

U2 2. Übung

- Besprechung der 1. Aufgabe: snail
- Sockets: Server
- UNIX-Signale: Funktionsweise und Behandlung
- UNIX-API zur Signalbehandlung
- Aufgabe 2: sister

1 Verbindungsannahme durch den Server

- Ausgangssituation: Socket wurde bereits erstellt und an einen Namen gebunden
 - ◆ ***listen(2)*** stellt ein, wie viele ankommende Verbindungswünsche gepuffert werden können (d. h. auf ein *accept* wartend)
 - Maximal möglich: **SOMAXCONN**
 - ◆ ***accept(2)*** nimmt Verbindung an:
 - *accept* blockiert solange, bis ein Verbindungswunsch ankommt
 - es wird ein neuer Socket erzeugt und an remote Adresse + Port (Parameter **from**) gebunden
lokale Adresse + Port bleiben unverändert
 - dieser Socket wird für die Kommunikation benutzt
 - der ursprüngliche Socket kann für die Annahme weiterer Verbindungen genutzt werden

1 Verbindungsannahme durch den Server - Beispiel

- Beispiel: Server, der alle Eingaben wieder zurückschickt (ohne Fehlerbehandlungen)

```
int fd;
fd = socket(PF_INET6, SOCK_STREAM, 0);

struct sockaddr_in6 name;
memset(&name, 0, sizeof(name));
name.sin6_family = AF_INET6;
name.sin6_port = htons(1112);
name.sin6_addr = in6addr_any;

bind(fd, (struct sockaddr *) &name, sizeof(name));

listen(fd, SOMAXCONN);

int in_fd;
while ( (in_fd = accept(fd, NULL, NULL)) != -1 ) {
    char buf[1024];
    int n;
    while ( (n = read(in_fd, buf, sizeof(buf))) > 0 ) {
        write(in_fd, buf, n);
    }
    close(in_fd);
}

close(fd);
```

2 Abarbeiten von Anfragen

■ Auszug aus dem Echo-Server

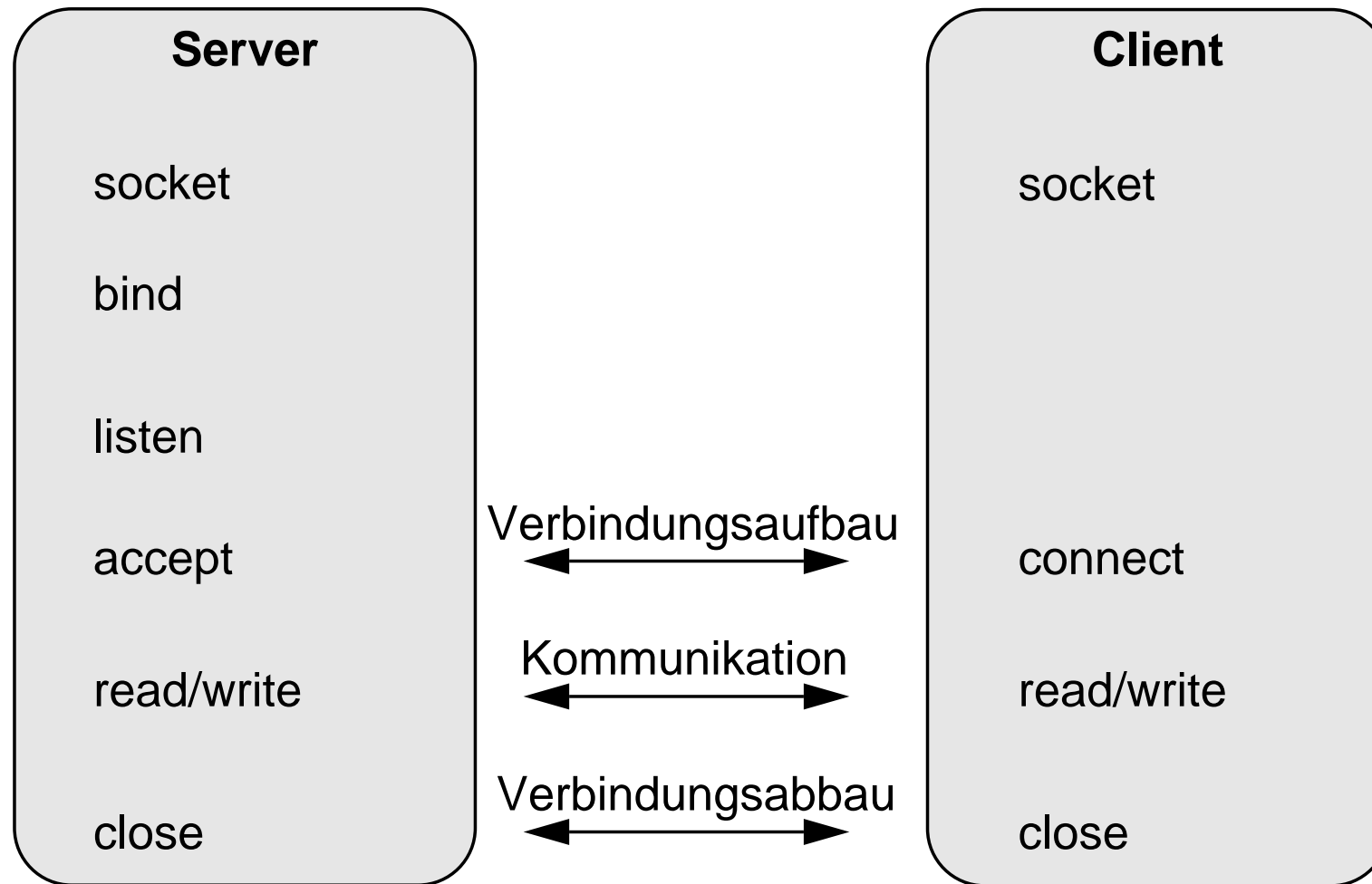
```
while ( (in_fd = accept(fd, NULL, NULL)) != -1 ) {  
    char buf[1024];  
    int n;  
    while ( (n = read(in_fd, buf, sizeof(buf))) > 0 ) {  
        write(in_fd, buf, n);  
    }  
    close(in_fd);  
}
```

