

# Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

## 22 Ergänzungen – Ein-/Ausgabe

**Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann, Volkmar Sieh**

Lehrstuhl für Informatik 4  
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2022

<http://sys.cs.fau.de/lehre/SS22/spic>



- E/A-Funktionalität nicht Teil der Programmiersprache
- Realisierung durch „normale“ Funktionen
  - Bestandteil der Standard-Bibliothek
  - einfache Programmierschnittstelle
  - effizient
  - portabel
  - betriebssystem-nah
- 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:** Standard-Eingabe

- 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
```

**stdout:** Standard-Ausgabe

- normalerweise mit 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



## ■ Pipes

- Die Standardausgabe eines Programmes kann mit der Standardeingabe eines anderen Programms verbunden werden:

```
~> prog1 | prog2
```

Die Umlenkung von Standard-E/A-Kanälen ist für die aufgerufenen Programme weitgehend unsichtbar.

## ■ automatische Pufferung

- Eingaben von der Tastatur werden normalerweise vom Betriebssystem zeilenweise zwischengespeichert und erst bei einem **NEWLINE**-Zeichen ('`\n`') an das Programm übergeben!
- Ausgaben an den Bildschirm werden vom Programm normalerweise zeilenweise zwischengespeichert und erst beim **NEWLINE**-Zeichen wirklich auf den Bildschirm geschrieben!



# 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` (File Open)
- Schließen eines E/A-Kanals
  - Funktion `fclose` (File Close)



## ■ Schnittstelle fopen

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

```
FILE *fopen(const char *name, const char *mode);
```

**name**: Pfadname der zu öffnenden Datei

**mode**: Art, wie Datei zu öffnen ist

"r": zum Lesen (read)

"w": zum Schreiben (write)

"a": zum Schreiben am Dateiende (append)

"rw": zum Lesen und Schreiben (read/write)

- öffnet Datei **name**
- Ergebnis von **fopen**: Zeiger auf einen Datentyp **FILE**, der einen Dateikanal beschreibt; im Fehlerfall **NULL**



## ■ Schnittstelle fclose

```
#include <stdio.h>

int fclose(FILE *fp);
```

- schließt E/A-Kanal fp
- Ergebnis ist entweder 0 (kein Fehler aufgetreten) oder EOF im Falle eines Fehlers



# Öffnen und Schließen von Dateien – Beispiel

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

int main(void)
{
    FILE *fp; int ret;

    fp = fopen("test.dat", "w"); /* Open "test.dat" for writing. */
    if (fp == NULL) {
        /* Error */
        perror("test.dat"); /* Print error message. */
        exit(EXIT_FAILURE); /* Terminate program. */
    }

    ... /* Program can now write to file "test.dat". */

    ret = fclose(fp); /* Close file. */
    if (ret == EOF) {
        /* Error */
        perror("test.dat"); /* Print error message. */
        exit(EXIT_FAILURE); /* Terminate program. */
    }

    return EXIT_SUCCESS;
}
```





# Zeichenweises Lesen und Schreiben

## ■ Lesen eines einzelnen Zeichens

- von der Standardeingabe

```
#include <stdio.h>
int getchar(void);
```

- aus einer Datei

```
#include <stdio.h>
int fgetc(FILE *fp);
```

- lesen das nächste Zeichen
- geben das 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

```
#include <stdio.h>
int putchar(int c);
```

- in eine Datei

```
#include <stdio.h>
int fputc(int c, FILE *fp);
```

- schreiben das Zeichen `c`
- geben im Fehlerfall EOF als Ergebnis zurück



# Zeichenweises Lesen und Schreiben – Beispiel

Kopierprogramm:

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

int main(int argc, char *argv[]) {
    FILE *src, *dst;
    int c;

    if (argc != 3) { ... }

    if ((src = fopen(argv[1], "r")) == NULL) { ... }
    if ((dst = fopen(argv[2], "w")) == NULL) { ... }

    while ((c = fgetc(src)) != EOF) {
        if (fputc(c, dst) == EOF) { ... }
    }

    if (fclose(dst) == EOF) { ... }
    if (fclose(src) == EOF) { ... }

    return EXIT_SUCCESS;
}
```



# Zeilenweises Lesen und Schreiben

## ■ Lesen einer Zeile

