
Einführung in die Programmierung für Physiker

Die Programmiersprache C – Ein- und Ausgabe

Marc Wagner

Institut für theoretische Physik
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

WS 2019/20

putchar, getchar, printf, scanf

- **printf** und **scanf** wurden bereits ausführlich behandelt.
- **int putchar(int c)**
(in der Bibliothek **stdio.h** enthalten) gibt ein einzelnes Zeichen aus (das, dessen ASCII-Code an **c** übergeben wird).
- **int getchar(void)**
(in der Bibliothek **stdio.h** enthalten) liest ein einzelnes Zeichen ein und liefert dessen ASCII-Code zurück bzw. **EOF** bei einem Fehler.

```
1. #include<stdio.h>
2. #include<stdlib.h>
3.
4. // *****
5.
6. // Einfache printf-Version, realisiert mit Hilfe von putchar().
7. void my_printf(const char string[])
8. {
9.     int pos = 0;
10.
11.     while(1)
12.     {
13.         if(string[pos] == '\0')
14.             // String-Ende erreicht.
15.             return;
16.
17.         putchar(string[pos]);
18.         pos++;
19.     }
20. }
21.
22. // *****
23.
24. int main(void)
25. {
26.     putchar('A');
27.     putchar('B');
28.     putchar('C');
29.     putchar('\n');
30.
31.     my_printf("Gib ein Zeichen ein: ");
32.
33.     int c;
34.
35.     if((c = getchar()) == EOF)
36.     {
37.         printf("Fehler: int main(...\n");
38.         exit(0);
39.     }
40.
41.     printf("Das eingelesene Zeichen ist \"%c\".\n", (char)c);
42. }
```

```
ABC
Gib ein Zeichen ein: q
Das eingelesene Zeichen ist "q".
```

In Dateien schreiben, aus Dateien lesen

- Um in eine Datei zu schreiben oder aus ihr zu lesen, muss sie zunächst geöffnet werden; dies geschieht mit **FILE *fopen(const char *path, const char *mode)** (in der Bibliothek **stdio.h** enthalten):
 - **path** ist der Pfad und Dateiname der zu öffnenden Datei.
 - **mode** ist die Zugriffsart:
 - **"r"**: aus der Datei lesen.
 - **"w"**: in die Datei schreiben (Datei dabei neu anlegen).
 - **"a"**: in die Datei schreiben (am Ende der Datei anhängen).
 - Der Rückgabewert ist ein Dateizeiger (vom Typ **FILE ***); dieser wird beim Schreiben oder Lesen als Verweis auf die entsprechende Datei benötigt.
- Schreiben in oder Lesen aus einer Datei mit leicht modifizierten Versionen bekannter Funktionen (**stream** ist der von **fopen** zurückgelieferte Dateizeiger).
 - **int fprintf(FILE *stream, const char *format, ...)**
statt
int printf(const char *format, ...).
 - **int fscanf(FILE *stream, const char *format, ...)**
statt
int scanf(const char *format, ...).
 - **int fputc(int c, FILE *stream)**
statt
int putchar(int c).
 - **int fgetc(FILE *stream)**
statt
int getchar(void).
 - **char *fgets(char *s, int size, FILE *stream)**
statt
char *fgets(char *s, int size, stdin).
- Ist das Schreiben in oder Lesen aus einer Datei beendet, sollte die Datei mit **int fclose(FILE *fp)** (in der Bibliothek **stdio.h** enthalten) wieder geschlossen werden; dabei ist **fp** der von **fopen** zurückgelieferte Dateizeiger; dieser ist nach **fclose** nicht mehr verwendbar.
- **Beispiel:** Schreiben in, Lesen aus und Anhängen an Dateien ...
 - Datei **prog1.c**:

```
1. #include<stdio.h>
2. #include<stdlib.h>
3.
4. int main(void)
5. {
6.     FILE *file;
7.
8.     // Öffnet die Datei "datei_xyz.txt" zum Schreiben.
9.     file = fopen("datei_xyz.txt", "w");
10.
11.    if(file == NULL)
12.        // NULL zeigt einen Fehler bei fopen an.
13.        {
14.            printf("Fehler bei fopen.\n");
15.            exit(0);
16.        }
17.
18.    fprintf(file, "1.2\n");
19.    fprintf(file, "400.0\n 5.1\n");
20.
21.    // Schliesst die Datei "datei_xyz.txt".
22.    fclose(file);
```

```
23. }
```

```
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ls -l
insgesamt 48
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8910 Jan 20 12:06 prog1
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 413 Jan 20 12:06 prog1.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 9241 Jan 20 12:07 prog2
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 1115 Jan 20 12:04 prog2.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8911 Jan 20 12:10 prog3
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 399 Jan 20 12:10 prog3.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ./prog1
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ls -l
insgesamt 52
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 15 Jan 20 12:47 datei_xyz.txt
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8910 Jan 20 12:06 prog1
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 413 Jan 20 12:06 prog1.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 9241 Jan 20 12:07 prog2
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 1115 Jan 20 12:04 prog2.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8911 Jan 20 12:10 prog3
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 399 Jan 20 12:10 prog3.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ less datei_xyz.txt
```

```
1.2
400.0
5.1
datei_xyz.txt (END)
```

