

Aus Nachrichtenwarteschlangen (System V) lesen (in C)

```
1 #include <stdlib.h>
2 #include <sys/types.h>
3 #include <sys/ipc.h>
4 #include <stdio.h>
5 #include <sys/msg.h>
6 #include <string.h>           // Diese Header-Datei ist nötig für strcpy()
7 typedef struct msgbuf {      // Template eines Puffers fuer msgsnd und msgrcv
8     long mtype;              // Nachrichtentyp
9     char mtext[80];          // Sendepuffer
10 } msg;
11
12 int main(int argc, char **argv) {
13     int returncode_msgget, returncode_msgrcv;
14     msg receivebuffer;       // Einen Empfangspuffer anlegen
15
16     // Nachrichtenwarteschlange erzeugen oder auf eine bestehende zugreifen
17     returncode_msgget = msgget(12345, IPC_CREAT | 0600)
18
19     msg.mtype = 1;           // Die erste Nachricht vom Typ 1 empfangen
20     // MSG_NOERROR => Nachrichten abschneiden, wenn sie zu lang sind
21     // IPC_NOWAIT => Prozess nicht blockieren, wenn keine Nachricht vom Typ vorliegt
22     returncode_msgrcv = msgrcv(returncode_msgget, &msg, sizeof(msg.mtext), msg.mtype,
23                               MSG_NOERROR | IPC_NOWAIT);
24     if (returncode_msgrcv < 0) {
25         printf("Aus der Nachrichtenwarteschlange konnte nicht gelesen werden.\n");
26         perror("msgrcv");
27     } else {
28         printf("Diese Nachricht wurde aus der Warteschlange gelesen: %s\n", msg.mtext);
29         printf("Die empfangene Nachricht ist %i Zeichen lang.\n", returncode_msgrcv);
30     }
31 }
```

Nachrichtewarteschlangen (System V) löschen (in C)

```
1 #include <stdlib.h>
2 #include <sys/types.h>
3 #include <sys/ipc.h>
4 #include <stdio.h>
5 #include <sys/msg.h>
6
7 int main(int argc, char **argv) {
8     int returncode_msgget;
9     int returncode_msgctl;
10
11     // Nachrichtewarteschlange erzeugen oder auf eine bestehende zugreifen
12     returncode_msgget = msgget(12345, IPC_CREAT | 0600);
13     ...
14
15     // Nachrichtewarteschlange löschen
16     returncode_msgctl = msgctl(returncode_msgget, IPC_RMID, 0);
17     if (returncode_msgctl < 0) {
18         printf("Die Nachrichtewarteschlange mit der ID %i konnte nicht gelöscht werden.\n",
19             returncode_msgget);
20         perror("msgctl");
21         exit(1);
22     } else {
23         printf("Die Nachrichtewarteschlange mit der ID %i wurde gelöscht.\n",
24             returncode_msgget);
25     }
26     exit(0);
27 }
```

Ein Beispiel zur Arbeit mit System V-Nachrichtewarteschlangen unter Linux finden sie auf der Webseite der Vorlesung

Nachrichtewarteschl. unter Linux (System V vs. POSIX)

- Die bislang beschriebenen Funktionen zur Arbeit mit Nachrichtewarteschlangen sind Teil der **System V**-Schnittstelle
- Einige Entwickler bevorzugen die System V API und andere die POSIX API. ... _(ツ)_/

In der Header-Datei `mqueue.h` definierte C-Funktionsaufrufe der POSIX-Semaphoren

- `mq_open()`: Nachrichtewarteschlange erzeugen oder auf eine bestehende zugreifen
- `mq_send()`: Nachricht in eine Nachrichtewarteschlange schreiben (schicken). Blockierende Anweisung
- `mq_timedsend()`: Nachricht in eine Nachrichtewarteschlange schreiben (schicken). Blockierende Anweisung mit Timeout
- `mq_receive()`: Nachricht aus einer Nachrichtewarteschlange lesen (empfangen). Blockierende Anweisung
- `mq_timedreceive()`: Nachricht aus einer Nachrichtewarteschlange lesen (empfangen). Blockierende Anweisung mit Timeout
- `mq_getattr()`: Eigenschaften einer Nachrichtewarteschlange abfragen. Diese sind: Anzahl der Nachrichten in der Warteschlange, maximale Nachrichtengröße, maximale Anzahl an Nachrichten, etc.
- `mq_setattr()`: Eigenschaften einer Nachrichtewarteschlange ändern
- `mq_notify()`: Der Prozess soll benachrichtigt werden, sobald eine Nachricht vorliegt
- `mq_close()`: Nachrichtewarteschlange schließen
- `mq_unlink()`: Nachrichtewarteschlange löschen
- Unter Linux liegen POSIX-Speichersegmente im Verzeichnis `/dev/mqueue`