```
#include <stdio.h>
char *fgets(char *buf, int bufsz, FILE *fp);
```

- liest Zeichen aus Dateikanal `fp` in das `char`-Feld `buf` bis entweder `bufsz-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
- für `fp` kann `stdin` eingesetzt werden, um von der Standardeingabe zu lesen

## ■ Schreiben einer Zeile

```
#include <stdio.h>
int fputs(char *buf, FILE *fp);
```

- schreibt die Zeichen im Feld `s` auf Dateikanal `fp`
- gibt im Fehlerfall `EOF` zurück
- für `fp` kann auch `stdout` oder `stderr` eingesetzt werden



## ■ Schnittstelle

```
#include <stdio.h>
int printf(char *format, ...);
int fprintf(FILE *fp, char *format, ...);
int sprintf(char *buf, char *format, ...);
int snprintf(char *buf, int bufsize, char *format, ...);
```

- 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 `buf`  
(achtet dabei aber nicht auf das Feldende => Pufferüberlauf möglich!)
  - `snprintf` arbeitet analog, schreibt aber nur maximal `bufsize` Zeichen  
(`bufsize` sollte natürlich nicht größer als die Feldgröße sein)



- Zeichen im `format`-String können verschiedene Bedeutung haben
  - normale Zeichen:  
werden einfach in 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
- für genauere Informationen siehe Manuals (`man 3 printf, ...`)



- Format-Anweisungen

`%d`, `%i`: `int`-Parameter als Dezimalzahl ausgeben

`%ld`, `%li`: entsprechend für `long int`

`%f`: `float`-Parameter als Fließkommazahl ausgeben  
(z.B. `13.153534`)

`%lf`: entsprechend für `double`

`%e`: `float`-Parameter als Fließkommazahl in  
10er-Potenz-Schreibweise ausgeben (z.B. `2.71456e+02`)

`%le`: entsprechend für `double`

`%c`: `char`-Parameter als einzelnes Zeichen ausgeben

`%s`: `char`-Feld wird ausgegeben, bis `'\0'` erreicht ist

`%%`: ein `%`-Zeichen wird ausgegeben

...: ...



# Formatierte Ausgabe – Beispiel

```
int tag = 25;
int monat = 6;
int jahr = 2009;
char *name = "Michael Jackson";
printf("Am %d.%d.%d starb\n%s.\n",
      tag, monat, jahr, name);

printf("\n");

double pi = asin(1.0) * 2.0;
double e = exp(1.0);
fprintf(stdout,
      "Wichtige Werte sind:\n");
fprintf(stdout,
      "pi=%lf und e=%lf\n", pi, e);
```

```
~> ./test
Am 25.6.2009 starb
Michael Jackson.
```

```
Wichtige Werte sind:
pi=3.141593 und e=2.718282
~>
```



## ■ Schnittstelle

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

```
int scanf(char *format, ...);
```

```
int fscanf(FILE *fp, char *format, ...);
```

```
int sscanf(char *buf, char *format, ...);
```

Format-String analog zur formatierten Ausgabe.

Für genauere Informationen siehe Manuals (`man 3 scanf, ...`).

**Aber:** da Werte gelesen werden sollen, müssen Zeiger auf die zu beschreibenden Variablen übergeben werden!





## Formatierte Eingabe – Beispiel

```
double pi, e;
int ret;

ret = scanf("pi=%lf, e=%lf\n", &pi, &e);
if (ret != 2) {
    fprintf(stderr, "Bad input!\n");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
printf("I got\n\tpi=%lf\n\te=%lf\n", pi, e);
```

```
~> ./test
3.14 2.718
Bad input!
~>
```

```
~> ./test
pi=3.14, e=2.718
I got
    pi=3.140000
    e=2.718000
~>
```