- Datei **prog2.c**:

```
1. #include<stdio.h>
2. #include<stdlib.h>
3.
4. int main(void)
5. {
6.     double d1;
7.     int i1;
8.
9.     // Oeffnet die Datei "datei_xyz.txt" zum Lesen.
10.    FILE *file1 = fopen("datei_xyz.txt", "r");
11.
12.    if(file1 == NULL)
13.        // NULL zeigt einen Fehler bei fopen an.
14.        {
15.            printf("Fehler bei fopen.\n");
16.            exit(0);
17.        }
18.
19.    // Oeffnet die Datei "datei_xyz_exp.txt" zum Schreiben.
20.    FILE *file2 = fopen("datei_xyz_exp.txt", "w");
21.
22.    if(file2 == NULL)
23.        // NULL zeigt einen Fehler bei fopen an.
24.        {
25.            printf("Fehler bei fopen.\n");
26.            exit(0);
27.        }
28.
29.    while(1)
30.    {
31.        // Naechsten double-Wert aus "datei_xyz.txt" lesen.
32.        i1 = fscanf(file1, "%lf", &d1);
33.
34.        if(i1 == EOF)
35.            // Dateiende von "datei_xyz.txt" erreicht.
36.            break;
37.
38.        if(i1 != 1)
39.            // fscanf liefert die Anzahl der korrekt eingelesenen Werte.
40.            {
41.                printf("Fehler bei fscanf.\n");
42.                exit(0);
43.            }
44.
45.        // Bildschirmausgabe.
46.        printf("Lese double-Wert %f ... \n", d1);
47.
48.        // Den gelesenen double-Wert in Exponentialschreibweise in "datei_xyz_exp.txt" schreiben.
49.        fprintf(file2, "%.5e\n", d1);
50.    }
51.
52.    fclose(file1);
53.    fclose(file2);
54. }
```

```
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ./prog2
Lese double-Wert 1.200000 ...
Lese double-Wert 400.000000 ...
Lese double-Wert 5.100000 ...
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ls -l
insgesamt 56
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  39 Jan 20 12:49 datei_xyz_exp.txt
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  15 Jan 20 12:47 datei_xyz.txt
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8910 Jan 20 12:06 prog1
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  413 Jan 20 12:06 prog1.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 9241 Jan 20 12:07 prog2
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 1115 Jan 20 12:04 prog2.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8911 Jan 20 12:10 prog3
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  399 Jan 20 12:10 prog3.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ less datei_xyz_exp.txt
```

```
+1.20000e+00
+4.00000e+02
+5.10000e+00
datei_xyz_exp.txt (END)
```