Ein Beispiel zur Arbeit mit benannten POSIX-Nachrichtewarteschlangen unter Linux finden sie auf der Webseite der Vorlesung

Anonyme Pipes (1/2)

- Pipes können **anonyme** oder **benannte Pipes** (siehe Folie 44) sein
- Eine **anonyme Pipe**. . .
 - ist ein gepufferter unidirektionaler Kommunikationskanal zwischen 2 Prozessen
 - Soll Kommunikation in beide Richtungen gleichzeitig möglich sein, sind 2 Pipes nötig – eine für jede mögliche Kommunikationsrichtung
 - arbeitet nach dem FIFO-Prinzip
 - hat eine begrenzte Kapazität
 - Pipe = voll \implies der in die Pipe schreibende Prozess wird blockiert
 - Pipe = leer \implies der aus der Pipe lesende Prozess wird blockiert
 - wird mit dem Systemaufruf `pipe()` angelegt
 - Dabei erzeugt der Betriebssystemkern einen Inode (\implies Foliensatz 6) und 2 Zugriffskennungen (*Handles*)
 - Prozesse greifen auf die Zugriffskennungen mit `read()` und `write()`-Systemaufrufen (oder Bibliotheksfunktionen) zu, um Daten aus der Pipe zu lesen bzw. um Daten in die Pipe zu schreiben

Anonyme Pipes (2/2)



- Bei der Erzeugung von Kindprozessen mit `fork()` erben die Kindprozesse auch den Zugriff auf die Zugriffs Kennungen
- **Anonyme Pipes** ermöglichen Prozesskommunikation nur zwischen eng verwandten Prozessen
 - Nur Prozesse, die via `fork()` eng verwandt sind, können über anonyme Pipes kommunizieren
 - Mit der Beendigung des letzten Prozesses, der Zugriff auf eine anonyme Pipe hat, wird diese vom Betriebssystem beendet

Übersicht der Pipes unter Linux/UNIX: `lsuf` | `grep pipe`

Ein Beispiel zu anonymen Pipes (in C) – Teil 1/2

Sie können die anonyme Pipe unter Linux/UNIX mit `lsuf -n -P | grep <PID>` und im Verzeichnis `/proc/<PID>/fd` überwachen

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <unistd.h>
3 #include <stdlib.h>
4
5 void main() {
6     int pid_des_Kindes;
7     // Zugriffskennungen zum Lesen (testpipe[0]) und Schreiben (testpipe[1]) anlegen
8     int testpipe[2];
9
10    // Die Pipe testpipe anlegen
11    if (pipe(testpipe) < 0) {
12        printf("Das Anlegen der anonymen Pipe ist fehlgeschlagen.\n");
13        // Programmabbruch
14        exit(1);
15    } else {
16        printf("Die anonyme Pipe testpipe wurde angelegt.\n");
17    }
18
19    // Einen Kindprozess erzeugen
20    pid_des_Kindes = fork();
21
22    if (pid_des_Kindes < 0) {
23        perror("Es kam bei fork zu einem Fehler!\n");
24        // Programmabbruch
25        exit(1);
26    }
```

Ein Beispiel zu anonymen Pipes (in C) – Teil 2/2

