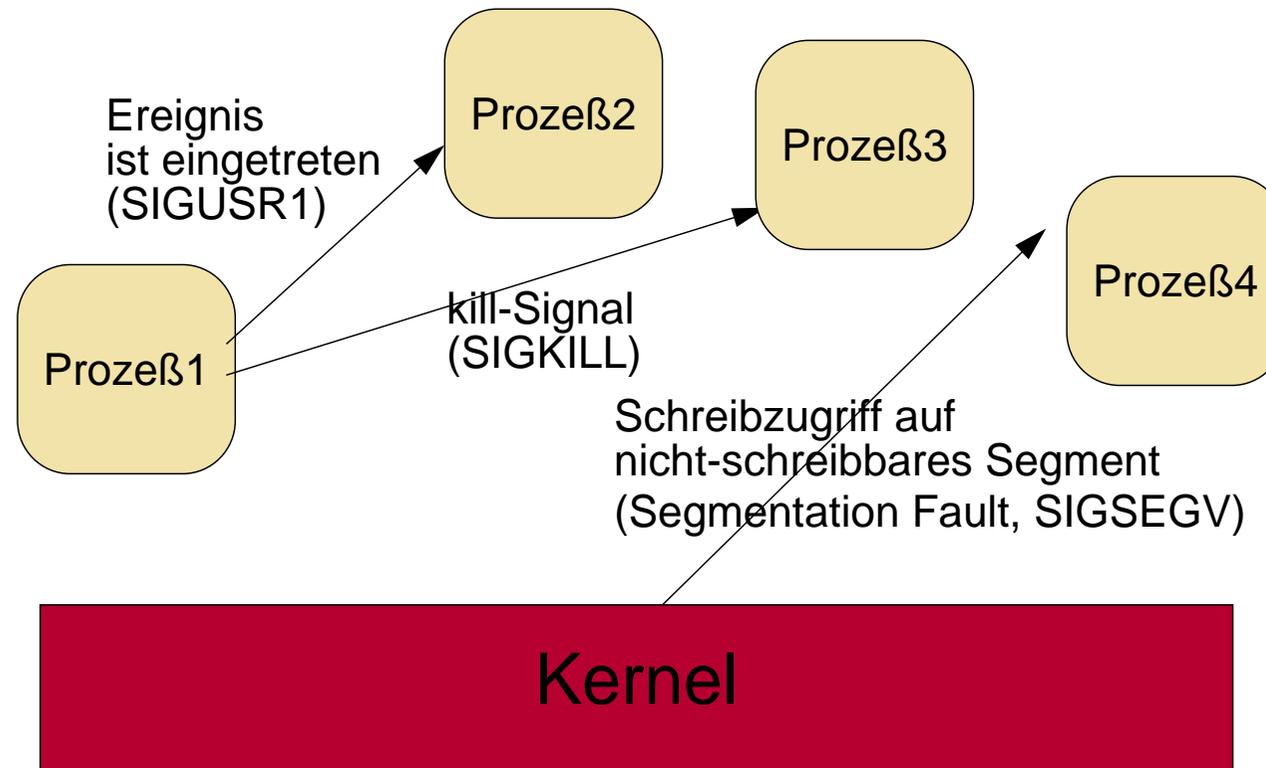


27 Überblick über die 5. Übung

- POSIX-Signale

28 IPC mit Signalen



28.1 Reaktion auf Signale: Default-Aktionen

- abort
 - ◆ erzeugt einen Core-Dump (Segmente + Registercontext) und beendet Prozeß

- exit
 - ◆ beendet Prozeß, ohne einen Core-Dump zu erzeugen

- ignore
 - ◆ ignoriert Signal

- stop
 - ◆ stoppt Prozeß

- continue
 - ◆ setzt gestoppten Prozeß fort

28.2 Posix Signalbehandlung

- sigaction
- sigprocmask
- sigsuspend
- sigpending

28.3 Signalhandler installieren (sigaction)

■ Prototyp

```
#include <signal.h>

int sigaction(int sig, /* Signal */
              const struct sigaction *act, /* Handler */
              struct sigaction *oact /* Alter Handler */ );
```

- Handler bleibt solange installiert, bis neuer Handler mit `sigaction` installiert wird

■ sigaction Struktur

```
struct sigaction {
    void (*sa_handler)(int);
    sigset_t sa_mask;
    int sa_flags;
}
```

28.3.1 sigaction Handler (sa_handler)

- ist ein Funktionspointer oder einer der vordefinierten Werte
 - ◆ SIG_DFL: Default Signalbehandlung
 - ◆ SIG_IGN: Signal ignorieren

28.3.2 sigaction Maske (sa_mask)

