

9. Foliensatz Betriebssysteme

Prof. Dr. Christian Baun

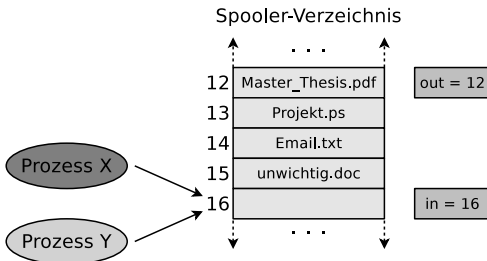
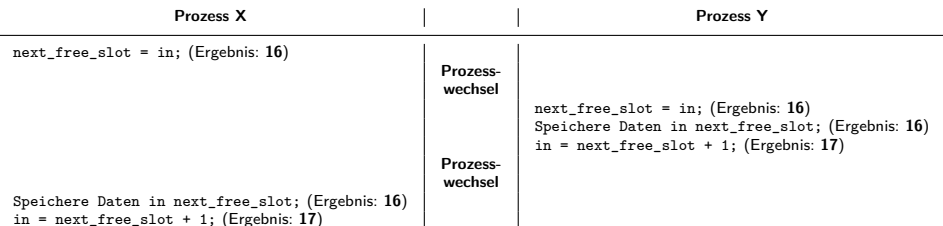
Frankfurt University of Applied Sciences
(1971–2014: Fachhochschule Frankfurt am Main)
Fachbereich Informatik und Ingenieurwissenschaften
christianbaun@fb2.fra-uas.de

Lernziele dieses Foliensatzes

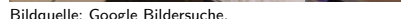
- Am Ende dieses Foliensatzes kennen/verstehen Sie...
 - was **kritische Abschnitte** und **Wettlaufsituationen** sind
 - was **Synchronisation** ist
 - wie **Signalisierung** die Ausführungsreihenfolge der Prozesse beeinflusst
 - wie mit **Blockieren** kritische Abschnitte gesichert werden
 - welche Probleme (**Verhungern** und **Deadlocks**) beim Blockieren entstehen können
 - wie **Deadlock-Erkennung mit Matrizen** funktioniert
 - verschiedene Möglichkeiten der **Kommunikation** zwischen Prozessen:
 - **Gemeinsamer Speicher** (Shared Memory)
 - **Nachrichtenwarteschlangen** (Message Queues)
 - **Pipes**
 - **Sockets**
 - verschiedene Möglichkeiten der **Kooperation** von Prozessen
 - wie **Semaphore** kritische Abschnitte sichern können
 - den Unterschied zwischen **Semaphor** und **Mutex**

Übungsblatt 9 wiederholt die für die Lernziele relevanten Inhalte dieses Foliensatzes

Kritische Abschnitte – Beispiel: Drucker-Spooler



- Das Spooler-Verzeichnis ist konsistent
 - Aber der Eintrag von **Prozess Y** wurde von **Prozess X** überschrieben und ging verloren
- Eine solche Situation heißt **Race Condition**



Therac-25: Race Condition mit tragischem Ausgang (2/2)

- Eine Race Condition („Texas-Bug“) führte zu fehlerhaften Einstellungen des Geräts und damit zu erhöhter Strahlendosis
 - Der Kontroll-Prozess synchronisierte nicht korrekt mit dem Prozess der Eingabeaufforderung
 - Der Fehler trat nur während einer schnellen Eingabekorrektur (Zeitfenster: 8 Sekunden) durch den Benutzer auf
 - Bei Tests trat der Fehler nicht auf, weil es Erfahrung (Routine) erforderte, um das Gerät so schnell zu bedienen

The Worst Computer Bugs in History: Race conditions in Therac-25:

<https://www.bugsnag.com/blog/bug-day-race-condition-therac-25>

„Once the data entry phase was marked complete, the magnet setting phase began. However, if a specific sequence of edits was applied in the Data Entry phase during the 8 second magnet setting phase, the setting was not applied to the machine hardware, due to the value of the completion variable. The UI would then display the wrong mode to the user, who would confirm the potentially lethal treatment.“

Weitere interessante Quellen

https://www-dssz.informatik.tu-cottbus.de/information/slides_studis/ss2009/mehner_RisikoComputer_zs09.pdf

Killer Bug. Therac-25: Quick-and-Dirty: <https://www.viva64.com/en/b/0438/>

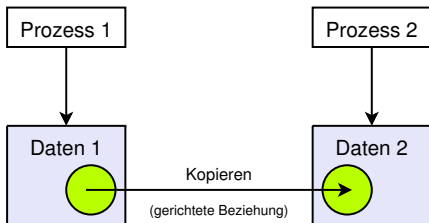
Killed by a machine: The Therac-25: <https://hackaday.com/2015/10/26/killed-by-a-machine-the-therac-25/>

Kommunikation vs. Kooperation

- Die Prozessinteraktion besitzt 2 Aspekte:
 - Funktionaler Aspekt: **Kommunikation** und **Kooperation**
 - Zeitlicher Aspekt: **Synchronisation**

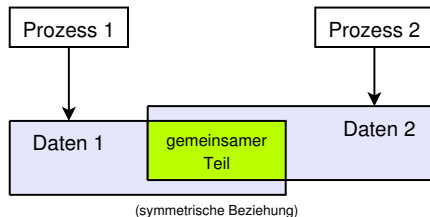
Kommunikation

(= expliziter Datentransport)



Kooperation

(= Zugriff auf gemeinsame Daten)

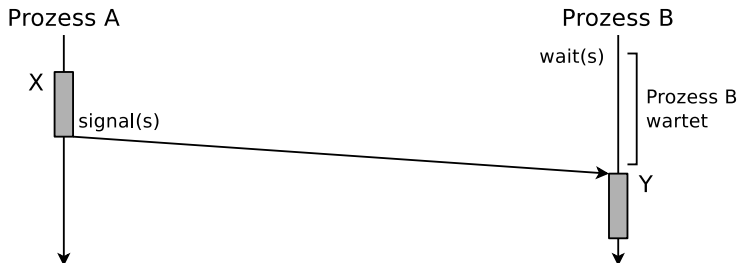


- _____

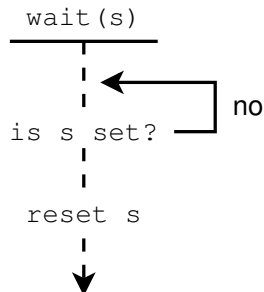


Signalisierung

- Eine Möglichkeit um Prozesse zu synchronisieren
- Mit Signalisierung wird eine **Ausführungsreihenfolge** festgelegt
- Beispiel: Abschnitt **X** von Prozess P_A soll **vor** Abschnitt **Y** von Prozess P_B ausgeführt werden
 - Die Operation `signal` signalisiert, wenn Prozess P_A den Abschnitt **X** abgearbeitet hat
 - Prozess P_B muss eventuell auf das Signal von Prozess P_A warten



