◆ Syntax:


```
(Typ) Variable
```
- Beispiele:


```
(int) a (int *) a
(float) b (char *) a
```

SOS1-Ü

B-11 Speicherverwaltung

B-11 Speicherverwaltung

- `void *malloc(size_t size)`: Reservieren eines Speicherbereiches
- `void free(void *ptr)`: Freigeben eines reservierten Bereiches

```
struct person *p1 = (struct person *) malloc(sizeof(struct person));
if (p1 == NULL) {
    perror("malloc person p1");
    ...
}
...
free(p1);
```

- `malloc`-Prototyp ist in `stdlib.h` definiert (`#include <stdlib.h>`)

SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.69

B-12 Felder

B-12 Felder

1 Eindimensionale Felder

- eine Reihe von Daten desselben Typs kann zu einem **Feld** zusammengefaßt werden
- bei der Definition wird die Anzahl der Feldelemente angegeben, die Anzahl ist konstant!
- der Zugriff auf die Elemente erfolgt durch **Indizierung**, beginnend bei Null
- Definition eines Feldes



- Beispiele:

```
int x[5];
double f[20];
```

SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

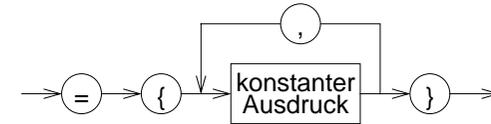
B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.70

Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Initialisierung eines Feldes

B-12 Felder



- Ein Feld kann durch eine Liste von konstanten Ausdrücken, die durch Komma getrennt sind, initialisiert werden

```
int prim[4] = {2, 3, 5, 7};
char name[5] = {'O', 't', 't', 'o', '\0'};
```

- wird die explizite Felddimensionierung weggelassen, so bestimmt die Zahl der Initialisierungskonstanten die Feldgröße

```
int prim[] = {2, 3, 5, 7};
char name[] = {'O', 't', 't', 'o', '\0'};
```

- werden zu wenig Initialisierungskonstanten angegeben, so werden die restlichen Elemente mit 0 initialisiert

SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.71

3 ... Initialisierung eines Feldes (2)

B-12 Felder

- Felder des Typs **char** können auch durch String-Konstanten initialisiert werden

```
char name1[5] = "Otto";
char name2[] = "Otto";
```

SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

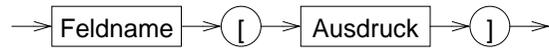
B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15:51

B.72

Reproduktion jeder Art oder Vervielfältigung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Zugriffe auf Feldelemente

- Indizierung:



wobei: $0 \leq \text{Wert}(\text{Ausdruck}) < \text{Feldgröße}$

- Beispiele:

```

prim[0] == 2
prim[1] == 3
name[1] == 't'
name[4] == '\0'
  
```

6 Zugriffe auf Feldelemente bei mehrdim. Feldern

- Indizierung:



wobei: $0 \leq A_i < \text{Größe der Dimension } i \text{ des Feldes}$
 $n = \text{Anzahl der Dimensionen des Feldes}$

- Beispiel:

```

int feld[5][8];
feld[2][3] = 10;
  
```

- ist äquivalent zu:

```

int feld[5][8];
int *f1;
f1 = (int*)feld;
f1[2*8 + 3] = 10;
  
```

5 Mehrdimensionale Felder

- neben eindimensionalen Felder kann man auch mehrdimensionale Felder vereinbaren
- Definition eines mehrdimensionalen Feldes



- Beispiel:

```

int matrix[4][4];
  
```

7 Initialisierung eines mehrdimensionalen Feldes

- ein mehrdimensionales Feld kann - wie ein eindimensionales Feld - durch eine Liste von konstanten Werten, die durch Komma getrennt sind, initialisiert werden
- wird die explizite Felddimensionierung weggelassen, so bestimmt die Zahl der Initialisierungskonstanten die Größe des Feldes
- Beispiel:

```

int feld[3][4] = {
  { 1, 3, 5, 7 }, /* feld[0][0-3] */
  { 2, 4, 6   } /* feld[1][0-2] */
};
  
```

`feld[1][3]` und `feld[2][0-3]` werden in dem Beispiel mit 0 initialisiert!