- verzögerte Signale
 - ◆ während der Ausführung der Signalhandler-Prozedur wird das auslösende Signal blockiert
 - ◆ bei Verlassen der Signalbehandlungsroutine wird das Signal deblockiert
 - ◆ es wird maximal ein Signal zwischengespeichert
- mit `sa_mask` in der `struct sigaction` kann man zusätzliche Signale blockieren
- Auslesen und Modifikation der Signal-Maske vom Typ `sigset_t` mit:
 - ◆ `sigaddset()`: Signal zur Maske hinzufügen
 - ◆ `sigdelset()`: Signal aus Maske entfernen
 - ◆ `sigemptyset()`: Alle Signale aus Maske entfernen
 - ◆ `sigfillset()`: Alle Signale in Maske aufnehmen
 - ◆ `sigismember()`: Abfrage, ob Signal in Maske enthalten ist

28.3.3 sigaction Flags (sa_flags)

- Durch Flags läßt sich das Verhalten beim Signalempfang beeinflussen.
- Kann für jedes Signal gesondert gesetzt werden.
- **SA_NOCLDSTOP**: SIGCHLD wird nur erzeugt, wenn Kind terminiert, nicht wenn es gestoppt wird (POSIX, SVID, BSD)
- **SA_RESTART**: durch das Signal unterbrochene Systemaufrufe werden automatisch neu aufgesetzt (kein errno=EINTR) (nur SVID und BSD)
- **SA_SIGINFO**: Signalhandler bekommt zusätzliche Informationen übergeben (nur SVID)

```
void func(int signo, siginfo_t *info, void *context);
```
- **SA_NODEFER**: Signal wird während der Signalbehandlung nicht blockiert (nur SVID)

28.3.4 Beispiel

■ Beispiel:

```
#include <signal.h>
void my_handler(int sig) { ... }
...
struct sigaction action;
sigemptyset(&action.sa_mask);
action.sa_flags = 0;
action.sa_handler = my_handler;
sigaction(SIGUSR1, &action, NULL); /* return abfragen ! */
```

■ Signal schicken mit `kill -USR1 <pid>` oder mit

```
int kill(pid_t pid, int signo);
```

28.4 Ändern der prozessweiten Signal-Maske

```
int sigprocmask(int how, /* Verknüpfung der Masken */
               const sigset_t *set, /* neue Maske */
               sigset_t *oset /* Speicher für alte Maske */ );
```

- how:
 - ◆ **SIG_BLOCK**: Vereinigungsmenge zwischen übergebener und alter Maske
 - ◆ **SIG_SETMASK**: Setzen der Maske ohne Beachtung der alten Maske
 - ◆ **SIG_UNBLOCK**: Schnittmenge zwischen inverser übergebener Maske und alter Maske

- Beispiel

```
sigset_t set;
sigemptyset(&set);
sigaddset(&set, SIGUSR1);
sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, NULL);
```

28.5 Warten auf Signale

■ Prototyp

```
#include <signal.h>
int sigsuspend(const sigset_t *mask);
```

- `sigsuspend(mask)` wartet auf Signale, die in `mask` enthalten sind
- `mask` wird damit zur aktuellen Signal-Maske
- kehrt nach Bearbeitung des Signalhandlers zurück

28.6 Abfrage blockierter Signale

- `sigpending(set)` speichert alle Signale, die blockiert sind, aber empfangen wurden, in `set` ab

28.7 POSIX Signale

Das Defaultverhalten bei den meisten Signalen ist die Terminierung des Prozesses, bei einigen Signalen mit Anlegen eines Coredumps.

- SIGABRT (core): Abort Signal; entsteht z.B. durch Aufruf von `abort()`
- SIGALRM: Timer abgelaufen (`alarm()`, `setitimer()`)
- SIGFPE (core): Floating Point Exception; z.B. Division durch 0 oder Overflow
- SIGHUP: Terminalverbindung wird beendet (Hangup)
- SIGILL (core): Illegal Instruction; z.B. privilegierte Operation, privilegiertes Register
- SIGINT: Interrupt; (Shell: CTRL-C)
- SIGKILL (nicht abfangbar): beendet den Prozeß

28.7 POSIX Signale

- SIGPIPE: Schreiben auf Pipe oder Socket nachdem der lesende terminiert ist
- SIGQUIT (core): Quit; (Shell: CTRL-\\)
- SIGSEGV (core): Segmentation violation; inkorrekter Zugriff auf Segment, z.B. Schreiben auf Textsegment
- SIGTERM: Termination; Default-Signal für `kill(1)`
- SIGUSR1, SIGUSR2: Benutzerdefinierte Signale

28.8 Jobcontrol-Signale

Diese Signale existieren in einem POSIX-konformen System nur, wenn das System Jobkontrolle unterstützt (`_POSIX_JOB_CONTROL` ist definiert).