Einfachste Form der Signalisierung (aktives Warten)

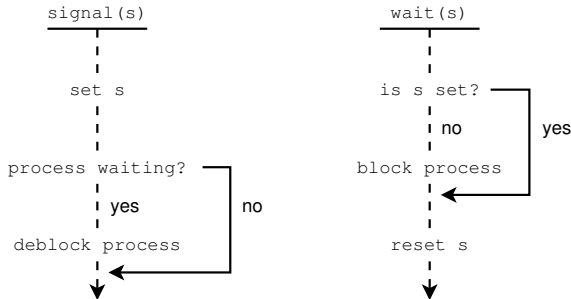


- Die Abbildung zeigt **aktives Warten** an der Signalvariable s
 - Die Signalvariable kann sich zum Beispiel in einer lokalen Datei befinden
 - Nachteil: Rechenzeit der CPU wird verschwendet, weil die wait-Operation den Prozessor in regelmäßigen Abständen belegt
- Diese Technik heißt auch **Warteschleife** oder **Spinlock**

Das aktive Warten heißt in der Literatur auch *Busy Waiting* oder *Polling*

Signalisieren und Warten

- Besseres Konzept: Prozess P_B blockieren, bis Prozess P_A den Abschnitt **X** abgearbeitet hat
 - Vorteil: Vergeudet keine Rechenzeit des Prozessors
 - Nachteil: Es kann nur ein Prozess warten
 - Diese Technik heißt in der Literatur auch **passives Warten**

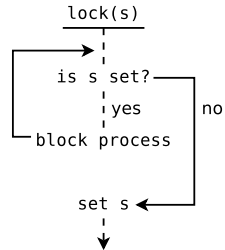


Eine Möglichkeit, um unter Linux eine Ausführungsreihenfolge mit passivem Warten festzulegen, ist die Funktion `sigsuspend`. Damit blockiert sich ein Prozess so lange selbst, bis ein anderer Prozess ihm mit der Funktion `kill` (oder dem gleichnamigen Systemaufruf) ein passendes Signal (meist `SIGUSR1` oder `SIGUSR2`) sendet und somit signalisiert, dass er weiterarbeiten soll.

Alternative Systemaufrufe und Funktionsaufrufe, mit denen sich ein Prozess selbst so lange blockieren kann, bis er durch einen Systemaufruf wieder geweckt wird, sind `pause` und `sleep`.

-
- The diagram illustrates the implementation of a semaphore using two processes, **Prozess A** and **Prozess B**, and their interaction with a shared resource s .
- Prozess A:** The process starts with a vertical line representing its execution. It contains a box labeled $\text{lock}(s)$ and a box labeled $\text{unlock}(s)$. A light blue vertical bar labeled X is positioned between the $\text{lock}(s)$ and $\text{unlock}(s)$ boxes, indicating the critical section. Arrows show the process flow: from the start to $\text{lock}(s)$, then through X to $\text{unlock}(s)$, and finally to the end.
- Prozess B:** The process starts with a vertical line representing its execution. It contains a box labeled $\text{lock}(s)$ and a box labeled $\text{unlock}(s)$. A light blue vertical bar labeled Y is positioned between the $\text{lock}(s)$ and $\text{unlock}(s)$ boxes, indicating the critical section. Arrows show the process flow: from the start to $\text{lock}(s)$, then through Y to $\text{unlock}(s)$, and finally to the end.
- Semaphore Implementation:** The diagram shows the internal logic of the semaphore s .
- Initial State:** The semaphore s is initially set to 0 (indicated by a red '0' in the original image).
 - Process A's Interaction:**
 - Process A calls $\text{lock}(s)$.
 - Since $s = 0$, the semaphore is not set, and Process A must wait (indicated by a red 'wait' label).
 - When the semaphore becomes available (set to 1), Process A proceeds into its critical section X .
 - After completing X , Process A calls $\text{unlock}(s)$, which sets s back to 0.
 - Process B's Interaction:**
 - Process B calls $\text{lock}(s)$.
 - Since $s = 0$, the semaphore is not set, and Process B must wait (indicated by a red 'wait' label).
 - When the semaphore becomes available (set to 1), Process B proceeds into its critical section Y .
 - After completing Y , Process B calls $\text{unlock}(s)$, which sets s back to 0.
- The diagram uses red annotations to highlight the semaphore's state and the waiting/deblocking process:
- A red '0' indicates the initial state of the semaphore.
 - Red 'wait' labels indicate the period where a process is blocked because the semaphore is not set.
 - Red 'set s' labels indicate the point where the semaphore is set to 1, allowing a waiting process to proceed.
 - Red 'deblock process' labels indicate the point where a waiting process is allowed to proceed into its critical section.

- 14/81



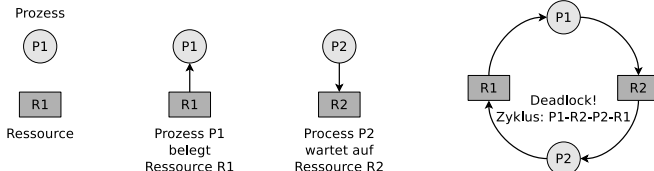
Hilfreiche Systemaufrufen und Bibliotheksfunktion um die Operationen lock und unlock unter Linux zu realisieren

sigsuspend, kill, pause und sleep

- Alternative 1: Realisierung von Sperren mit den Signalen SIGSTOP (Nr. 19) und SIGCONT (Nr. 18)
 - Mit SIGSTOP kann ein anderer Prozess gestoppt werden
 - Mit SIGCONT kann ein anderer Prozess reaktiviert werden

Betriebsmittel-Graphen

- Mit gerichteten Graphen können die Beziehungen von Prozessen und Ressourcen dargestellt werden
- So lassen sich auch Deadlocks modellieren
 - Die Knoten sind...
 - **Prozesse:** Sind als Kreise dargestellt
 - **Ressourcen:** Sind als Rechtecke dargestellt
 - Eine Kante von einem Prozess zu einer Ressource heißt:
 - Der Prozess ist blockiert, weil er auf die Ressource wartet
 - Eine Kante von einer Ressource zu einem Prozess heißt:
 - Der Prozess belegt die Ressource