- Datei **prog3.c**:

```
1. #include<stdio.h>
2. #include<stdlib.h>
3.
4. int main(void)
5. {
6.     FILE *file;
7.
8.     // Oeffnet die Datei "datei_xyz.txt" zum Anhaengen.
9.     file = fopen("datei_xyz_exp.txt", "a");
10.
11.    if(file == NULL)
12.        // NULL zeigt einen Fehler bei fopen an.
13.        {
14.            printf("Fehler bei fopen.\n");
15.            exit(0);
16.        }
17.
18.    fprintf(file, "abc def ghi ...\\n");
19.
20.    // Schliesst die Datei "datei_xyz_exp.txt".
21.    fclose(file);
22. }
```

```
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ./prog3
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ls -l
insgesamt 56
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  55 Jan 20 12:50 datei_xyz_exp.txt
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  15 Jan 20 12:47 datei_xyz.txt
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8910 Jan 20 12:06 prog1
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  413 Jan 20 12:06 prog1.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 9241 Jan 20 12:07 prog2
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 1115 Jan 20 12:04 prog2.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8911 Jan 20 12:10 prog3
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  399 Jan 20 12:10 prog3.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ less datei_xyz_exp.txt
```

```
+1.20000e+00
+4.00000e+02
+5.10000e+00
abc def ghi ...
datei_xyz_exp.txt (END)
```

stdin, stdout, stderr

- Bei Eingabe- und Ausgabe-Funktionen, die einen Dateizeiger als Parameter besitzen, kann an Stelle eines "fopen-Dateizeigers" auch **stdin**, **stdout** oder **stderr** verwendet werden:
 - **stdin**:
Ein Zeiger auf den Standard-Eingabe-Strom, d.h. Tastaturinput; z.B. sind
`int fscanf(stdin, const char *format, ...)`
und
`int scanf(const char *format, ...)`
äquivalent.
 - **stdout**:
Ein Zeiger auf den Standard-Ausgabe-Strom, d.h. Bildschirmausgabe; z.B. sind
`int fprintf(stdout, const char *format, ...)`
und
`int printf(const char *format, ...)`
äquivalent.
 - **stderr**:
Ein Zeiger auf den Standard-Fehlerausgabe-Strom, d.h. ebenfalls Bildschirmausgabe; **stderr** unterscheidet sich von **stdout** z.B. dadurch, dass die Ausgabe unmittelbar stattfindet (bei **stdout** kommt es gelegentlich zu kleinen Verzögerungen) und dass das Umleiten der Bildschirmausgabe in eine Textdatei mit **>** nur **stdout**, nicht aber **stderr** betrifft.

```
1. #include<stdio.h>
2.
3. int main(void)
4. {
5.     fprintf(stderr, "fprintf(stderr, ... (1)\n");
6.     fprintf(stdout, "fprintf(stdout, ... \n");
7.     fprintf(stderr, "fprintf(stderr, ... (2)\n");
8. }
```

```
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ls -l
insgesamt 4
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 178 Jan 20 13:54 prog.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ g++ -o prog prog.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ./prog
fprintf(stderr, ... (1)
fprintf(stdout, ...
fprintf(stderr, ... (2)
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ./prog > output.txt
fprintf(stderr, ... (1)
fprintf(stderr, ... (2)
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ls -l
insgesamt 20
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner  20 Jan 20 13:55 output.txt
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 8795 Jan 20 13:55 prog
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 178 Jan 20 13:54 prog.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ less output.txt
```

```
fprintf(stdout, ...
output.txt (END)
```

