Überblick: Teil D Betriebssystemabstraktionen

15 Nebenläufigkeit

16 Ergänzungen zur Einführung in C

17 Betriebssysteme

18 Dateisysteme

19 Programme und Prozesse

20 Speicherorganisation

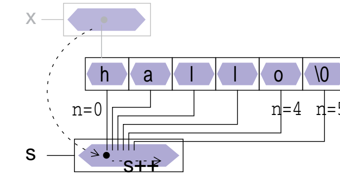
21 Nebenläufige Prozesse

V_SPIC_handout

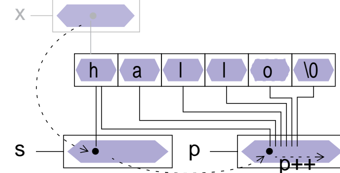
Zeiger, Felder und Zeichenketten

- Zeichenketten sind Felder von Einzelzeichen (**char**), die in der internen Darstellung durch ein **'\0'**–Zeichen abgeschlossen sind
- Beispiel: Länge eines Strings ermitteln — Aufruf **strlen(x);**

```
/* 1. Version */
int strlen(const char *s)
{
    int n;
    for (n=0; *s != '\0'; s++)
        n++;
    return(n);
}
```




```
/* 2. Version */
int strlen(const char *s)
{
    char *p = s;
    while (*p != '\0')
        p++;
    return(p-s);
}
```



16.pdf: 2015-06-08

Zeiger, Felder und Zeichenketten (2)

- wird eine Zeichenkette zur Initialisierung eines char–Feldes verwendet, ist der Feldname ein konstanter Zeiger auf den Anfang der Zeichenkette

```
char amessage[] = "now is the time";
```

amessage ≡

- ➤ es wird ein Speicherbereich für 16 Bytes reserviert und die Zeichen werden in diesen Speicherbereich hineinkopiert
- ➤ `amessage` ist ein konstanter Zeiger auf den Anfang des Speicherbereichs und kann nicht verändert werden
- ➤ der Inhalt des Speicherbereichs kann aber modifiziert werden
  `amessage[0] = 'h';`

16.pdf: 2015-06-08

Zeiger, Felder und Zeichenketten (3)

- wird eine Zeichenkette zur Initialisierung eines **char**–Zeigers verwendet, ist der Zeiger eine Variable, die mit der Anfangsadresse der Zeichenkette initialisiert wird
  - ➤ die Zeichenkette selbst wird vom Compiler als konstanter Wert (String-Literal) im Speicher angelegt

```
const char *pmessage = "hello world";
```

pmessage ❶ ❷

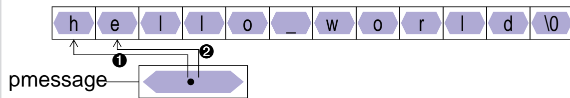
```
pmessage++; ❷
printf("%s", pmessage);  /*gibt "ello world" aus*/
```

- ➤ es wird ein Speicherbereich für einen Zeiger reserviert (z. B. 4 Byte) und der Compiler legt die Zeichenkette `hello world` an irgendeiner Adresse im Speicher des Programms ab

16.pdf: 2015-06-08

Zeiger, Felder und Zeichenketten (4)

```
const char *pmessage = "hello world";
```




```
pmessage++; ❷
printf("%s", pmessage);  /*gibt "ello world" aus*/
```

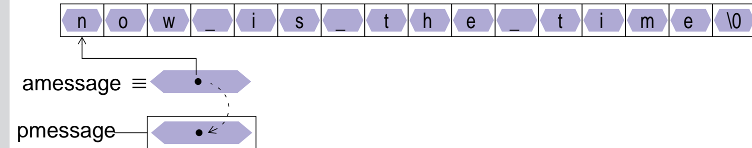
- `pmessage` ist ein variabler Zeiger, der mit dieser Adresse initialisiert wird, aber jederzeit verändert werden darf
  `pmessage++;`
- der Speicherbereich von `hello world` darf aber nicht verändert werden
  - Compiler erkennt dies durch das Schlüsselwort **`const`** und verhindert schreibenden Zugriff über den Zeiger
  - manche Compiler legen solche Zeichenketten ausserdem in schreibgeschütztem Speicher an
    ➔ Speicherschutzverletzung beim Zugriff (falls der Zeiger nicht als **`const`**-Zeiger definiert wurde.