Eine umfangreiche Beschreibung zu Betriebsmittel-Graphen enthält das Buch **Betriebssysteme – Eine Einführung**, Uwe Baumgarten, Hans-Jürgen Sievert, 6. Auflage, Oldenbourg Verlag (2007), Kapitel 6

Mit gemeinsamem Speicher arbeiten

Linux/UNIX-Betriebssysteme stellen 4 Systemaufrufe für die Arbeit mit gemeinsamem Speicher bereit

- `shmget()`: Gemeinsames Speichersegment erzeugen oder auf ein bestehendes zugreifen
- `shmat()`: Gemeinsames Speichersegment an einen Prozess anhängen
- `shmdt()`: Gemeinsames Speichersegment von einem Prozess lösen/freigeben
- `shmctl()`: Status (u.a. Zugriffsrechte) eines gemeinsamen Speichersegments abfragen, ändern oder es löschen

Ein Beispiel zur Arbeit mit gemeinsamen Speicherbereichen unter Linux finden sie zum Beispiel auf der Webseite der Vorlesung

ipcs

Informationen über bestehende gemeinsame Speichersegmente liefert das Kommando `ipcs`

28/81

Gemeinsames Speichersegment anhängen (in C)

```

1 #include <sys/types.h>
2 #include <sys/ipc.h>
3 #include <sys/shm.h>
4 #include <stdio.h>
5 #define MAXMEMSIZE 20
6
7 int main(int argc, char **argv) {
8     int shared_memory_id = 12345;
9     int returncode_shmget;
10    char *sharedmempointer;
11
12    // Gemeinsames Speichersegment erzeugen
13    returncode_shmget = shmget(shared_memory_id, MAXMEMSIZE, IPC_CREAT | 0600);
14    ...
15
16    // Gemeinsames Speichersegment anhängen
17    sharedmempointer = shmat(returncode_shmget, 0, 0);
18    if (sharedmempointer!=(char *)-1) {
19        printf("Das gemeinsame Speichersegment konnte nicht angehängt werden.\n");
20        perror("shmat");
21    } else {
22        printf("Das Segment wurde angehängt an Adresse %p\n", sharedmempointer);
23    }
24 }
25 }

```

```
$ ipcs -m
```

```
----- Shared Memory Segments -----
```

key	shmid	owner	perms	bytes	nattch	status
0x00003039	56393780	bnc	600	20	1	


```

1 #include <sys/types.h>
2 #include <sys/ipc.h>
3 #include <sys/shm.h>
4 #include <stdio.h>
5 #define MAXMEMSIZE 20
6
7 int main(int argc, char **argv) {
8     int shared_memory_id = 12345;
9     int returncode_shmget;
10    int returncode_shmdt;
11    char *sharedmempointer;
12
13    // Gemeinsames Speichersegment erzeugen
14    returncode_shmget = shmget(shared_memory_id, MAXMEMSIZE, IPC_CREAT | 0600);
15    ...
16
17    // Gemeinsames Speichersegment anhängen
18    sharedmempointer = shmat(returncode_shmget, 0, 0);
19    ...
20
21    // Gemeinsames Speichersegment lösen
22    returncode_shmdt = shmdt(sharedmempointer);
23    if (returncode_shmdt < 0) {
24        printf("Das gemeinsame Speichersegment konnte nicht gelöst werden.\n");
25        perror("shmdt");
26    } else {
27        printf("Das Segment wurde vom Prozess gelöst.\n");
28    }
29 }
30 }

```

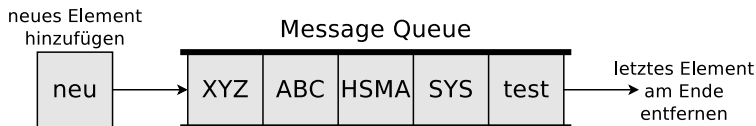
Gemeinsames Speichersegment löschen (in C)

```

1 #include <sys/types.h>
2 #include <sys/ipc.h>
3 #include <sys/shm.h>
4 #include <stdio.h>
5 #define MAXMEMSIZE 20
6
7 int main(int argc, char **argv) {
8     int shared_memory_id = 12345;
9     int returncode_shmget;
10    int returncode_shmctl;
11    char *sharedmempointer;
12
13    // Gemeinsames Speichersegment erzeugen
14    returncode_shmget = shmget(shared_memory_id, MAXMEMSIZE, IPC_CREAT | 0600);
15    ...
16
17    // Gemeinsames Speichersegment löschen
18    returncode_shmctl = shmctl(returncode_shmget, IPC_RMID, 0);
19    if (returncode_shmctl == -1) {
20        printf("Das gemeinsame Speichersegment konnte nicht gelöscht werden.\n");
21        perror("semctl");
22    } else {
23        printf("Das Segment wurde gelöscht.\n");
24    }
25 }
26 }

```


- Sind verketteten Listen mit Nachrichten
- Arbeiten nach dem Prinzip FIFO
- Prozesse können Daten darin ablegen und daraus abholen
- Vorteil: Auch nach Beendigung des Erzeuger-Prozesses verbleiben die Daten in der Nachrichtenwarteschlange



Linux/UNIX-Betriebssysteme stellen 4 Systemaufrufe für die Arbeit mit Nachrichtenwarteschlangen bereit

- `msgget()`: Nachrichtenwarteschlange erzeugen oder auf eine bestehende zugreifen
- `msgsnd()`: Nachrichten in Nachrichtenwarteschlange schreiben (schicken)
- `msgrcv()`: Nachrichten aus Nachrichtenwarteschlange lesen (empfangen)
- `msgctl()`: Status (u.a. Zugriffsrechte) einer Nachrichtenwarteschlange abfragen, ändern oder sie löschen

Informationen über bestehende Nachrichtenwarteschlangen liefert das Kommando `ipcs`

```

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
10    // Nachrichtenwarteschlange erzeugen oder auf eine bestehende zugreifen
11    // IPC_CREAT => neue Nachrichtenwarteschlange erzeugen, wenn sie noch nicht existiert
12    // 0600 = Zugriffsrechte auf die neue Nachrichtenwarteschlange
13    returncode_msgget = msgget(12345, IPC_CREAT | 0600);
14    if(returncode_msgget < 0) {
15        printf("Die Nachrichtenwarteschlange konnte nicht erstellt werden.\n");
16        exit(1);
17    } else {
18        printf("Die Nachrichtenwarteschlange 12345 mit der ID %i ist nun verfügbar.\n",
19               returncode_msgget);
20    }
21 }