B-13 Eindimensionale Felder als Funktionsparameter

- ganze Felder können in C **nicht by-value** übergeben werden
- wird einer Funktion der Feldname als Parameter übergeben, kann sie in gleicher Weise wie der Aufrufer auf die Feldelemente zugreifen (und diese verändern!)
- bei der Deklaration des formalen Parameters wird die Feldgröße weggelassen
 - die Feldgröße ist automatisch durch den aktuellen Parameter gegeben
 - ggf. ist die Feldgröße über einen weiteren `int`-Parameter der Funktion explizit mitzuteilen
 - die Länge von Zeichenketten in `char`-Feldern kann normalerweise durch Suche nach dem `\0`-Zeichen bestimmt werden
- wird ein Feldparameter als `const` deklariert, können die Feldelemente innerhalb der Funktion nicht verändert werden

SOS1-Ü

1 Beispiele

- Bestimmung der Länge einer Zeichenkette (*String*)

```
int strlen(const char string[])
{
    int i=0;
    while (string[i] != '\0') ++i;
    return(i);
}
```

SOS1-Ü

1 Beispiele (2)

- Konkateniere Strings

```
void strcat(char to[], const char from[])
{
    int i=0, j=0;
    while (to[i] != '\0') i++;
    while ( (to[i++] = from[j++]) != '\0' )
        ;
}
```

- Funktionsaufruf mit Feld-Parametern

```
➤ als aktueller Parameter beim Funktionsaufruf wird einfach der Feldname angegeben

char s1[50] = "text1";
char s2[] = "text2";
strcat(s1, s2); /* → s1="text1text2" */
strcat(s1, "text3"); /* → s1="text1text2text3" */
```

SOS1-Ü

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

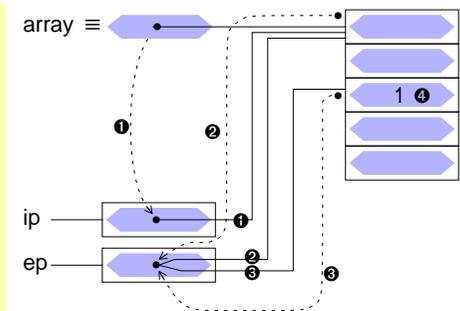
```
int array[5];

int *ip = array; ❶

int *ep;
ep = &array[0]; ❷

ep = &array[2]; ❸

*ep = 1; ❹
```

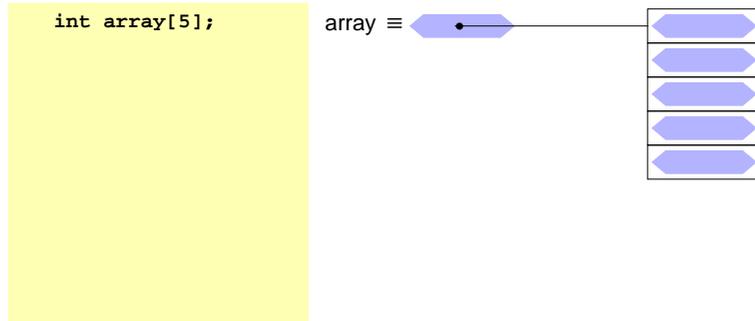


SOS1-Ü

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:



SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

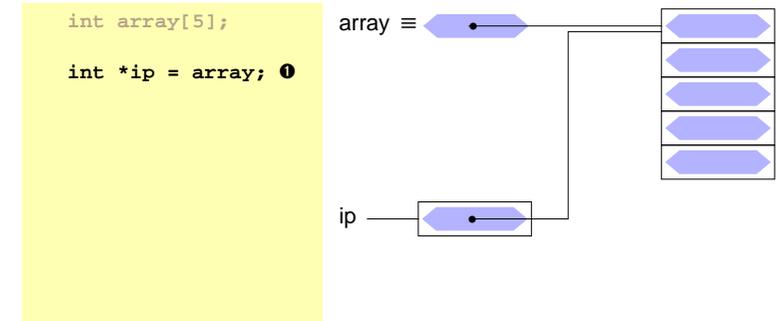
B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.81

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:



SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

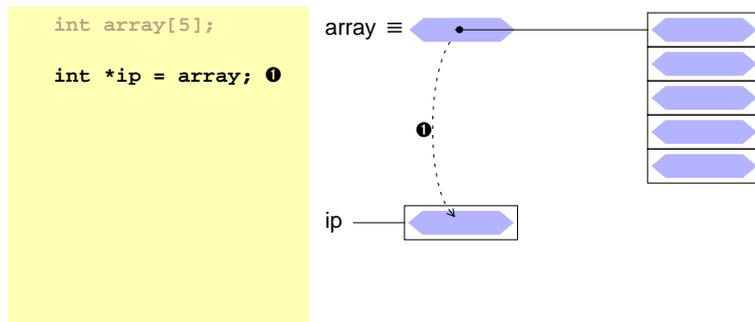
B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.83

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:



SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

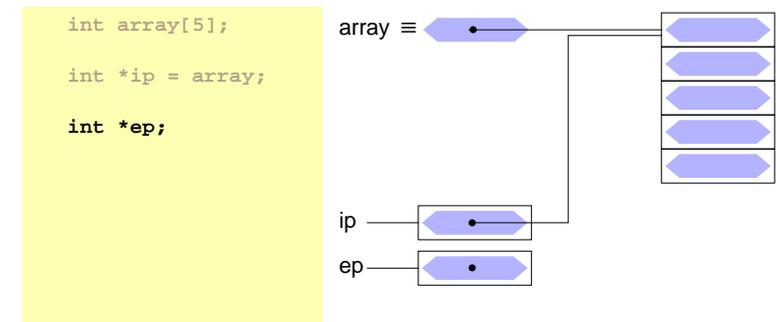
B.82

Reproduktion jeder Art oder Vervielfachung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:



SOS1-Ü

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.84

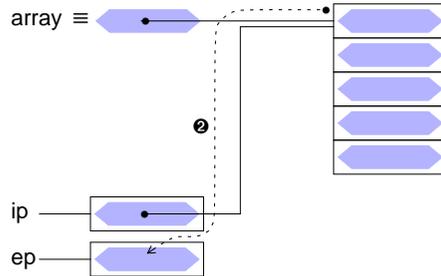
Reproduktion jeder Art oder Vervielfachung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];  
  
int *ip = array;  
  
int *ep;  
ep = &array[0];
```



Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

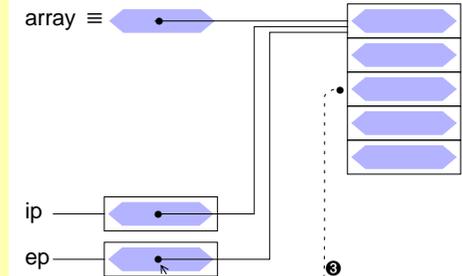
B.85

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];  
  
int *ip = array;  
  
int *ep;  
ep = &array[2];
```



Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

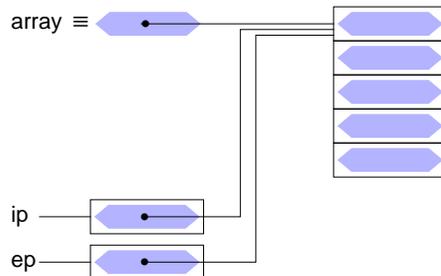
B.87

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];  
  
int *ip = array;  
  
int *ep;  
ep = &array[0];
```



Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

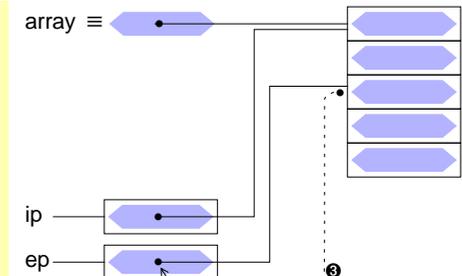
B.86

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];  
  
int *ip = array;  
  
int *ep;  
ep = &array[2];
```



Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

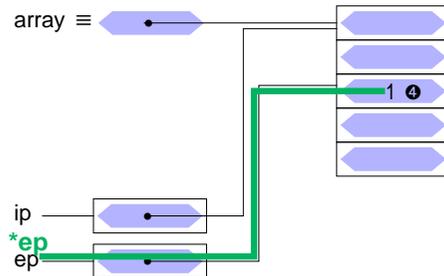
B.88

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];
int *ip = array;
int *ep;
ep = &array[0];
ep = &array[2];
*ep = 1; ④
```



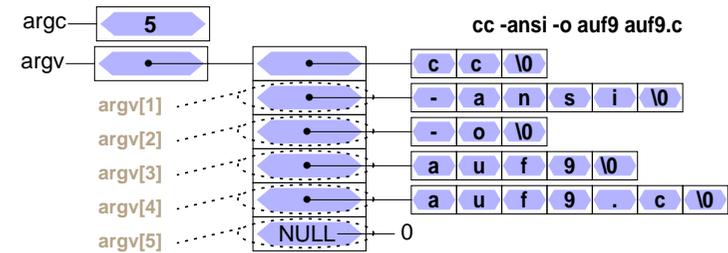
SOS1-Ü

B-15 Kommandozeilenparameter

B-15 Kommandozeilenparameter

- das folgende Programmstück gibt alle Argumente der Kommandozeile aus (außer dem Kommandonamen)

```
int main (int argc, char *argv[]) {
    int i;
    for ( i=1; i<argc; i++) {
        printf("%s%c", argv[i],
            (i < argc-1) ? ' ':'\n' );
    }
    ...
}
```



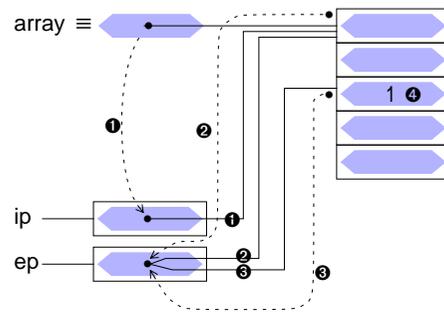
SOS1-Ü

B-14 Zeiger und Felder

B-14 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];
int *ip = array; ①
int *ep;
ep = &array[0]; ②
ep = &array[2]; ③
*ep = 1; ④
```



SOS1-Ü

B-16 Strukturen

B-16 Strukturen

- Initialisierung
- Strukturen als Funktionsparameter
- Felder von Strukturen
- Zeiger auf Strukturen

SOS1-Ü

1 Initialisieren von Strukturen

- Strukturen können — wie Variablen und Felder — bei der Definition initialisiert werden
- Beispiele

```
struct student stud1 = {
    "Meier", "Hans", "24.01.1970", 1533180, 5, 'n'
};

struct komplex c1 = {1.2, 0.8}, c2 = {0.5, 0.33};
```

!!! Vorsicht

bei Zugriffen auf eine Struktur werden die Komponenten durch die Komponentennamen identifiziert,

bei der Initialisierung jedoch nur durch die Position

→ potentielle Fehlerquelle bei Änderungen der Strukturtyp-Deklaration

3 Felder von Strukturen

- Von Strukturen können — wie von normale Datentypen — Felder gebildet werden
- Beispiel

```
struct student gruppe8[35];
int i;
for (i=0; i<35; i++) {
    printf("Nachname %d. Stud.: ", i);
    scanf("%s", gruppe8[i].nachname);
    ...
    gruppe8[i].gruppe = 8;

    if (gruppe8[i].matrnr < 1500000) {
        gruppe8[i].best = 'y';
    } else {
        gruppe8[i].best = 'n';
    }
}
```