Zeiger, Felder und Zeichenketten (5)

- die Zuweisung eines **`char`**–Zeigers oder einer Zeichenkette an einen **`char`**–Zeiger bewirkt kein Kopieren von Zeichenketten!

```
pmessage = amessage;
```

weist dem Zeiger **`pmessage`** lediglich die Adresse der Zeichenkette **`"now is the time"`** zu



- wird eine Zeichenkette als aktueller Parameter an eine Funktion übergeben, erhält diese eine Kopie des Zeigers

Zeiger, Felder und Zeichenketten (6)

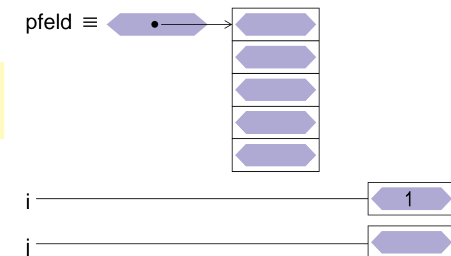
- Um eine ganze Zeichenkette einem anderen char-Feld zuzuweisen, muss sie kopiert werden: Funktion strcpy in der Standard-C-Bibliothek
- Implementierungsbeispiele:

```
/* 1. Version */
void strcpy(char s[], t[])
{
    int i=0;
    while ( (s[i] = t[i]) != '\0' )
        i++;
}

/* 2. Version */
void strcpy(char *s, *t)
{
    while ( (*s = *t) != '\0' )
        s++, t++;
}

/* 3. Version */
void strcpy(char *s, *t)
{
    while ( *s++ = *t++ )
        ;
}
```


Felder von Zeigern

- Auch von Zeigern können Felder gebildet werden
- Deklaration

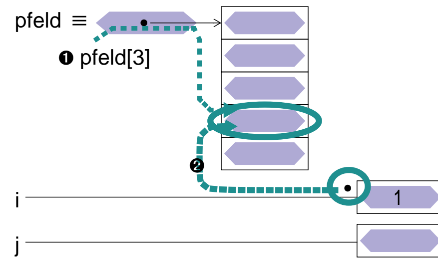
```
int *pfeld[5];
int i = 1
int j;
```



Felder von Zeigern

- Auch von Zeigern können Felder gebildet werden
- Deklaration

```
int *pfeld[5];
int i = 1
int j;
```



- Zugriffe auf einen Zeiger des Feldes

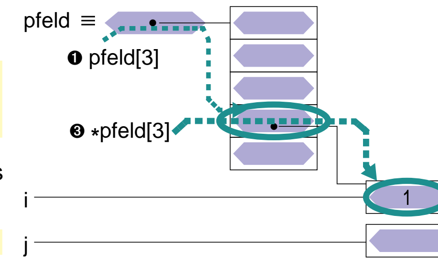
```
pfeld[3] = &i;
```

❶ ❷

Felder von Zeigern

- Auch von Zeigern können Felder gebildet werden
- Deklaration

```
int *pfeld[5];
int i = 1
int j;
```



- Zugriffe auf einen Zeiger des Feldes

```
pfeld[3] = &i;
```

- Zugriffe auf das Objekt, auf das ein Zeiger des Feldes verweist

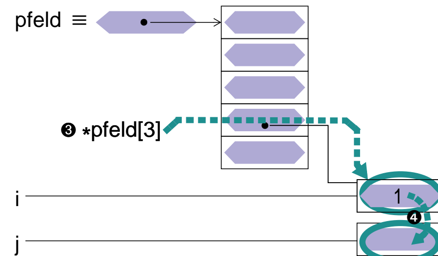
```
j = *pfeld[3];
```

❶ ❸

Felder von Zeigern

- Auch von Zeigern können Felder gebildet werden
- Deklaration

```
int *pfeld[5];
int i = 1
int j;
```