```
27 // Elternprozess
28 if (pid_des_Kindes > 0) {
29     printf("Elternprozess: PID: %i\n", getpid());
30     // Lesekanal der Pipe testpipe blockieren
31     close(testpipe[0]);
32     char nachricht[] = "Testnachricht";
33     // Daten in den Schreibkanal der Pipe schreiben
34     write(testpipe[1], &nachricht, sizeof(nachricht));
35 }
36
37 // Kindprozess
38 if (pid_des_Kindes == 0) {
39     printf("Kindprozess: PID: %i\n", getpid());
40     // Schreibkanal der Pipe testpipe blockieren
41     close(testpipe[1]);
42     // Einen Empfangspuffer (80 Zeichen Kapazität) anlegen
43     char puffer[80];
44     // Daten aus dem Lesekanal der Pipe auslesen
45     read(testpipe[0], puffer, sizeof(puffer));
46     printf("Empfangen: %s\n", puffer);
47 }
48 }
```

```
$ gcc anonyme_pipe_beispiel.c -o anonyme_pipe_beispiel
$ ./anonyme_pipe_beispiel
Die anonyme Pipe testpipe wurde angelegt.
Elternprozess: PID: 6363
Kindprozess: PID: 6364
Empfangen: Testnachricht
```

Benannte Pipes

- Via **benannte Pipes** (Named Pipes), können auch nicht eng miteinander verwandte Prozesse kommunizieren
 - Auf diese Pipes kann mit Hilfe ihres Namens zugegriffen werden
 - Sie werden in C erzeugt via: `mkfifo("<pfadname>", <zugriffsrechte>)`
 - Jeder Prozess, der den Namen kennt, kann über diesen die Verbindung zur Pipe herstellen und darüber mit anderen Prozessen kommunizieren
- **Wechselseitigen Ausschluss** garantiert das Betriebssystem
 - Zu jedem Zeitpunkt kann nur 1 Prozess auf eine Pipe zugreifen
- Benannte Pipes werden vom Betriebssystem nicht automatisch gelöscht (im Gegensatz zu anonymen Pipes)

Ein Beispiel zu benannten Pipes (in C) – Teil 1/4

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <unistd.h>
3 #include <stdlib.h>
4 #include <fcntl.h>
5 #include <sys/stat.h>
6
7 void main() {
8     int pid_des_Kindes;
9
10    // Die benannte Pipe anlegen
11    if (mkfifo("testfifo",0666) < 0) {
12        printf("Das Anlegen der benannten Pipe ist fehlgeschlagen.\n");
13        exit(1);
14    } else {
15        printf("Die benannte Pipe testfifo wurde angelegt.\n");
16    }
17
18    // Einen Kindprozess erzeugen
19    pid_des_Kindes = fork();
20
21    if (pid_des_Kindes < 0) {
22        perror("Es kam bei fork zu einem Fehler!\n");
23        exit(1);
24    }
```

Der Funktionsaufruf erzeugt im aktuellen Verzeichnis einen Dateisystemeintrag mit dem Namen testfifo. Der erste Buchstabe in der Ausgabe des Kommandos ls zeigt, dass testfifo eine benannte Pipe ist.

```
$ ls -la testfifo
```

```
prw-r--r-- 1 bnc bnc 0 1. Feb 10:15 testfifo
```

Ein Beispiel zu benannten Pipes (in C) – Teil 2/4

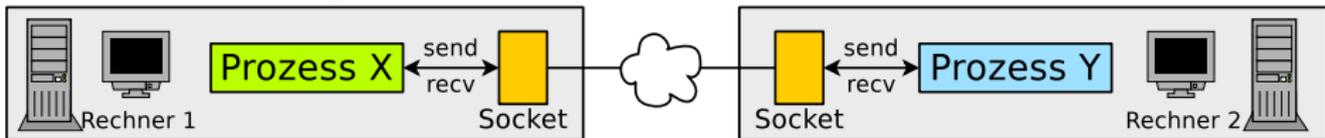
```
25 // Elternprozess
26 if (pid_des_Kindes > 0) {
27     printf("Elternprozess: PID: %i\n", getpid());
28
29     // Zugriffskennung für die benannte Pipe anlegen
30     int fd;
31
32     // Die zu übertragene Nachricht definieren
33     char nachricht[] = "Testnachricht";
34
35     // Die benannte Pipe für Schreibzugriffe öffnen
36     fd = open("testfifo", O_WRONLY);
37
38     // Daten in die benannte Pipe schreiben
39     write(fd, &nachricht, sizeof(nachricht));
40
41     // Die benannte Pipe schließen
42     close(fd);
43 }
```