```

34/81

In Nachrichtenwarteschlangen schreiben (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
8 struct msgbuf {               // Template eines Puffers fuer msgsnd und msgrcv
9     long mtype;               // Nachrichtentyp
10    char mtext[80];           // Sendepuffer
11 } msg;
12
13 int main(int argc, char **argv) {
14     int returncode_msgget;
15
16     // Nachrichtenwarteschlange erzeugen oder auf eine bestehende zugreifen
17     returncode_msgget = msgget(12345, IPC_CREAT | 0600);
18     ...
19
20     msg.mtype = 1;             // Nachrichtentyp festlegen
21     strcpy(msg.mtext, "Testnachricht"); // Nachricht in den Sendepuffer schreiben
22
23     // Eine Nachricht in die Nachrichtenwarteschlange schreiben
24     if (msgsnd(returncode_msgget, &msg, strlen(msg.mtext), 0) == -1) {
25         printf("In die Nachrichtenwarteschlange konnte nicht geschrieben werden.\n");
26         exit(1);
27     }
28 }

```

- Den Nachrichtentyp (eine positive ganze Zahl) definiert der Benutzer

Ergebnis des Schreibens in die Nachrichtenwarteschlange

- Vorher...

```
$ ipcs -q
----- Message Queues -----
key          msqid          owner          perms          used-bytes      messages
0x00003039  98304          bnc            600            0                0
```

- Nachher...

```
$ ipcs -q
----- Message Queues -----
key          msqid          owner          perms          used-bytes      messages
0x00003039  98304          bnc            600            80              1
```

Aus Nachrichtenwarteschlangen 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 }

```

Nachrichtenanteschlangen 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     // Nachrichtenanteschlange erzeugen oder auf eine bestehende zugreifen
12     returncode_msgget = msgget(12345, IPC_CREAT | 0600);
13     ...
14
15     // Nachrichtenanteschlange löschen
16     returncode_msgctl = msgctl(returncode_msgget, IPC_RMID, 0);
17     if (returncode_msgctl < 0) {
18         printf("Die Nachrichtenanteschlange mit der ID %i konnte nicht gelöscht werden.\n",
19             returncode_msgget);
20         perror("msgctl");
21         exit(1);
22     } else {
23         printf("Die Nachrichtenanteschlange mit der ID %i wurde gelöscht.\n",
24             returncode_msgget);
25     }
26     exit(0);
27 }

```

Ein Beispiel zur Arbeit mit Nachrichtenanteschlangen unter Linux finden sie zum Beispiel auf der Webseite der Vorlesung

Pipes (1/2)

- 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



Pipes (2/2)

- Bei der Erzeugung von Kindprozessen mit `fork()` erben die Kindprozesse auch den Zugriff auf die Zugriffskennungen
- **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
- 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

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

Ein Beispiel zur Arbeit mit benannten Pipes unter Linux finden sie zum Beispiel auf der Webseite der Vorlesung

```

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 Pipe ist fehlgeschlagen.\n");
13        // Programmabbruch
14        exit(1);
15    } else {
16        printf("Die Pipe testpipe wurde angelegt.\n");
17    }
18
19    // Einen Kindprozess erzeugen
20    pid_des_Kindes = fork();
21
22    // Es kam beim fork zu einem Fehler
23    if (pid_des_Kindes < 0) {
24        perror("Es kam bei fork zu einem Fehler!\n");
25        // Programmabbruch
26        exit(1);
27    }

```

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

```

28 // Elternprozess
29 if (pid_des_Kindes > 0) {
30     printf("Elternprozess: PID: %i\n", getpid());
31     // Lesekanal der Pipe testpipe blockieren
32     close(testpipe[0]);
33     char nachricht[] = "Testnachricht";
34     // Daten in den Schreibkanal der Pipe schreiben
35     write(testpipe[1], &nachricht, sizeof(nachricht));
36 }
37
38 // Kindprozess
39 if (pid_des_Kindes == 0) {
40     printf("Kindprozess: PID: %i\n", getpid());
41     // Schreibkanal der Pipe testpipe blockieren
42     close(testpipe[1]);
43     // Einen Empfangspuffer mit 80 Zeichen Kapazität anlegen
44     char puffer[80];
45     // Daten aus dem Lesekanal der Pipe auslesen
46     read(testpipe[0], puffer, sizeof(puffer));
47     // Empfangene Daten ausgeben
48     printf("Empfangene Daten: %s\n", puffer);
49 }
50 }

```

```
$ gcc pipe_beispiel.c -o pipe_beispiel
```

```
$ ./pipe_beispiel
```

```
Die Pipe testpipe wurde angelegt.
```

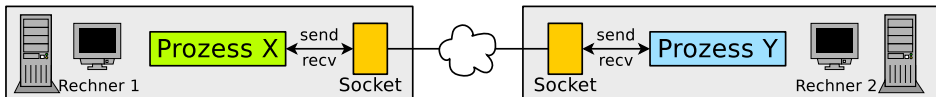
```
Elternprozess: PID: 6363
```

```
Kindprozess: PID: 6364
```

```
Empfangene Daten: Testnachricht
```

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)**

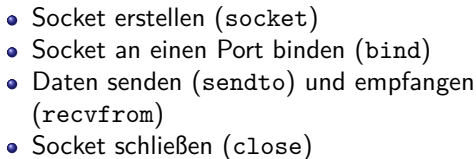
- Verwenden das Transportprotokoll TCP
- Vorteil: Höhere Verlässlichkeit
 - Segmente können nicht verloren gehen
 - Segmente kommen immer in der korrekten Reihenfolge an
- Nachteil: Geringere Geschwindigkeit als bei UDP
 - Grund: Höherer Mehraufwand (Overhead) für das Protokoll

Sockets nutzen

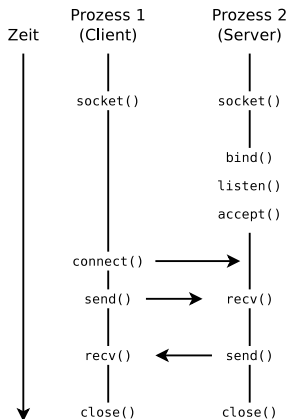
- Praktisch alle gängigen Betriebssystemen unterstützen Sockets
 - Vorteil: Bessere Portabilität der Anwendungen
- Funktionen für Kommunikation via Sockets:
 - Erstellen eines Sockets:
`socket()`
 - Anbinden eines Sockets an eine Portnummer und empfangsbereit machen:
`bind()`, `listen()`, `accept()` 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`

46/81



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`)
 - Richtete eine Warteschlange für Verbindungen mit Clients ein
- Server akzeptiert Verbindungsanforderung (`accept`)
- Daten senden (`send`) und empfangen (`recv`)
- Socket schließen (`close`)

Einen Socket erzeugen: socket