- Zugriffe auf einen Zeiger des Feldes

```
pfeld[3] = &i;
```

- Zugriffe auf das Objekt, auf das ein Zeiger des Feldes verweist

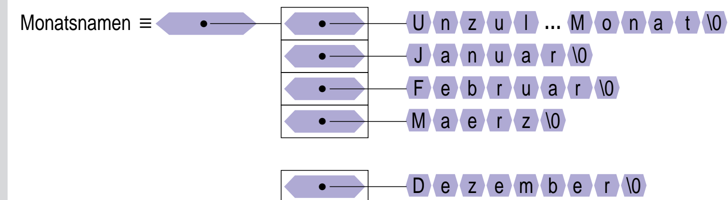
```
j = *pfeld[3];
```

❹ ❶ ❹ ❸

Felder von Zeigern (2)

- Beispiel: Definition und Initialisierung eines Zeigerfeldes:

```
char *month_name(int n)
{
        static char *Monatsnamen[] = {
                "Unzulaessiger Monat",
                "Januar",
        ...
                "Dezember"
        };

        return ( (n<0 || n>12) ?
                Monatsnamen[0] : Monatsnamen[n] );
}
```



Argumente aus der Kommandozeile

- beim Aufruf eines Kommandos können normalerweise Argumente übergeben werden
- der Zugriff auf diese Argumente wird der Funktion ***main( )*** durch zwei Aufrufparameter ermöglicht:

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

oder

```
int
main (int argc, char **argv)
{
    …
}
```

- der Parameter **`argc`** enthält die Anzahl der Argumente, mit denen das Programm aufgerufen wurde
- der Parameter **`argv`** ist ein Feld von Zeiger auf die einzelnen Argumente (Zeichenketten)
- der Kommandoname wird als erstes Argument übergeben (**`argv[0]`**)

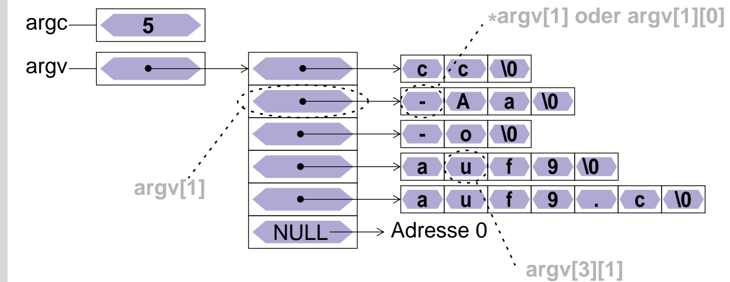
16.pdf: 2015-06-08

Datenaufbau

Kommando: **`cc -Aa -o auf9 auf9.c`**

Datei cc.c:

```
...
main(int argc, char *argv[]) {
...
```

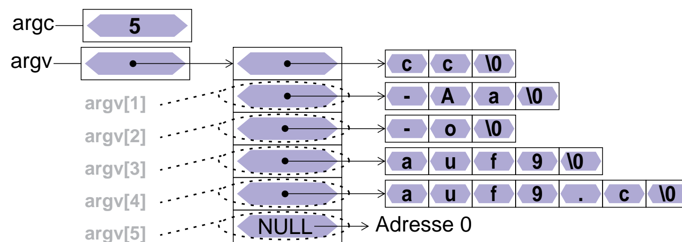


16.pdf: 2015-06-08

Zugriff Beispiel: Ausgeben aller Argumente

- 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 ", argv[i]);
    }
    printf("\n");
    ...
```



16.pdf: 2015-06-08

Verbund-Datentypen / Strukturen (structs)

- Zusammenfassen mehrerer Daten zu einer Einheit (ein zusammenfassender Datentyp)
- Strukturdeklaration