2 Strukturen als Funktionsparameter

- Strukturen können wie normale Variablen an Funktionen übergeben werden
 - ◆ Übergabesemantik: **call by value**
 - Funktion erhält eine Kopie der Struktur
 - auch wenn die Struktur ein Feld enthält, wird dieses komplett kopiert!
 - !!! Unterschied zur direkten Übergabe eines Feldes
- Strukturen können auch Ergebnis einer Funktion sein
 - Möglichkeit mehrere Werte im Rückgabeparameter zu transportieren
- Beispiel

```
struct komplex komp_add(struct komplex x, struct komplex y) {
    struct komplex ergebnis;
    ergebnis.re = x.re + y.re;
    ergebnis.im = x.im + y.im;
    return(ergebnis);
}
```

4 Zeiger auf Felder von Strukturen

- Ergebnis der Addition/Subtraktion abhängig von Zeigertyp!
- Beispiel

```
struct student gruppe8[35];
struct student *gp1, *gp2;

gp1 = gruppe8; /* gp1 zeigt auf erstes Element des Arrays */
printf("Nachname des ersten Studenten: %s", gp1->nachname);

gp2 = gp1 + 1; /* gp2 zeigt auf zweite Element des Arrays */
printf("Nachname des zweiten Studenten: %s", gp2->nachname);

printf("Byte-Differenz: %d", (char*)gp2 - (char*)gp1);
```

5 Zusammenfassung

B-16 Strukturen

■ Variable

```
int a;  
a — 5
```

■ Zeiger

```
int *p = &a;  
a — 5  
p — •
```

■ Feld

```
int a[3];  
a ≡ • — [ ] [ ] [ ]
```

■ Feld von Zeigern

```
int *p[3];  
p ≡ • — [ ] [ ] [ ]  
          • — [ ] [ ] [ ]  
          • — [ ] [ ] [ ]
```

■ Struktur

```
struct s {int a; char c;};  
struct s s1 = {2, 'a'};
```

```
s1 — [ 2  
      a ]
```

■ Zeiger auf Struktur

```
struct s *sp = &s1;
```

```
s1 — [ 2  
      a ]  
sp — • — [ ] [ ] [ ]
```

■ Feld von Strukturen

```
struct s sa[3];  
sa ≡ • — [ ] [ ] [ ]  
          [ ] [ ] [ ]  
          [ ] [ ] [ ]
```

B-18 Ein-/Ausgabe

B-18 Ein-/Ausgabe

■ E-/A-Funktionalität nicht Teil der Programmiersprache

■ Realisierung durch "normale" Funktionen

- ▶ Bestandteil der Standard-Funktionsbibliothek
- ▶ einfache Programmierschnittstelle
- ▶ effizient
- ▶ portabel
- ▶ betriebssystemnah

■ Funktionsumfang

- ▶ Öffnen/Schließen von Dateien
- ▶ Lesen/Schreiben von Zeichen, Zeilen oder beliebigen Datenblöcken
- ▶ Formatierte Ein-/Ausgabe

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.97

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.99

B-17 Zeiger auf Funktionen

B-17 Zeiger auf Funktionen

■ Datentyp: Zeiger auf Funktion

◆ Variablendef.: `<Rückgabety> (*<Variablenname>) (<Parameter>);`

```
int (*fptr)(int, char*);  
  
int test1(int a, char *s) { printf("1: %d %s\n", a, s); }  
int test2(int a, char *s) { printf("2: %d %s\n", a, s); }  
  
fptr = test1;  
  
fptr(42, "hallo");  
  
fptr = test2;  
  
fptr(42, "hallo");
```