```
int socket(int domain, int type, int protocol);
```

- Ein Aufruf von `socket()` liefert einen Integerwert zurück
 - Der Wert heißt **Socket-Deskriptor** (*socket file descriptor*)
- `domain`: Legt die Protokollfamilie fest
 - `PF_UNIX`: Lokale Prozesskommunikation unter Linux/UNIX
 - `PF_INET`: IPv4
 - `PF_INET6`: IPv6
- `type`: Legt den Typ des Sockets (und damit auch das Protokoll) fest:
 - `SOCK_STREAM`: Stream Socket (TCP)
 - `SOCK_DGRAM`: Datagram Socket (UDP)
 - `SOCK_RAW`: RAW-Socket (IP)
- Der Parameter `protocol` hat meist den Wert Null
- Einen Socket mit `socket()` erzeugen:

```
1 sd = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
2   if (sd < 0) {
3       perror("Der Socket konnte nicht erzeugt werden");
4       return 1;
5   }
```



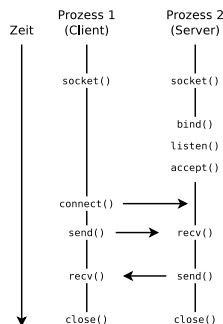
```
int listen(int sd, int backlog);
```

-
- ```
sequenceDiagram
 participant P1 as Prozess 1 (Client)
 participant P2 as Prozess 2 (Server)
 P1->>P1: socket()
 P2->>P2: socket()
 P2->>P2: bind()
 P2->>P2: listen()
 P2->>P2: accept()
 P1->>P1: connect()
 P1->>P2: send()
 P2->>P1: recv()
 P1->>P1: recv()
 P1->>P1: close()
 P2->>P2: send()
 P2->>P2: close()
```

# Eine Verbindungsanforderung akzeptieren: accept

```
int accept(int sd, struct sockaddr *address, int *addrlen);
```

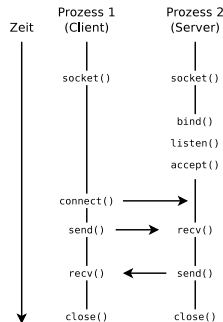
- Mit `accept()` holt der Server die erste Verbindungsanforderung aus der Warteschlange
- Der Rückgabewert ist der Socket-Deskriptor des neuen Sockets
- Enthält die Warteschlange keine Verbindungsanforderungen, ist der Prozess blockiert, bis eine Verbindungsanforderung eintrifft
- `address` enthält die Adresse des Clients
- Nachdem eine Verbindungsanforderungen mit `accept()` angenommen wurde, ist die Verbindung mit dem Client vollständig aufgebaut



# Verbindung durch den Client herstellen

```
int connect(int sd, struct sockaddr *servaddr,
 socklen_t addrlen);
```

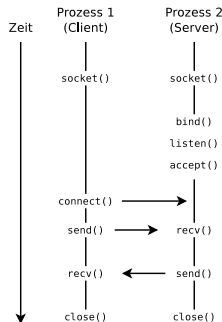
- Via `connect()` versucht der Client eine Verbindung mit einem Server-Socket herzustellen
- `sd` ist der Socket-Deskriptor
- `servaddr` ist die Adresse des Servers
- `addrlen` ist die Länge der Datenstruktur, die die Adresse enthält



# Verbindungsorientierter Datenaustausch: send und recv

```
int send(int sd, char *buffer, int nbytes, int flags);
int recv(int sd, char *buffer, int nbytes, int flags);
```

- Mit `send()` und `recv()` werden über eine bestehende Verbindung Daten ausgetauscht
- `send()` sendet eine Nachricht (`buffer`) über den Socket (`sd`)
- `recv()` empfängt eine Nachricht vom Socket `sd` und legt diese in den Puffer (`buffer`)
- `sd` ist der Socket-Deskriptor
- `buffer` enthält die zu sendenden bzw. empfangenen Daten
- `nbytes` gibt die Anzahl der Bytes im Puffer an
- Der Wert von `flags` ist in der Regel Null



# Verbindungsorientierter Datenaustausch: read und write

```
int read(int sd, char *buffer, int nbytes);
int write(int sd, char *buffer, int nbytes);
```

- Unter UNIX könnten im Normalfall auch `read()` und `write()` zum Empfangen und Senden über einen Socket verwendet werden
  - Der *Normalfall* ist, wenn der Parameter `flags` bei `send()` und `recv()` den Wert 0 hat
- Folgende Aufrufe haben das gleiche Ergebnis:

```
1 send(socket, "Hello World", 11, 0);
2 write(socket, "Hello World", 11);
```

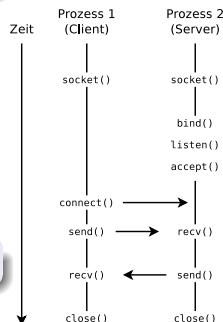


```
int shutdown(int sd, int how);
```

- `shutdown()` schließt eine bidirektionale Socket-Verbindung
- Der Parameter `how` legt fest, ob künftig keine Daten mehr empfangen werden sollen (`how=0`), keine mehr gesendet werden (`how=1`), oder beides (`how=2`)

```
int close(int sd);
```

- Wird `close()` anstatt `shutdown()` verwendet, entspricht dies einem `shutdown(sd,2)`





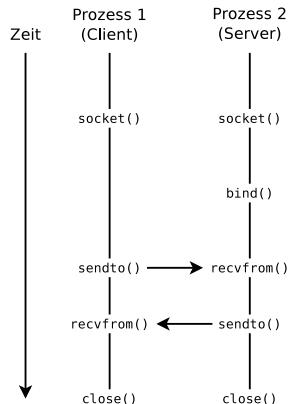
## Sockets via UDP – Beispiel (Server)

