

# Systemprogrammierung

## Teil 5: POSIX


Elementare Ein-/Ausgabe, Dateizugriff

# POSIX: Übersicht

---

**POSIX** (Portable Operating System Interface) ist ein von IEEE und Open Group entwickelter Standard für die Programmierschnittstelle von Betriebssystemen.

- der Standard legt **C-Systemaufrufe** und die zugehörigen **Header-Dateien** fest:  
über 80 Header-Dateien mit über 1000 Funktionen und Makros  
(dabei teilweise Überlappungen mit dem C-Standard)

*Die meisten UNIX-Varianten und viele weitere Betriebssysteme halten sich ganz oder zumindest weitgehend an diesen Standard.* 

- der Standard umfasst Themen wie  
Ein-/Ausgabe  
Speicherverwaltung  
Synchronisation paralleler Abläufe  
Nachrichtenaustausch zwischen parallelen Prozessen  
...

# POSIX Ein-/Ausgabe: Übersicht

---

Wichtige Header-Dateien im Zusammenhang mit Ein-/Ausgabe:

- Ein-/Ausgabe der C-Standardbibliothek:

`<stdio.h>`

Umgang mit **FILE**-Streams (**fopen**, **fclose**, **fgetc**, **fputc**, ...)

- elementare Ein-/Ausgabe:

`<fcntl.h>` und `<unistd.h>`

Umgang mit Dateien und Datenströmen (**creat**, **open**, **read**, **write**, **close**)

*kein Schreibfehler!*

`<sys/stat.h>` und `<dirent.h>`

Umgang mit Verzeichnissen (**stat**, **mkdir**, **opendir**, **readdir**, **closedir**)


`<errno.h>`

Fehlerzustand und symbolische Namen für Fehlernummern (**errno**)


# Ein-/Ausgabe mit der C-Standardbibliothek: <stdio.h> (1)

---

Bei den Ein-/Ausgabefunktionen der C Standard-Bibliothek werden die Eingabe-Quellen und Ausgabe-Ziele mit einem **FILE-Zeiger** angegeben:

- **FILE** ist ein (Alias-)Name für eine Struktur,   
die den Zustand einer Eingabe-Quelle bzw. eines Ausgabe-Ziels verwaltet  
*zum Zustand gehören Puffer, Lese-/Schreibposition, aufgetretene Fehler, ...*

- vordefinierte globale Variablen für die Standard-Ein-/Ausgabe:

 `extern FILE *stdin;`  
`extern FILE *stdout;`  
`extern FILE *stderr;`  
*Hinweis: stdin, stdout und stderr können auch Präprozessor-Makros sein, die einen Zeiger liefern*

- **fopen** liefert Zeiger auf weitere FILE-Objekte:

`FILE *fopen(const char *dateiname, const char *mode);`  
*mode "r" für reinen Lesezugriff, "w" für reinen Schreibzugriff, ...*

- **fclose** schließt nicht mehr benötigte Eingabe-Quellen und Ausgabe-Ziele:

`int fclose(FILE *fp);`

## Ein-/Ausgabe mit der C-Standardbibliothek: <stdio.h> (2)

---

- Ein-/Ausgabe von Einzelzeichen:

```
int fgetc(FILE *fp) ;
```



*liefert das nächste Zeichen (umgewandelt in int) oder EOF bei Eingabeende / Fehler*

```
int fputc(int c, FILE *fp) ;
```

*schreibt das Zeichen c und liefert c oder bei Fehler EOF* 

...

- Ein-/Ausgabe von Zeichenketten:

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

*liefert in s die nächsten maximal n - 1 Zeichen einer Zeile  
und gibt s zurück, bzw. NULL bei Eingabeende / Fehler*

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

*schreibt die Zeichenkette s und liefert nicht-negativen Wert bzw. bei Fehler EOF*

...

# Ein-/Ausgabe mit der C-Standardbibliothek: <stdio.h> (3)

---

- formatierte Ein-/Ausgabe:

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

*versucht die in `format` genannten Werte zu lesen und liefert die Anzahl der erfolgreich gelesenen Werte oder `EOF` bei Eingabeende / Fehler*



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

*schreibt die Zeichenkette `format` inklusive der mit Werten gefüllten Lücken und liefert die Anzahl der insgesamt geschriebenen Bytes oder bei Fehler `EOF`*

...