```
struct person {
    char name[20];
    int alter;
};
```

- Definition einer Variablen vom Typ der Struktur

```
struct person p1;
```

- Zugriff auf ein Element der Struktur

```
p1.alter = 20;
```

16.pdf: 2015-06-08

Zeiger auf Strukturen

- Konzept analog zu "Zeiger auf Variablen"
  - ➤ Adresse einer Struktur mit &-Operator zu bestimmen
- Beispiele

```
struct person stud1;
struct person *pstud;
pstud = &stud1;             /* ⇒ pstud → stud1 */
```

- Besondere Bedeutung zum Aufbau verketteter Strukturen
  - ➤ eine Strukur kann die Adresse einer weiteren Struktur desselben Typs enthalten

Zeiger auf Strukturen (2)

- Zugriff auf Strukturkomponenten über einen Zeiger
- Bekannte Vorgehensweise
  - ➤ `*`-Operator liefert die Struktur
  - ➤ `.`-Operator zum Zugriff auf Komponente
  - ➤ Operatorenvorrang beachten!

➥
```
(*pstud).alter = 21;
```
nicht so gut leserlich!

- Syntaktische Verschönerung

➥ `->`-Operator

```
pstud->alter = 21;
```

Rekursive Strukturen

- Strukturen in Strukturen sind erlaubt — aber
- die Größe einer Struktur muss vom Compiler ausgerechnet werden können
  - ➤ Problem: eine Struktur enthält sich selbst
- die Größe eines Zeigers ist bekannt (meist 4 Byte)
  - ➤ eine Struktur kann einen Zeiger auf eine gleichartige Struktur enthalten

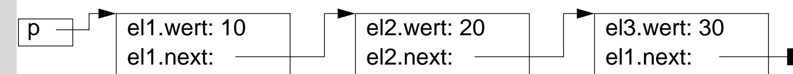
```
struct liste {
    struct student stud;
    struct liste *rest;
};
```

➥ Programmieren rekursiver Datenstrukturen
z. B. verkettete Listen

Verkettete Listen

- Mehrere Strukturen desselben Typs werden über Zeiger miteinander verkettet

```
struct liste { int wert; struct liste *next };
struct liste el1, el2, el3;
struct liste *p = &el1;
el1.wert = 10; el2.wert = 20; el3.wert = 30;
el1.next = &el2; el2.next = &el3; el3.next = NULL;
```



- Laufen über eine verkettete Liste

```
int summe = 0;
while (p != NULL) {
    summe += p-> wert;
    p = p->next;
}
```

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

Standard 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

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!

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

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 geoeffnet 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**

Zeichenweise Lesen und Schreiben

- Lesen eines einzelnen Zeichens
  - von der Standardeingabe: `int getchar( )`
  - von einem Dateikanal: `int getc(FILE *fp )`
  - ➤ 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
- Schreiben eines einzelnen Zeichens
  - auf die Standardausgabe: `int putchar(int c)`
  - auf einen Dateikanal: `int putc(int c, FILE *fp )`
  - ➤ schreiben das im Parameter **c** übergeben Zeichen
  - ➤ geben gleichzeitig das geschriebene Zeichen als Ergebnis zurück

Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

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

Teil 1: Aufrufargumente auswerten

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
        FILE *quelle, *ziel;
        int c;              /* gerade kopiertes Zeichen */

        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 ) {
                putc(c, ziel);
        }

        fclose(quelle);
        fclose(ziel);
}
```


Zeilenweise Lesen und Schreiben

- 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

Formatiert Ausgabe

- Bibliotheksfunktionen — 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)

16.pdf: 2015-06-08

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

16.pdf: 2015-06-08

Formatierte Eingabe

- Bibliotheksfunktionen — 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, für Details siehe Manual-Seiten

16.pdf: 2015-06-08

Fehlerbehandlung

- Fast jeder Systemcall/Bibliotheksaufruf 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);
```

16.pdf: 2015-06-08