Ein Beispiel zu benannten Pipes (in C) – Teil 3/4

```
44 // Kindprozess
45 if (pid_des_Kindes == 0) {
46     printf("Kindprozess: PID: %i\n", getpid());
47
48     // Zugriffskennung für die benannte Pipe anlegen
49     int fd;
50     // Einen Empfangspuffer anlegen
51     char puffer[80];
52
53     // Die benannte Pipe für Lesezugriffe öffnen
54     fd = open("testfifo", O_RDONLY);
55
56     // Daten aus der Pipe auslesen
57     read(fd, puffer, sizeof(puffer));
58     printf("Empfangen:: %s\n", puffer);
59
60     // Die beannte Pipe schließen
61     close(fd);
62
63     // Die benannte Pipe löschen
64     if (unlink("testfifo") < 0) {
65         printf("Das Löschen der benannten Pipe ist fehlgeschlagen.\n");
66         exit(1);
67     } else {
68         printf("Die benannte Pipe wurde gelöscht.\n");
69     }
70 }
71 }
```


Sockets

- Vollduplexfähige Alternative zu Pipes und gemeinsamem Speicher
 - Ermöglichen Interprozesskommunikation in verteilten Systemen
- Ein Benutzerprozess kann einen Socket vom Betriebssystem anfordern, und über diesen anschließend Daten verschicken und empfangen
 - Das Betriebssystem verwaltet alle benutzten Sockets und die zugehörigen Verbindungsinformationen



- Zur Kommunikation über Sockets werden Ports verwendet
 - Die Vergabe der Portnummern erfolgt beim Verbindungsaufbau
 - Portnummern werden vom Betriebssystem zufällig vergeben
 - Ausnahmen sind Ports bekannter Anwendungen, wie z.B. HTTP (80), SMTP (25), Telnet (23), SSH (22), FTP (21),...
- Einsatz von Sockets ist blockierend (synchron) und nicht-blockierend (asynchron) möglich

Verschiedene Arten von Sockets

- **Verbindungslose Sockets (bzw. Datagram Sockets)**
 - Verwenden das Transportprotokoll UDP
 - Vorteil: Höhere Geschwindigkeit als bei TCP
 - Grund: Geringer Mehraufwand (Overhead) für das Protokoll
 - Nachteil: Segmente können einander überholen oder verloren gehen

- **Verbindungsorientierte Sockets (bzw. Stream Sockets)**
 - Verwenden das Transportprotokoll TCP
 - Vorteil: Höhere Verlässlichkeit
 - Segmente können nicht verloren gehen
 - Segmente kommen immer in der korrekten Reihenfolge an
 - Nachteil: Geringere Geschwindigkeit als bei UDP
 - Grund: Höherer Mehraufwand (Overhead) für das Protokoll

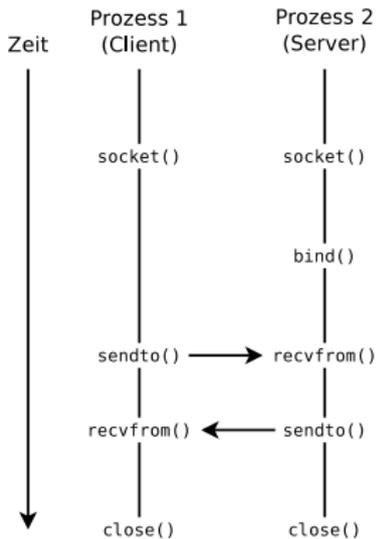
Sockets nutzen

- Praktisch alle gängigen Betriebssystemen unterstützen Sockets
 - Vorteil: Bessere Portabilität der Anwendungen
- Funktionen für Kommunikation via Sockets:
 - Erstellen eines Sockets:
`socket()`
 - Anbinden eines Sockets an eine Portnummer und empfangsbereit machen:
`bind()`, `listen()`, `accept()` und `connect()`
 - Senden/Empfangen von Nachrichten über den Socket:
`send()`, `sendto()`, `recv()` und `recvfrom()`
 - Schließen eines Sockets:
`shutdown()` oder `close()`