```

1 #!/usr/bin/env python
2 # -*- coding: iso-8859-15 -*-
3 # Server: Empfängt eine Nachricht via UDP
4
5 # Modul socket importieren
6 import socket
7
8 # Stellvertretend für alle Schnittstellen des Hosts
9 # '' = alle Schnittstellen
10 HOST = ''
11 # Portnummer des Servers
12 PORT = 50000
13
14 # Socket erzeugen und Socket-Deskriptor zurückliefern
15 sd = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
16
17 try:
18 sd.bind((HOST, PORT)) # Socket an Port
19 binden
20 while True:
21 data = sd.recvfrom(1024) # Daten empfangen
22 # Empfangene Daten ausgeben
23 print 'Received:', repr(data)
24 finally:
25 sd.close() # Socket schließen

```

```
$ python udp_server.py
```



## Sockets via UDP – Beispiel (Client)

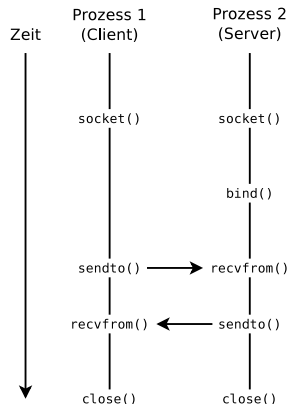
```

1 #!/usr/bin/env python
2 # -*- coding: iso-8859-15 -*-
3 # Client: Schickt eine Nachricht via UDP
4
5 import socket # Modul socket importieren
6
7 HOST = 'localhost' # Hostname des Servers
8 PORT = 50000 # Portnummer des Servers
9 MESSAGE = 'Hello World' # Nachricht
10
11 # Socket erzeugen und Socket-Deskriptor zurückliefern
12 sd = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
13
14 # Nachricht an Socket senden
15 sd.sendto(MESSAGE, (HOST, PORT))
16
17 sd.close() # Socket schließen

```

```
$ python udp_client.py
```

```
$ python udp_server.py
Received: ('Hello World', ('127.0.0.1', 39834))
```

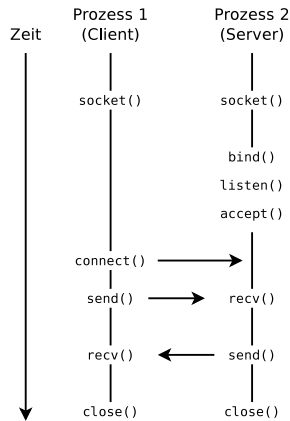


## Sockets via TCP – Beispiel (Server)

```

1 #!/usr/bin/env python
2 # -*- coding: iso-8859-15 -*-
3 # Echo Server via TCP
4 import socket # Modul socket importieren
5 HOST = '' # '' = alle Schnittstellen
6 PORT = 50007 # Portnummer des Servers
7
8 # Socket erzeugen und Socket-Deskriptor zurückliefern
9 sd = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
10 # Socket an Port binden
11 sd.bind((HOST, PORT))
12 # Socket empfangsbereit machen
13 # Max. Anzahl Verbindungen = 1
14 sd.listen(1)
15 # Socket akzeptiert Verbindungen
16 conn, addr = sd.accept()
17
18 print 'Connected by', addr
19
20 while 1: # Endlosschleife
21 data = conn.recv(1024) # Daten empfangen
22 if not data: break # Endlosschleife abbrechen
23 # Empfangene Daten zurücksenden
24 conn.send(data)
25
26 sd.close() # Socket schließen

```



```
$ python tcp_server.py
```

## Sockets via TCP – Beispiel (Client)

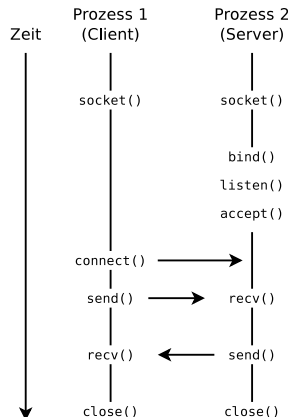
```

1 #!/usr/bin/env python
2 # -*- coding: iso-8859-15 -*-
3 # Echo Client via TCP
4 # Modul socket importieren
5 import socket
6
7 HOST = 'localhost' # Hostname des Servers
8 PORT = 50007 # Portnummer des Servers
9
10 # Socket erzeugen und Socket-Deskriptor zurückliefern
11 sd = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
12 # Mit Server-Socket verbinden
13 sd.connect((HOST, PORT))
14
15 sd.send('Hello, world') # Daten senden
16 data = sd.recv(1024) # Daten empfangen
17 sd.close() # Socket schließen
18
19 # Empfangene Daten ausgeben
20 print 'Empfangen:', repr(data)

```

```
$ python tcp_client.py
Empfangen: 'Hello, world'
```

```
$ python tcp_server.py
Connected by ('127.0.0.1', 49898)
```





## Nicht-blockierende Sockets – Einige Auswirkungen

- `recv()` und `recvfrom()`
  - Die Methoden geben nur dann Daten zurück, wenn sich diese bereits im internen Puffer des Sockets befinden
  - Sind keine Daten im Puffer, werfen die Methoden eine **Exception** und die Programmausführung läuft **weiter**
- `send()` und `sendto()`
  - Die Methoden versenden die angegebenen Daten nur, wenn sie direkt in den Ausgangspuffer des Sockets geschrieben werden können
  - Ist der Puffer schon voll, werfen die Methoden eine **Exception** und die Programmausführung läuft **weiter**
- `connect()`
  - Die Methode sendet eine Verbindungsanfrage an den Zielsocket und **wartet nicht**, bis diese Verbindung zustande kommt
  - Wird `connect()` aufgerufen, während die Verbindungsanfrage noch läuft, wird eine **Exception** geworfen
    - Durch mehrmaliges Aufrufen von `connect()` kann man überprüfen, ob die Operation immer noch durchgeführt wird







# Semaphoren

- Zur Sicherung (Sperrung) kritischer Abschnitte können außer den bekannten Sperren auch **Semaphoren** eingesetzt werden
- 1965: Veröffentlicht von Edsger W. Dijkstra
- Ein Semaphor ist eine Zählersperre **S** mit Operationen **P(S)** und **V(S)**
  - **V** kommt vom holländischen *verhogen* = erhöhen
  - **P** kommt vom holländischen *proberen* = versuchen (zu verringern)
- Die **Zugriffsoperationen sind atomar**  $\implies$  nicht unterbrechbar (unteilbar)
- Kann auch mehreren Prozessen das Betreten des kritischen Abschnitts erlauben
  - Im Gegensatz zu Semaphoren können Sperren ( $\implies$  Folie 14) immer nur einem Prozess das Betreten des kritischen Abschnitts erlauben

Die korrekte Grammatik ist *das Semaphor*, Plural *die Semaphore*

## Cooperating sequential processes. *Edsger W. Dijkstra* (1965)

<https://www.cs.utexas.edu/~EWD/ewd01xx/EWD123.PDF>

Ein Semaphor besteht aus 2 Datenstrukturen

- **Initialisierung:** Zuerst wird ein Semaphor erzeugt oder ein bestehendes Semaphor geöffnet
  - Bei einem neuen Semaphor wird zu Beginn die Zählvariable mit einem nichtnegativen Anfangswert initialisiert