Binäres Schreiben in und Lesen aus Dateien

- Daten können nicht nur in Textdateien, sondern auch bitweise in sogenannte **Binärdateien** geschrieben werden.
- **Vorteile:**
 - Festplattenplatz-sparend, da z.B. für einen **double**-Wert in Bitdarstellung (typischer Weise) nur 8 Byte benötigt werden, ein solcher Wert als Text aber deutlich mehr Zeichen (d.h. Bytes) beansprucht; gerade beim Umgang mit großen Datenmengen ist das ein entscheidender Vorteil.
 - Kein Genauigkeitsverlust bei binärer Speicherung von Gleitkommawerten; werden diese in Textform gespeichert, wird die Ausgabe dagegen häufig nach einigen Stellen abgeschnitten.
- **Nachteile:**
 - Eine Binärdatei ist vom Programmierer nicht direkt lesbar (z.B. mit **less**), muss also immer mit einem geeigneten Programm geöffnet werden.
 - Binäres Lesen und Schreiben ist plattform-, unter Umständen sogar compilerabhängig, da die Reihenfolge, in der die Bytes einer Integer- oder Gleitkommavariablen im Speicher liegen, nicht festgelegt ist (**Big Endian** vs. **Little Endian**).
- Einen Speicherbereich binär in eine Datei zu schreiben geschieht mit **size_t fwrite(const void *ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream)** (in der Bibliothek **stdio.h** enthalten):
 - **ptr** ist die Adresse des zu schreibenden Speicherbereichs.
 - Es werden **nmemb** Werte der Bytegröße **size** geschrieben.
 - **stream** ist der von **fopen** zurückgelieferte Dateizeiger.
- Aus einer Binärdatei zu lesen und damit einen Speicherbereich zu füllen geschieht mit **size_t fread(void *ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream)** (in der Bibliothek **stdio.h** enthalten; Bedeutung der Parameter wie bei **fwrite**).
- **Beispiel:** Schreiben als Textdatei und Schreiben als Binärdatei im Vergleich ...
 - Datei **prog1.c**:

```
1. #include<stdio.h>
2. #include<stdlib.h>
3.
4. int main(void)
5. {
6.     FILE *file;
7.     int i1;
8.
9.     // *****
10.
11.    // Zehn Zufallszahlen im Array a speichern.
12.
13.    const int n = 10;
14.    double a[n];
15.
16.    for(i1 = 0; i1 < n; i1++)
17.        // rand() generiert eine Integer-Zufallszahl zwischen 0 und RAND_MAX.
18.        a[i1] = ((double)rand() + 0.5) / ((double)RAND_MAX + 1.0);
19.
20.    // *****
21.
22.    // Das Array a in einer formatierten Textdatei ausgeben.
23.
24.    file = fopen("array_a.txt", "w");
25.
26.    if(file == NULL)
27.    {
28.        printf("Fehler bei fopen.\n");
29.        exit(0);
30.    }
31.
32.    for(i1 = 0; i1 < n; i1++)
33.        fprintf(file, "%+.10f\n", a[i1]);
34.
```

```

35. fclose(file);
36.
37. // *****
38.
39. // Das Array a in einer binären Datei ausgeben.
40.
41. file = fopen("array_a.bin", "w");
42.
43. if(file == NULL)
44. {
45.     printf("Fehler bei fopen.\n");
46.     exit(0);
47. }
48.
49. fwrite(a, sizeof(double), n, file);
50.
51. fclose(file);
52. }

```

```

mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ls -l
insgesamt 32
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 9239 Jan 20 14:28 prog1
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 855 Jan 20 14:22 prog1.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 9239 Jan 20 14:28 prog2
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 1150 Jan 20 14:27 prog2.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ./prog1
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ls -l
insgesamt 40
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 80 Jan 20 14:30 array_a.bin
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 140 Jan 20 14:30 array_a.txt
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 9239 Jan 20 14:28 prog1
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 855 Jan 20 14:22 prog1.c
-rwxrwxr-x 1 mwagner mwagner 9239 Jan 20 14:28 prog2
-rw-rw-r-- 1 mwagner mwagner 1150 Jan 20 14:27 prog2.c
mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ less array_a.txt

```

```

+0.8401877174
+0.3943829271
+0.7830992240
+0.7984400337
+0.9116473582
+0.1975513695
+0.3352227559
+0.7682295950
+0.2777747110
+0.5539699560
array_a.txt (END)

```

```

mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ less array_a.bin
"array_a.bin" may be a binary file. See it anyway?