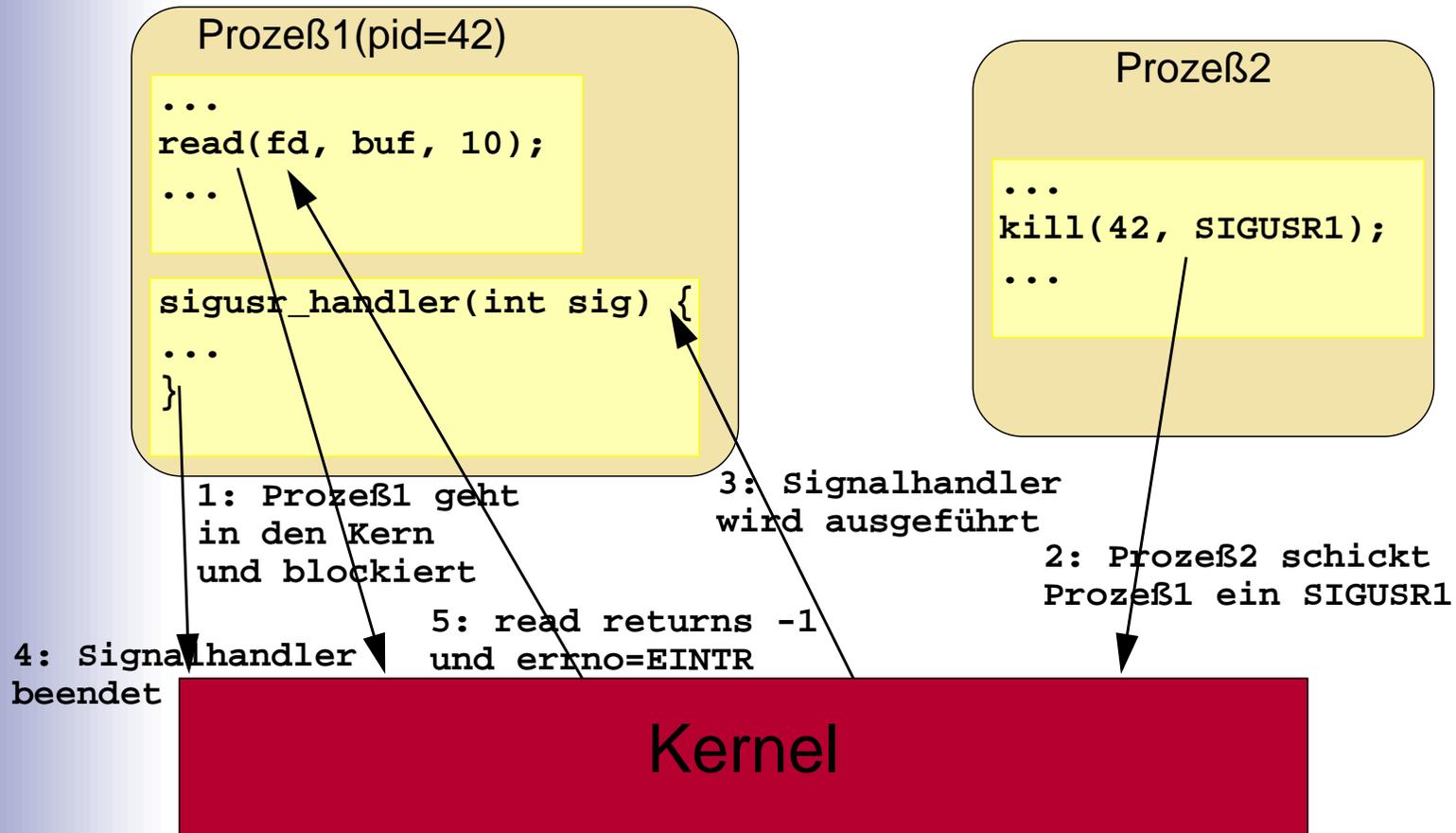
- SIGCHLD (Defaultaktion ist Ignorieren): Status eines Kindprozesses hat sich geändert
- SIGCONT: setzt den gestoppten Prozeß fort
- SIGSTOP (nicht abfangbar): stoppt den Prozeß
- SIGTSTP: stoppt den Prozeß (Shell: CTRL-Z)
- SIGTTIN, SIGTTOU: Hintergrundprozeß wollte vom Terminal lesen bzw. darauf schreiben

28.9 Jobcontrol und wait

- `wait(int *stat)` kehrt auch zurück, wenn Kind gestoppt wird
- erkennbar an Wert von `*stat`
- Auswertung mit Macros
 - ◆ `WIFEXITED(*stat)`: Kind normal terminiert
 - ◆ `WIFSIGNALED(*stat)`: Kind durch Signal terminiert
 - ◆ `WIFSTOPPED(*stat)`: Kind gestoppt
 - ◆ `WIFCONTINUED(*stat)`: gestopptes Kind fortgesetzt