```
1 // Operation INIT auf Semaphor SEM anwenden
2 SEM.INIT(unsigned int init_wert) {
3
4 // Variable COUNT des Semaphors SEM mit einem
5 // nichtnegativen Anfangswert initialisieren
6 SEM.COUNT = init_wert;
7 }
```

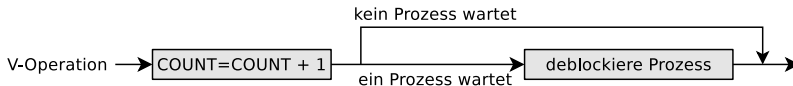


Bildquelle: Carsten Vogt

- ```

1 SEM.V() {
2     // Zaehlvariable = Zaehlvariable + 1
3     SEM.COUNT = SEM.COUNT + 1;
4
5     // Sind Prozesse im Warteraum, wird einer deblockiert
6     if ( < SEM-Warteraum ist nicht leer > )
7         < deblockiere einen wartenden Prozess >
8 }

```



Das Programm erstellt einen Kindprozess. Eltern- und Kindprozess versuchen beide, Zeichen in der Shell auszugeben (kritischer Abschnitt). Die Prozesse sollen abwechselnd je ein Zeichen ausgeben. Zwei Semaphore ermöglichen den gegenseitigen Ausschluss

```

1 #include <stdio.h> // für printf
2 #include <stdlib.h> // für exit
3 #include <unistd.h> // für read, write, close
4 #include <sys/wait.h> // für wait
5 #include <sys/sem.h> // für semget, semctl, semop
6
7 void main() {
8     int pid_des_kindes;
9     int sem_key1=12345;
10    int sem_key2=54321;
11    int returncode_semget1, returncode_semget2, returncode_semctl;
12    int output;
13
14    setbuf(stdout, NULL); // Das Puffern Standardausgabe (stdout) unterbinden
15
16    // Neue Semaphorgruppe 12345 mit einer Semaphore erstellen
17    // IPC_CREAT = Semaphore erzeugen, wenn Sie noch nicht existiert
18    // IPC_EXCL = Neuen Semaphorgruppe anlegen und nicht auf evtl. existierende Gruppe zugreifen
19    returncode_semget1 = semget(sem_key1, 1, IPC_CREAT | IPC_EXCL | 0600);
20    if (returncode_semget1 < 0) {
21        printf("Die Semaphorgruppe %i konnte nicht erstellt werden.\n", sem_key1);
22        perror("semget");
23        exit(1);
24    }

```

<https://www.nt.th-koeln.de/fachgebiete/inf/diplom/semwork/unix/semget/semget.html>

```

25 // Neue Semaphoregruppe 54321 mit einer Semaphore erstellen
26 returncode_semget2 = semget(sem_key2, 1, IPC_CREAT | IPC_EXCL | 0600);
27 if (returncode_semget2 < 0) {
28     printf("Die Semaphoregruppe %i konnte nicht erstellt werden.\n", sem_key2);
29     perror("semget");
30     exit(1);
31 }
32
33 // P-Operation definieren. Wert der Zählvariable um eins dekrementieren
34 struct sembuf p_operation = {0, -1, 0};
35
36 // V-Operation definieren. Wert der Zählvariable um eins inkrementieren
37 struct sembuf v_operation = {0, 1, 0};
38
39 // Erste Semaphore der Semaphoregruppe 12345 initial auf Wert 1 setzen
40 returncode_semctl = semctl(returncode_semget1, 0, SETVAL, 1);
41
42 // Erste Semaphore der Semaphoregruppe 54321 initial auf Wert 0 setzen
43 returncode_semctl = semctl(returncode_semget2, 0, SETVAL, 0);
44
45 // Initialen Wert der ersten Semaphore der Semaphoregruppe 12345 zur Kontrolle ausgeben
46 output = semctl(returncode_semget1, 0, GETVAL, 0);
47 printf("Wert der Semaphore mit ID %i und Key %i: %i\n", returncode_semget1, sem_key1, output);
48
49 // Initialen Wert der ersten Semaphore der Semaphoregruppe 54321 zur Kontrolle ausgeben
50 output = semctl(returncode_semget2, 0, GETVAL, 0);
51 printf("Wert der Semaphore mit ID %i und Key %i: %i\n", returncode_semget2, sem_key2, output);

```

Gute Dokumentation von semctl

<https://www.nt.th-koeln.de/fachgebiete/inf/diplom/semwork/unix/semctl/semctl.html>

71/81

Ein einfaches Beispiel zu Semaphore (in C) – Teil 4/5

```

79 // Warten auf die Beendigung des Kindprozesses
80 wait(NULL);
81
82 printf("\n");
83
84 // Semaphorgruppe 12345 löschen
85 returncode_semctl = semctl(returncode_semget1, 0, IPC_RMID, 0);
86 if (returncode_semctl < 0) {
87     printf("Die Semaphorgruppe %i konnte nicht gelöscht werden.\n", returncode_semget1);
88     exit(1);
89 } else {
90     printf("Die Semaphorgruppe mit ID %i und Key %i wurde gelöscht.\n", returncode_semget1, sem_key1);
91 }
92
93 // Semaphorgruppe 54321 löschen
94 returncode_semctl = semctl(returncode_semget2, 0, IPC_RMID, 0);
95 if (returncode_semctl < 0) {
96     printf("Die Semaphorgruppe %i konnte nicht gelöscht werden.\n", returncode_semget2);
97     exit(1);
98 } else {
99     printf("Die Semaphorgruppe mit ID %i und Key %i wurde gelöscht.\n", returncode_semget2, sem_key2);
100 }
101
102 exit(0);
103 }

```

Ein Beispiel zur Arbeit mit Semaphoren unter Linux finden sie zum Beispiel auf der Webseite der Vorlesung