- Ein-/Ausgabe von Binärdaten:

`size_t fread(void *p, size_t size, size_t n, FILE *fp);`



*liefert in `p` maximal `n` Portionen von `size` Byte und gibt die Anzahl der tatsächlich gelesenen Portionen zurück*

`size_t fwrite(const void *p, size_t size, size_t n, FILE *fp);`

*schreibt maximal `n` Portionen von `size` Byte aus `p` und gibt die Anzahl der tatsächlich geschriebenen Portionen zurück*

# Ein-/Ausgabe mit der C-Standardbibliothek: <stdio.h> (4)

---

- Fehlerbehandlung:

**int** feof(FILE \*fp) ;

*liefert einen von 0 verschiedenen Wert, wenn das Eingabeende erreicht wurde*

**int** ferror(FILE \*fp) ;

*liefert einen von 0 verschiedenen Wert, wenn ein Fehler aufgetreten ist*

**void** perror(const char \*prefix) ;

*gibt prefix gefolgt von der Fehlermeldung des aktuellen Fehlers auf stderr aus*

**void** clearerr(FILE \*fp) ;

*Setzt den Eingabeende- und Fehlerzustand zurück*

# Beispiel-Programm <stdio.h>



```
#include <stdio.h> // fopen, fgetc, EOF, ferror, fclose, size_t
int main(int argc, char *argv[])
{
    for (int i = 1; i < argc; ++i)
    {
        FILE *fp = fopen(argv[i], "r");
        if (fp == NULL) ... // Fehlerbehandlung
        size_t n = 0; // Warum size_t und nicht int?
        while (fgetc(fp) != EOF) {
            ++n;
        }

        if (ferror(fp)) ... // Fehlerbehandlung

        if (fclose(fp) != 0) ... // Fehlerbehandlung

        printf("%s: %zu Byte\n", argv[i], n);
    }
    return 0;
}
```


*Zählt die Bytes in Dateien*



# POSIX: Elementare Ein-/Ausgabe (1)

---

Bei den elementaren Ein-/Ausgabefunktionen nach POSIX-Standard werden Eingabe-Quellen und Ausgabe-Ziele über einen **Dateideskriptor** angesprochen:

- ein **Dateideskriptor** ist eine nicht-negative ganze Zahl  
*bei der C-Standardbibliothek Ein-/Ausgabe in der FILE-Struktur gespeichert*
- vordefinierte Dateideskriptoren für die Standard-Ein-/Ausgabe:
  - 0    Standardeingabe
  - 1    Standardausgabe 
  - 2    Standardfehlerausgabe
- **open** liefert einen Dateideskriptor für eine Datei:  
`int open(const char *dateiname, int flags); // <fcntl.h>`  
*liefert den kleinsten nicht belegten Dateideskriptor oder bei Fehler -1*
- **close** schließt nicht mehr benötigte Eingabe-Quellen und Ausgabe-Ziele:  
`int close(int fd); // <unistd.h>`  
*liefert 0 oder bei Fehler -1*

# POSIX: Elementare Ein-/Ausgabe (2)

---

- Ein-/Ausgabe von Bytes:

`ssize_t read(int fd, void *p, size_t n); // <unistd.h>`

*liefert in **p** maximal **n** Byte und gibt die Anzahl der tatsächlich gelesenen Bytes zurück, 0 bei Eingabeende, -1 bei Fehler*

`ssize_t write(int fd, const void *p, size_t n); // <unistd.h>`

*schreibt maximal **n** Byte aus **p** und gibt die Anzahl der tatsächlich geschriebenen Bytes oder bei Fehler -1 zurück*

`ssize_t // <sys/types.h>`

*Aliasname für einen ganzzahligen Typ mit Vorzeichen (**int** oder **long**)*

- Fehlerbehandlung:

`extern int errno; // <errno.h>`, *errno kann auch ein Makro sein*




*POSIX-Funktionen weisen errno im Fehlerfall eine Fehlernummer ungleich 0 zu*

*für die Fehlernummern sind symbolische Konstanten definiert* 

*(z.B: EACCES für fehlendes Zugriffsrecht auf eine Datei)*



# Beispiel-Programm Dateien (1)

*Kopiert eine Datei*

```
#define _POSIX_C_SOURCE 1   
#include <stdio.h>      // fprintf  
#include <string.h>     // strerror  
#include <fcntl.h>      // open, O_RDONLY, O_WRONLY, O_CREAT, O_EXCL  
#include <sys/stat.h>   // mode_t, S_IRUSR | S_IWUSR | S_IRGRP | S_IROTH  
#include <unistd.h>     // read, write  
#include <errno.h>      // errno  
  
int main(int argc, char *argv[])  
{  
    if (argc != 3)  
    {  
        fprintf(stderr, "Aufruf: %s Quelle Ziel\n", argv[0]);  
        return 1;  
    }   
     int in = open(argv[1], O_RDONLY); // Dateideskriptor Quelle  
    if (in == -1) ... // Fehlerbehandlung  
  
    ...
```