28.10 Unterbrechen von Systemcalls

- Signale können die Ausführung von Systemaufrufen unterbrechen

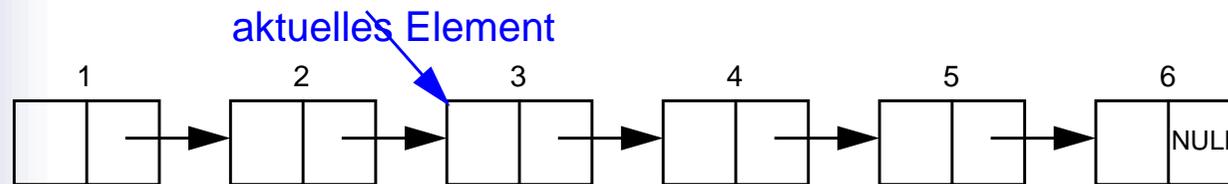


28.10 Unterbrechen von Systemcalls

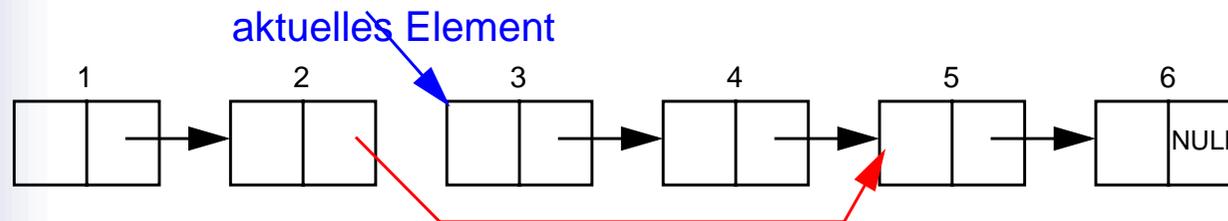
- dies betrifft nur "langsame Systemcalls" (welche sich über einen längeren Zeitraum blockieren können, z.B. `wait()`, `waitpid()` oder `read()` von einem Socket oder einer Pipe)
- der Systemcall setzt dann `errno` auf `EINTR`
- in einigen UNIXen (z.B. 4.2BSD) werden unterbrochene Systemcalls automatisch neu aufgesetzt
- bei einigen UNIXen (SVR4, 4.3BSD), kann man für jedes Signal einstellen (`SA_RESTART`), ob ein Systemcall automatisch neu aufgesetzt werden soll
- POSIX.1 läßt dies unspezifiziert

28.11 Signale und Race Conditions

- Signale erzeugen Nebenläufigkeit innerhalb des Prozesses
- diese Nebenläufigkeit kann zu Race-Conditions führen
- Beispiel:
 - ◆ main-Funktion läuft durch eine verkettete Liste



- ◆ Prozeß erhält Signal; Signalhandler entfernt Elemente 3 und 4 aus der Liste und gibt den Speicher dieser Elemente frei



28.11 Signale und Race Conditions

- Lösung: Signal während Ausführung des kritischen Abschnitts blockieren!
- weiteres Problem:
 - ◆ Aufruf von Bibliotheksfunktionen, z.B. `getpwuid()`, wird durch Signal unterbrochen und nach Ausführung des Signalhandlers fortgesetzt
 - ◆ Signalhandler ruft auch `getpwuid()` auf -> Race Condition!
- Lösung:
 - ◆ in Signalhandlern nur Funktionen aufrufen, die in POSIX.1 als reentrant gekennzeichnet sind (`getpwuid` und `malloc/free` sind z.B. nicht reentrant, `wait` und `waitpid` sind reentrant)
 - Achtung: wenn in einem Signalhandler Funktionen verwendet werden, die `errno` verändern, muß der Wert von `errno` vorher gesichert und vor Beendigung des Signalhandlers wieder zurückgesetzt werden
 - ◆ oder Signal während Ausführung der Funktion blockieren

28.12 signal()-Funktion

- ANSI-C definiert die signal()-Funktion zum Installieren von Signalhandlern
 - ◆ Problem: sehr ungenaue Spezifikation, da Prozeßkonzept in ANSI-C nicht definiert

- BSD- und SystemV-Unixe enthalten die signal-Funktion
 - ◆ Problem: Prozeßkonzept jetzt definiert, aber signal-Semantik ist von Unix Version 7 abgeleitet und unzuverlässig (*unreliable signals*) (Signalhandler bleibt nicht installiert, Signale können nicht blockiert werden)

- **signal() ist deshalb in POSIX.1 nicht enthalten und sollte auch nicht mehr benutzt werden**