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.98

1 Standard Ein-/Ausgabe

B-18 Ein-/Ausgabe

■ Jedes C-Programm erhält beim Start automatisch 3 E-/A-Kanäle:

◆ `stdin` Standardeingabe

- ▶ normalerweise mit der Tastatur verbunden
- ▶ Dateiende (EOF) wird durch Eingabe von `CTRL-D` am Zeilenanfang signalisiert
- ▶ bei Programmaufruf in der Shell auf Datei umlenkbar
`prog <eingabedatei`
(bei Erreichen des Dateiendes wird EOF signalisiert)

◆ `stdout` Standardausgabe

- ▶ normalerweise mit dem Bildschirm (bzw. dem Fenster, in dem das Programm gestartet wurde) verbunden
- ▶ bei Programmaufruf in der Shell auf Datei umlenkbar
`prog >ausgabedatei`

◆ `stderr` Ausgabekanal für Fehlermeldungen

- ▶ normalerweise ebenfalls mit Bildschirm verbunden

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.98

Übungen zu Softwaresysteme I

© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2004

B-Einfuehrung_in_C.fm 2004-04-16 15.51

B.100

1 Standard Ein-/Ausgabe (2)

■ Pipes

- ◆ die Standardausgabe eines Programms kann mit der Standardeingabe eines anderen Programms verbunden werden

➤ Aufruf
prog1 | prog2

- ! Die Umlenkung von Standard-E/A-Kanäle ist für die aufgerufenen Programme völlig unsichtbar

■ automatische Pufferung

- ◆ Eingabe von der Tastatur wird normalerweise vom Betriebssystem zeilenweise zwischengespeichert und erst bei einem **NEWLINE**-Zeichen (`'\n'`) an das Programm übergeben!

2 Öffnen und Schließen von Dateien

- Neben den Standard-E/A-Kanälen kann ein Programm selbst weitere E/A-Kanäle öffnen

➤ Zugriff auf Dateien

- Öffnen eines E/A-Kanals

➤ Funktion `fopen`:

```
#include <stdio.h>
FILE *fopen(char *name, char *mode);
```

name	Pfadname der zu öffnenden Datei
mode	Art, wie die Datei geöffnet werden soll
"r"	zum Lesen
"w"	zum Schreiben
"a"	append: Öffnen zum Schreiben am Dateiende
"rw"	zum Lesen und Schreiben

➤ Ergebnis von `fopen`:
Zeiger auf einen Datentyp `FILE`, der einen Dateikanal beschreibt
im Fehlerfall wird ein `NULL`-Zeiger geliefert

2 Öffnen und Schließen von Dateien (2)

■ Beispiel:

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    FILE *eingabe;

    if (argv[1] == NULL) {
        fprintf(stderr, "keine Eingabedatei angegeben\n");
        exit(1); /* Programm abbrechen */
    }

    if ((eingabe = fopen(argv[1], "r")) == NULL) {
        /* eingabe konnte nicht geöffnet werden */
        perror(argv[1]); /* Fehlermeldung ausgeben */
        exit(1); /* Programm abbrechen */
    }

    ... /* Programm kann jetzt von eingabe lesen */
}
```

- Schließen eines E/A-Kanals

```
int fclose(FILE *fp)
```

➤ schließt E/A-Kanal `fp`

3 Zeichenweise Lesen und Schreiben

- Lesen eines einzelnen Zeichens

- ◆ von der Standardeingabe

```
int getchar ( )
```

➤ lesen das nächste Zeichen

➤ geben das gelesene Zeichen als `int`-Wert zurück

➤ geben bei Eingabe von `CTRL-D` bzw. am Ende der Datei `EOF` als Ergebnis zurück

- ◆ von einem Dateikanal

```
int getc(FILE *fp )
```

- Schreiben eines einzelnen Zeichens

- ◆ auf die Standardausgabe

```
int putchar(int c)
```

➤ schreiben das im Parameter `c` übergeben Zeichen

➤ geben gleichzeitig das geschriebene Zeichen als Ergebnis zurück

- ◆ auf einen Dateikanal