## Beispiel-Programm Dateien (2)

---

```
...  
  
const mode_t mode = S_IRUSR | S_IWUSR | S_IRGRP | S_IROTH; // Zugriffsrechte  
int out = open(argv[2], O_WRONLY | O_CREAT | O_EXCL, mode);  
if (out == -1) ... // Fehlerbehandlung  
  
int n;  
unsigned char byte;  
while ((n = read(in, &byte, 1)) > 0)  
{  
    int m = write(out, &byte, 1);  
    if (m != 1) ... // Fehlerbehandlung  
}  
  
if (n == -1) ... // Fehlerbehandlung  
  
 if (close(out) == -1) ... // Fehlerbehandlung  
if (close(in) == -1) ... // Fehlerbehandlung  
return 0;  
}
```

# POSIX Ein-/Ausgabe: Verzeichnisse

---

Nach POSIX-Standard werden Verzeichnisse über **DIR-Zeiger** angesprochen:

- **opendir** liefert einen DIR-Zeiger für ein Verzeichnis:

```
DIR *opendir (const char *verzeichnisname) ; // <dirent.h>
```

*liefert NULL bei Fehler*

- **closedir** beendet den Verzeichniszugriff:

```
int closedir (DIR *dirp) ; // <dirent.h>
```

*liefert 0 oder bei Fehler -1*

- **readdir** liefert einen Zeiger auf den nächsten ungelesenen Verzeichniseintrag:

```
struct dirent *readdir (DIR *dirp) ; // <dirent.h>
```

*der Verzeichniseintrag enthält unter d\_name einen Dateinamen*

*liefert NULL bei Verzeichnisende oder Fehler*

- **stat** liefert Statusinformation zu einer Datei (Dateityp, Zugriffsrechte, ...):

```
int stat (const char *dateiname, struct stat *buf) ; // <sys/stat.h>
```

*liefert 0 oder bei Fehler -1*



*Ausgabeparameter*

# Beispiel-Programm Verzeichnisse (1)



Listet Verzeichnisse auf

```
#define _POSIX_C_SOURCE 1

#include <stdio.h>    // fprintf, printf
#include <string.h>    // strerror

#include <sys/stat.h> // struct stat, S_ISDIR
#include <dirent.h>    // DIR, struct dirent, opendir, readdir
#include <errno.h>     // errno

int main(int argc, char *argv[])
{
    for (int i = 1; i < argc; ++i) {
        // Datei vorhanden?
        struct stat s; // Dateistatus
        if (stat(argv[i], &s) == -1) ... // Fehlerbehandlung

        // Dateityp Verzeichnis?
        if (!S_ISDIR(s.st_mode)) ... // Fehlerbehandlung

        ...
    }
}
```


## Beispiel-Programm Verzeichnisse (2)

---

...

```
DIR *d = opendir(argv[i]); // geoeffnetes Verzeichnis
```

```
if (d == NULL) ... // Fehlerbehandlung
```

```
errno = 0; 
```

```
struct dirent *e; // gelesener Verzeichniseintrag
```

```
while ((e = readdir(d)) != NULL) {  
    printf("%s/%s\n", argv[i], e->d_name);  
}
```

```
if (errno) ... // Fehlerbehandlung
```

```
if (closedir(d) == -1) ... // Fehlerbehandlung
```

```
}
```

```
return 0;
```

```
}
```

# Ein-/Ausgabe: Index

---

<dirent.h>	5-2,5-12,5-13	fputc	5-4
<errno.h>	5-2,5-9	fputs	5-4
<fcntl.h>	5-2,5-8,5-10	fread	5-5
<stdio.h>	5-3 bis 5-6	fscanf	5-5
<sys/stat.h>	5-2,5-10,5-12	fwrite	5-5
<unistd.h>	5-2,5-7 bis 5-10	open	5-2,5-8
clearerr	5-5	opendir	5-2,5-12
close	5-2,5-8	perror	5-6
closedir	5-2,5-12	POSIX	5-1
Dateideskriptor	5-8	read	5-2,5-9
DIR	5-12	readdir	5-2,5-12
errno	5-2,5-9	ssize_t	5-9
fclose	5-3	stat	5-2,5-12
feof	5-6	stderr	5-3
ferror	5-6	stdin	5-3
fgetc	5-4	stdout	5-3
fgets	5-4	<b>struct</b> dirent	5-12,5-13
FILE	5-3	<b>struct</b> stat	5-12,5-13
fopen	5-3	write	5-2,5-9
fprintf	5-5		