```
$ gcc semaphore_beispiel_systemv.c -o semaphore_beispiel_systemv
Wert der Semaphore mit ID 98362 und Key 12345: 1
Wert der Semaphore mit ID 98363 und Key 54321: 0
1212121212
Die Semaphore mit ID 98362 und Key 12345 wurde gelöscht.
Die Semaphore mit ID 98363 und Key 54321 wurde gelöscht.
```

```
$ printf "%d\n" 0x00003039          # Convert from hexadecimal to decimal
12345
$ printf "%d\n" 0x0000d431
54321
```

- 73/81

Erzeuger/Verbraucher-Beispiel (3/3)

```

1 typedef int semaphore;           // Semaphore sind von Typ Integer
2 semaphore voll = 0;              // zählt die belegten Plätze im Puffer
3 semaphore leer = 8;              // zählt die freien Plätze im Puffer
4 semaphore mutex = 1;             // steuert Zugriff auf kritische Bereiche
5
6 void erzeuger (void) {
7     int daten;
8
9     while (TRUE) {               // Endlosschleife
10        erzeugeDatenpaket(daten); // erzeuge Datenpaket
11        P(leer);                  // Zähler "leere Plätze" erniedrigen
12        P(mutex);                 // in kritischen Bereich eintreten
13        einfuegenDatenpaket(daten); // Datenpaket in den Puffer schreiben
14        V(mutex);                 // kritischen Bereich verlassen
15        V(voll);                  // Zähler für volle Plätze erhöhen
16    }
17 }
18
19 void verbraucher (void) {
20     int daten;
21
22     while (TRUE) {              // Endlosschleife
23        P(voll);                  // Zähler "volle Plätze" erniedrigen
24        P(mutex);                 // in kritischen Bereich eintreten
25        entferneDatenpaket(daten); // Datenpaket aus dem Puffer holen
26        V(mutex);                 // kritischen Bereich verlassen
27        V(leer);                  // Zähler für leere Plätze erhöhen
28        verbraucheDatenpaket(daten); // Datenpaket nutzen
29    }
30 }

```

Bildquelle: Carsten Vogt

-
- Diagram illustrating the structure of a semaphore table:
- Gruppennummer** (Group Number): Indexes the rows of the table (0, 1, 2, 3, ..., n).
 - Semaphorentabelle** (Semaphore Table): The main data structure.
 - Semaphorennummer innerhalb der Gruppe** (Semaphore Number within the Group): Indexes the columns of the table (0, 1, 2, 3, 4, 5).
 - einzelnes Semaphore** (Individual Semaphore): Points to a specific semaphore entry (e.g., S_{22}).
 - Semaphorengruppe** (Semaphore Group): Points to a set of semaphores belonging to the same group (e.g., S_{30} to S_{34}).
- The table structure is as follows:
- | Gruppennummer | Semaphorennummer innerhalb der Gruppe | Semaphore |
|---------------|---------------------------------------|-----------|
| 0 | 0 | S_{00} |
| 0 | 1 | S_{01} |
| 0 | 2 | S_{02} |
| 0 | 3 | S_{03} |
| 0 | 4 | S_{04} |
| 0 | 5 | S_{05} |
| 1 | 0 | S_{10} |
| 1 | 1 | S_{11} |
| 2 | 0 | S_{20} |
| 2 | 1 | S_{21} |
| 2 | 2 | S_{22} |
| 3 | 0 | S_{30} |
| 3 | 1 | S_{31} |
| 3 | 2 | S_{32} |
| 3 | 3 | S_{33} |
| 3 | 4 | S_{34} |
| ... | ... | ... |
| n | | leer |

- `semget()`: Neues Semaphor oder eine Gruppe von Semaphoren erzeugen oder ein bestehendes Semaphor öffnen
- `semctl()`: Wert eines existierenden Semaphors oder einer Semaphorengruppe abfragen, ändern oder ein Semaphor löschen
- `semop()`: P- und V-Operationen auf Semaphoren durchführen
- Informationen über bestehende Semaphore liefert das Kommando `ipcs`

Mutexe

- Wird die Möglichkeit eines Semaphors zu zählen nicht benötigt, kann die vereinfachte Version, der Mutex, verwendet werden
 - **Mutexe** (abgeleitet von **Mutual Exclusion** = wechselseitiger Ausschluss) dienen dem Schutz kritischer Abschnitte, auf die zu jedem Zeitpunkt immer nur **ein Prozess** zugreifen darf
 - Mutexe können nur 2 Zustände annehmen: **belegt** und **nicht belegt**
 - Mutexe haben die gleiche Funktionalität wie **binäre Semaphore**
 - Mutexe ermöglichen Intra- sowie intra-Prozesssynchronisation

Funktionen zum Zugriff auf einen Mutex

pthread_mutex_lock \Rightarrow entspricht der P-Operation
pthread_mutex_unlock \Rightarrow entspricht der V-Operation

- Will ein Prozess auf den kritischen Abschnitt zugreifen, ruft er `pthread_mutex_lock` auf
 - Kritischer Abschnitt **gesperrt** \Rightarrow Prozess ist blockiert bis der Prozess im kritischen Abschnitt fertig ist und `pthread_mutex_unlock` aufruft
 - Kritischer Abschnitt **nicht gesperrt** \Rightarrow Prozess kann eintreten

Mehr Informationen über Mutexe

<https://www.geeksforgeeks.org/mutex-lock-for-linux-thread-synchronization/>

IPC-Objekte kontrollieren und löschen

- Informationen über bestehende gemeinsame Speichersegmente liefert das Kommando `ipcs`
- Die einfachste Möglichkeit, Semaphore, gemeinsame Speichersegmente und Nachrichtenwarteschlangen auf der Kommandozeile zu löschen, ist das Kommando `ipcrm`

```
ipcrm [-m shmids] [-q msgids] [-s semids]
      [-M shmkeys] [-Q msgkeys] [-S semkeys]
```

- Oder alternativ einfach...
 - `ipcrm shm SharedMemoryID`
 - `ipcrm sem SemaphorID`
 - `ipcrm msg MessageQueueID`