```
int putc(int c, FILE *fp )
```

3 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

- Beispiel: copy-Programm, Aufruf: `copy Quelldatei Zieldatei`

```
#include <stdio.h>
int main(int argc, char *argv[]) {
    FILE *quelle, *ziel;
    int c;
    if (argc < 3) { /* Fehlermeldung, Abbruch */ }
    if ((quelle = fopen(argv[1], "r")) == NULL) {
        perror(argv[1]); /* Fehlermeldung ausgeben */
        exit(EXIT_FAILURE); /* Programm abbrechen */
    }
    if ((ziel = fopen(argv[2], "w")) == NULL) {
        /* Fehlermeldung, Abbruch */
    }
    while ( ( c = getc(quelle) ) != EOF ) {
        putchar(c, ziel);
    }
    fclose(quelle);
    fclose(ziel);
}
```

Teil 1: Aufrufargumente auswerten

4 Formatierte Ausgabe

- Bibliotheksfunktionen — Prototypen (Schnittstelle)

```
int printf(char *format, /* Parameter */ ... );
int fprintf(FILE *fp, char *format, /* Parameter */ ... );
int sprintf(char *s, char *format, /* Parameter */ ... );
int snprintf(char *s, int n, char *format, /* Parameter */ ... );
```

- Die statt ... angegebenen Parameter werden entsprechend der Angaben im `format`-String ausgegeben

- ▶ bei `printf` auf der Standardausgabe
- ▶ bei `fprintf` auf dem Dateikanal `fp` (für `fp` kann auch `stdout` oder `stderr` eingesetzt werden)
- ▶ `sprintf` schreibt die Ausgabe in das `char`-Feld `s` (achtet dabei aber nicht auf das Feldende -> Pufferüberlauf möglich!)
- ▶ `snprintf` arbeitet analog, schreibt aber maximal nur `n` Zeichen (`n` sollte natürlich nicht größer als die Feldgröße sein)

3 Zeilenweise Lesen und Schreiben (3)

- Lesen einer Zeile von der Standardeingabe

```
char *fgets(char *s, int n, FILE *fp)
```

- ▶ liest Zeichen von Dateikanal `fp` in das Feld `s` bis entweder `n-1` Zeichen gelesen wurden oder `'\n'` oder `EOF` gelesen wurde
- ▶ `s` wird mit `'\0'` abgeschlossen (`'\n'` wird nicht entfernt)
- ▶ gibt bei `EOF` oder Fehler `NULL` zurück, sonst `s`
- ▶ für `fp` kann `stdin` eingesetzt werden, um von der Standardeingabe zu lesen

- Schreiben einer Zeile

```
int fputs(char *s, FILE *fp)
```

- ▶ schreibt die Zeichen im Feld `s` auf Dateikanal `fp`
- ▶ für `fp` kann auch `stdout` oder `stderr` eingesetzt werden
- ▶ als Ergebnis wird die Anzahl der geschriebenen Zeichen geliefert

4 Formatierte Ausgabe (2)

- Zeichen im `format`-String können verschiedene Bedeutung haben

- ▶ normale Zeichen: werden einfach auf die Ausgabe kopiert
- ▶ Escape-Zeichen: z. B. `\n` oder `\t`, werden durch die entsprechenden Zeichen (hier Zeilenvorschub bzw. Tabulator) bei der Ausgabe ersetzt
- ▶ Format-Anweisungen: beginnen mit `%`-Zeichen und beschreiben, wie der dazugehörige Parameter in der Liste nach dem `format`-String aufbereitet werden soll

- Format-Anweisungen

- `%d`, `%i` `int` Parameter als Dezimalzahl ausgeben
- `%f` `float` Parameter wird als Fließkommazahl (z. B. 271.456789) ausgegeben
- `%e` `float` Parameter wird als Fließkommazahl in 10er-Potenz-Schreibweise (z. B. 2.714567e+02) ausgegeben
- `%c` `char`-Parameter wird als einzelnes Zeichen ausgegeben
- `%s` `char`-Feld wird ausgegeben, bis `'\0'` erreicht ist

5 Formatierte Eingabe

- Bibliotheksfunktionen — Prototypen (Schnittstelle)

