I Ein-/Ausgabe

I.1 Überblick

- E-/A-Funktionalität nicht Teil der Programmiersprache
- Realisisierung 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

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

I.2 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!

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

I.2 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

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

I.3 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
  - ➤ Prototyp:
    ```
    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

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

I.3 Öffnen und Schließen von Dateien (2)

- Beispiel:

```
#include <stdio.h>

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**

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

I.4 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

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

I.4 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

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

Teil 1: Aufrufargumente auswerten

```
#include <stdio.h>

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

        if (argc < 3) {
                fprintf(stderr, "Aufruf: copy Quelle Ziel");
                exit(1);        /* Programm abbrechen */
        }

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

        if ((ziel = fopen(argv[2], "w")) == NULL) {
                perror(argv[2]); /* Fehlermeldung ausgeben */
                exit(1);        /* Programm abbrechen */
        }

        /* ... */
```


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

I.4 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

… Beispiel: copy-Programm
— Fortsetzung

Teil 2: kopieren

```
        /* ... */

        while ( (c = getc(quelle)) != EOF ) {
                putc(c, ziel);
        }

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


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

I.5 Zeilenweise Lesen und Schreiben

- Lesen einer Zeile von einem Dateikanal

```
char *gets(char *s)
```

  - ➤ liest Zeichen von der Standardeingabe in das Feld s bis entweder `'\n'` oder **EOF** gelesen wurde
  - ➤ `'\n'` wird entfernt und s wird mit `'\0'` abgeschlossen
  - ➤ gibt bei **EOF** oder Fehler **NULL** zurück, sonst s

  !!! die Länge des Feldes s wird nicht überprüft

  ➥ wenn bis zu einem `'\n'` zu viele Zeichen kommen, wird unkontrolliert Speicher überschrieben

  - – besonders gefährlich, wenn die Standardeingabe auf eine Internetverbindung umgelenkt ist
  - – durch trickreiche Eingabe kann Programm mißbraucht werden
  - – Angriffspunkt für Hacker

!!! Funktion **gets( )** NICHT BENUTZEN

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

I.5 Zeilenweise Lesen und Schreiben (2)

- 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

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

I.5 Zeilenweise Lesen und Schreiben (3)

… Beispiel: copy-Programm aus I.4 (erster Teil identisch)
— Fortsetzung mit zeilenweise Kopieren

Teil 2: kopieren

```
        /* ... */

        {       /* neuen Block beginnen, um Feld definieren zu können */
#define BUFSIZE 1024                /* Größe des Zeilenpufferspeichers */
                char buffer[BUFSIZE];     /* Feld für Zeilenpuffer anlegen */
                while ( fgets(buffer, BUFSIZE, quelle) != EOF ) {
                        fputs(buffer, ziel);
                }
        }

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

I.6 Kopieren beliebiger Blöcke

- Funktionen **fread** und **fwrite** (bei Bedarf siehe Manual)

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

I.7 Formatierte Ausgabe

1 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
    -> potentielle Sicherheitsprobleme!)
  - ➤ **snprintf** arbeitet analog, schreibt aber maximal nur n Zeichen
    (**n** sollte natürlich nicht größer als die Feldgröße sein)

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

2 Formatangaben

- 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** oder **double** Parameter wird als Fließkommazahl (z. B. 271.456789) ausgegeben
%e	**float** oder **double** 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

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

2 Bearbeitung der Eingabe-Daten

- *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

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

I.8 Formatierte Eingabe

1 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

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

3 Format-Anweisungen

%d	int
%hd	short
%ld	long int
%lld	long long int
%f	float
%lf	double
%Lf	long double

analog auch **%e** oder **%g**

%c	char
%s	String, wird automatisch mit **'\0'** 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 hmm**
Ergebnis: n=5, a=12, b=12, c=345
s1="**67 soX**", s2="**was**"

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