Übersicht der Sockets unter Linux/UNIX: `netstat -n` oder `lsof | grep socket`

Beispiele zur Interprozesskommunikation via Sockets (TCP and UDP) unter Linux finden Sie auf der Webseite der Vorlesung

Verbindungslose Kommunikation mit Sockets – UDP



• Client

- Socket erstellen (socket)
- Daten senden (sendto) und empfangen (recvfrom)
- Socket schließen (close)

• Server

- Socket erstellen (socket)
- Socket an einen Port binden (bind)
- Daten senden (sendto) und empfangen (recvfrom)
- Socket schließen (close)

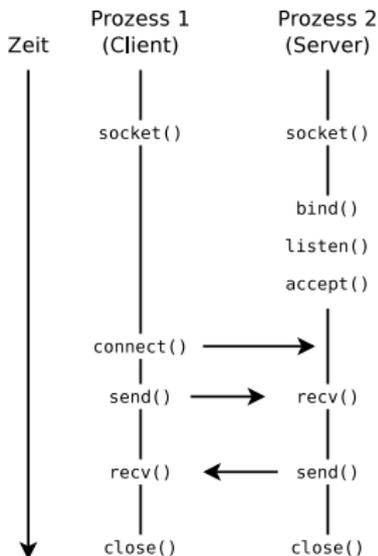
Verbindungsorientierte Kommunikation mit Sockets – TCP

• Client

- Socket erstellen (`socket`)
- Client mit Server-Socket verbinden (`connect`)
- Daten senden (`send`) und empfangen (`recv`)
- Socket schließen (`close`)

• Server

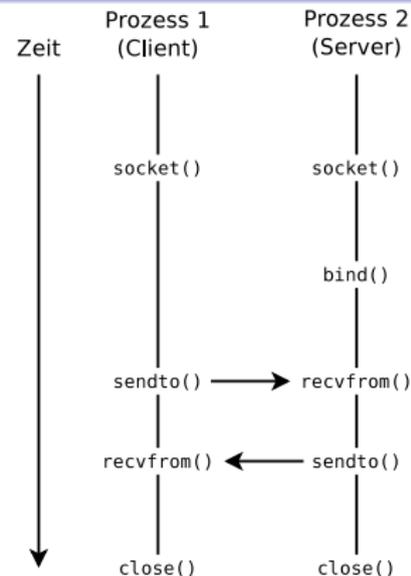
- Socket erstellen (`socket`)
- Socket an einen Port binden (`bind`)
- Socket empfangsbereit machen (`listen`)
 - Warteschlange für Verbindungsanfragen einrichten. Definiert wie viele Verbindungsanfragen gepuffert werden können
- Verbindungsanforderung akzeptieren (`accept`)
 - Erste Verbindungsanforderung aus der Warteschlange holen
- Daten senden (`send`) und empfangen (`recv`)
- Socket schließen (`close`)



Sockets via UDP – Beispiel (Server)

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <string.h>
4  #include <sys/socket.h>
5  #include <netinet/in.h>
6  #include <unistd.h>
7  #include <arpa/inet.h>
8
9  int main(int argc, char *argv[]) {
10     int sd, adresse_laenge;
11     char puffer[1024] = { 0 };
12     struct sockaddr_in adresse, client_adresse;
13     memset(&adresse, 0, sizeof(adresse));
14     memset(&client_adresse, 0, sizeof(client_adresse));
15     adresse.sin_family = AF_INET;
16     adresse.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
17     adresse.sin_port = htons(atoi(argv[1]));
18
19     sd = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
20     bind(sd, (struct sockaddr *) &adresse, sizeof(adresse));
21     adresse_laenge = sizeof(client_adresse);
22     recvfrom(sd, (char *)puffer, sizeof(puffer), 0,
23             (struct sockaddr *) &client_adresse, &adresse_laenge);
24     printf("Empfangene Nachricht: %s\n", puffer);
25     char antwort[]="Server: Nachricht empfangen.\n";
26     sendto(sd, (const char *)antwort, sizeof(antwort), 0,
27           (struct sockaddr *) &client_adresse, adresse_laenge);
28     close(sd);
29     exit(0);
30 }
    
```



```

$ gcc udp_server.c -o udp_server
$ ./udp_server 50002
    
```