```

```

<A3><C5>^UZ<D1><E2><EA>?${r<E3><91>=<D9>?L^<92>^Z&^0<E9>?<A4>^Y^S^]c%Gbct%<E9>?nX<9A>^T7,<ED>?<BA><92><B2><FF>\I<C9>?<94><E8>j%Jt<D5>?<AC>*Q;V<95><E8>?^<8E
array_a.bin (END)

```

- Datei **prog2.c**:

```

1. #include<stdio.h>
2. #include<stdlib.h>
3.
4. int main(void)
5. {
6.     FILE *file;
7.     int il;
8.
9.     const int n = 10;
10.    double a_txt[n], a_bin[n];
11.
12.    // *****
13.
14.    // Die zehn double-Werte aus der formatierten Textdatei "array_a.txt" lesen.
15.
16.    file = fopen("array_a.txt", "r");
17.
18.    if(file == NULL)
19.    {
20.        printf("Fehler bei fopen.\n");
21.        exit(0);
22.    }
23.
24.    for(il = 0; il < n; il++)
25.    {
26.        if(fscanf(file, "%lf", a_txt+il) != 1)
27.            // fscanf liefert die Anzahl der korrekt eingelesenen Werte.
28.            {
29.                printf("Fehler bei fscanf.\n");
30.                exit(0);

```



```

31.     }
32. }
33.
34. fclose(file);
35.
36. // *****
37.
38. // Die zehn double-Werte aus der binären Datei "array_a.bin" lesen.
39.
40. file = fopen("array_a.bin", "r");
41.
42. if(file == NULL)
43. {
44.     printf("Fehler bei fopen.\n");
45.     exit(0);
46. }
47.
48. if(fread(a_bin, sizeof(double), n, file) != 10)
49. // fread liefert die Anzahl der korrekt eingelesenen Werte.
50. {
51.     printf("Fehler bei fread.\n");
52.     exit(0);
53. }
54.
55. fclose(file);
56.
57. // *****
58.
59. for(il = 0; il < n; il++)
60. {
61.     printf("a_txt[%d] = %+.12f , a_bin[%d] = %+.12f , difference = %+.5e\n", il, a_txt[il], il, a_bin[il], a_txt[il]-a_bin[il]);
62. }
63. }

```

```

mwagner@laptop-tigger:~/Lecture_ProgPhys/slides/tmp$ ./prog2
a_txt[0] = +0.840187717400 , a_bin[0] = +0.840187717388 , difference = +1.24598e-11
a_txt[1] = +0.394382927100 , a_bin[1] = +0.394382927052 , difference = +4.80763e-11
a_txt[2] = +0.783099224000 , a_bin[2] = +0.783099223991 , difference = +8.56348e-12
a_txt[3] = +0.798440033700 , a_bin[3] = +0.798440033709 , difference = -8.90388e-12
a_txt[4] = +0.911647358200 , a_bin[4] = +0.911647358170 , difference = +3.03850e-11
a_txt[5] = +0.197551369500 , a_bin[5] = +0.197551369526 , difference = -2.62146e-11
a_txt[6] = +0.335222755900 , a_bin[6] = +0.335222755948 , difference = -4.77197e-11
a_txt[7] = +0.768229595000 , a_bin[7] = +0.768229595045 , difference = -4.47347e-11
a_txt[8] = +0.277774711000 , a_bin[8] = +0.277774711036 , difference = -3.60104e-11
a_txt[9] = +0.553969956000 , a_bin[9] = +0.553969956028 , difference = -2.82612e-11

```