```
int scanf(char *format, /* Parameter */ ...);
int fscanf(FILE *fp, char *format, /* Parameter */ ...);
int sscanf(char *s, const char *format, /* Parameter */ ...);
```

- Die Funktionen lesen Zeichen von `stdin` (`scanf`), `fp` (`fscanf`) bzw. aus dem `char`-Feld `s`.
- `format` gibt an, welche Daten hiervon extrahiert und in welchen Datentyp konvertiert werden sollen
- Die folgenden Parameter sind Zeiger auf Variablen der passenden Datentypen (bzw. `char`-Felder bei Format `%s`), in die die Resultate eingetragen werden
- relativ komplexe Funktionalität, hier nur Kurzüberblick für Details siehe Manual-Seiten

5 Formatierte Eingabe (2)

- *White space* (Space, Tabulator oder Newline `\n`) bildet jeweils die Grenze zwischen Daten, die interpretiert werden
 - *white space* wird in beliebiger Menge einfach überlesen
 - Ausnahme: bei Format-Anweisung `%c` wird auch *white space* eingelesen
- Alle anderen Daten in der Eingabe müssen zum `format`-String passen oder die Interpretation der Eingabe wird abgebrochen
 - wenn im `format`-String normale Zeichen angegeben sind, müssen diese exakt so in der Eingabe auftauchen
 - wenn im `Format`-String eine `Format-Anweisung` (`%...`) angegeben ist, muß in der Eingabe etwas hierauf passendes auftauchen
 - ↳ diese Daten werden dann in den entsprechenden Typ konvertiert und über den zugehörigen Zeiger-Parameter der Variablen zugewiesen
- Die `scanf`-Funktionen liefern als Ergebnis die Zahl der erfolgreich an die Parameter zugewiesenen Werte

5 Formatierte Eingabe (3)

<code>%d</code>	int
<code>%hd</code>	short
<code>%ld</code>	long int
<code>%lld</code>	long long int
<code>%f</code>	float
<code>%lf</code>	double
<code>%Lf</code>	long double
analog auch <code>%e</code> oder <code>%g</code>	
<code>%c</code>	char
<code>%s</code>	String, wird automatisch mit <code>'\0'</code> abgeschl.

- nach `%` kann eine Zahl folgen, die die maximale Feldbreite angibt
 - `%3d` = 3 Ziffern lesen
 - `%5c` = 5 char lesen (Parameter muß dann Zeiger auf `char`-Feld sein)
 - `%5c` überträgt exakt 5 char (hängt aber kein `'\0'` an!)
 - `%5s` liest max. 5 char (bis white space) und hängt `'\0'` an
- Beispiele:

```
int a, b, c, d, n;
char s1[20]="XXXXXX", s2[20];
n = scanf("%d %2d %3d %5c %s %d",
         &a, &b, &c, s1, s2, &d);
Eingabe: 12 1234567 sowas hmmm
Ergebnis: n=5, a=12, b=12, c=345
          s1="67 soX", s2="was"
```

6 Fehlerbehandlung

- Fast jeder Systemcall/Bibliotheksaufwurf kann fehlschlagen
 - ◆ Fehlerbehandlung unumgänglich!
- Vorgehensweise:
 - ◆ Rückgabewerte von Systemcalls/Bibliotheksaufrufen abfragen
 - ◆ Im Fehlerfall (meist durch Rückgabewert -1 angezeigt): Fehlercode steht in der globalen Variable `errno`
- Fehlermeldung kann mit der Funktion `perror` auf die Fehlerausgabe ausgegeben werden:

```
#include <errno.h>
void perror(const char *s);
```