- ◆ Neue eingehende Verbindung kann erst nach vollständiger Abarbeitung der vorherigen Anfrage angenommen werden.
- ◆ Monopolisierung des Dienstes möglich (*Denial of Service*)!

■ Lösung: Abarbeitung der Anfrage in eigenen Aktivitätsträger auslagern

- ◆ Ansatz 1: Mehrere Prozesse
 - Anfrage wird durch Kindprozess bearbeitet
- ◆ Ansatz 2: Mehrere Threads
 - Anfrage wird durch einen Thread im gleichen Prozess bearbeitet

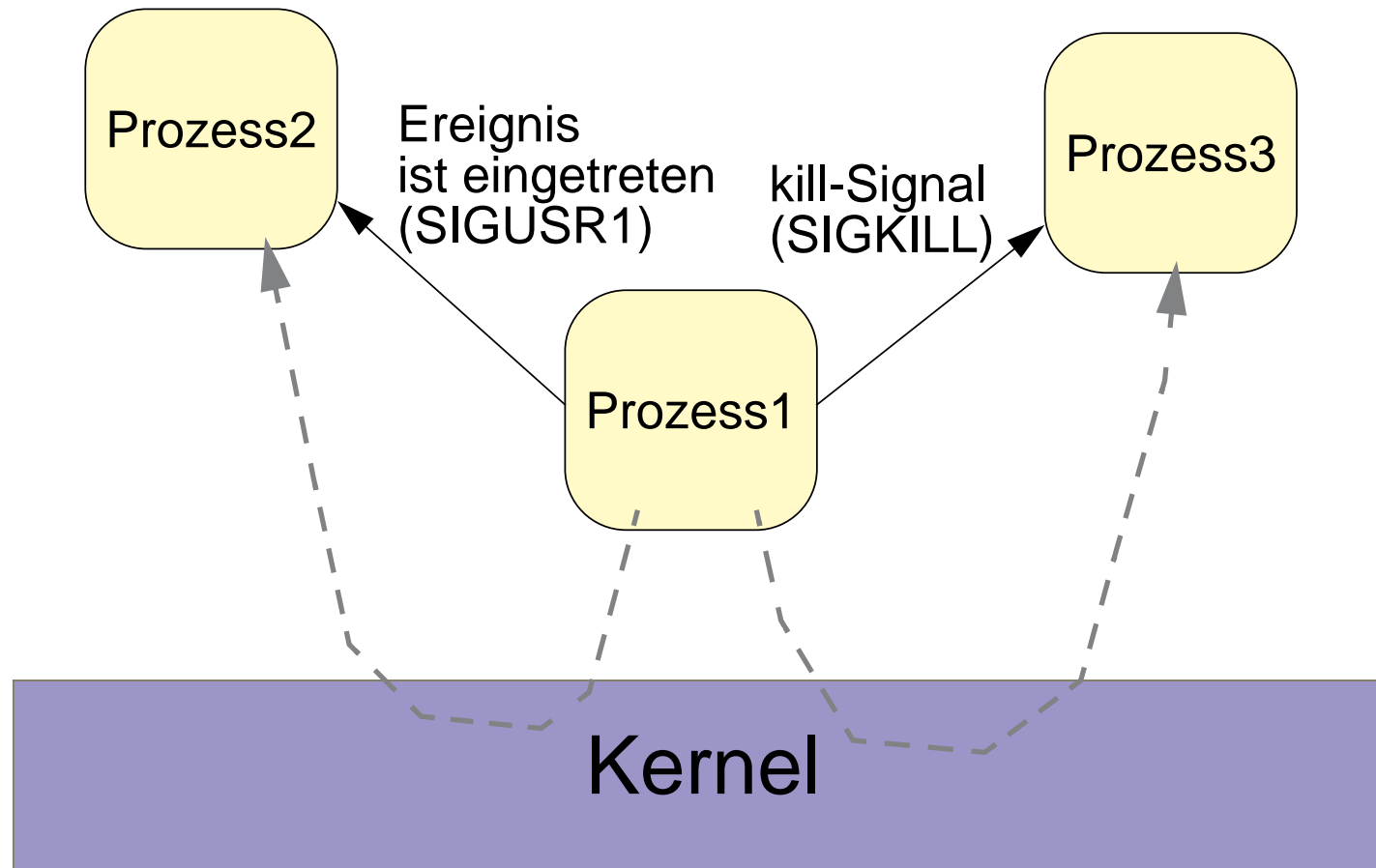
3 TCP-Sockets: Zusammenfassung



- Statt der Systemaufrufe `read(2)/write(2)` können auch Bibliotheksfunktionen wie zum Beispiel `fgets(3)`, `fputs(3)` oder `fprintf(3)` verwendet werden.

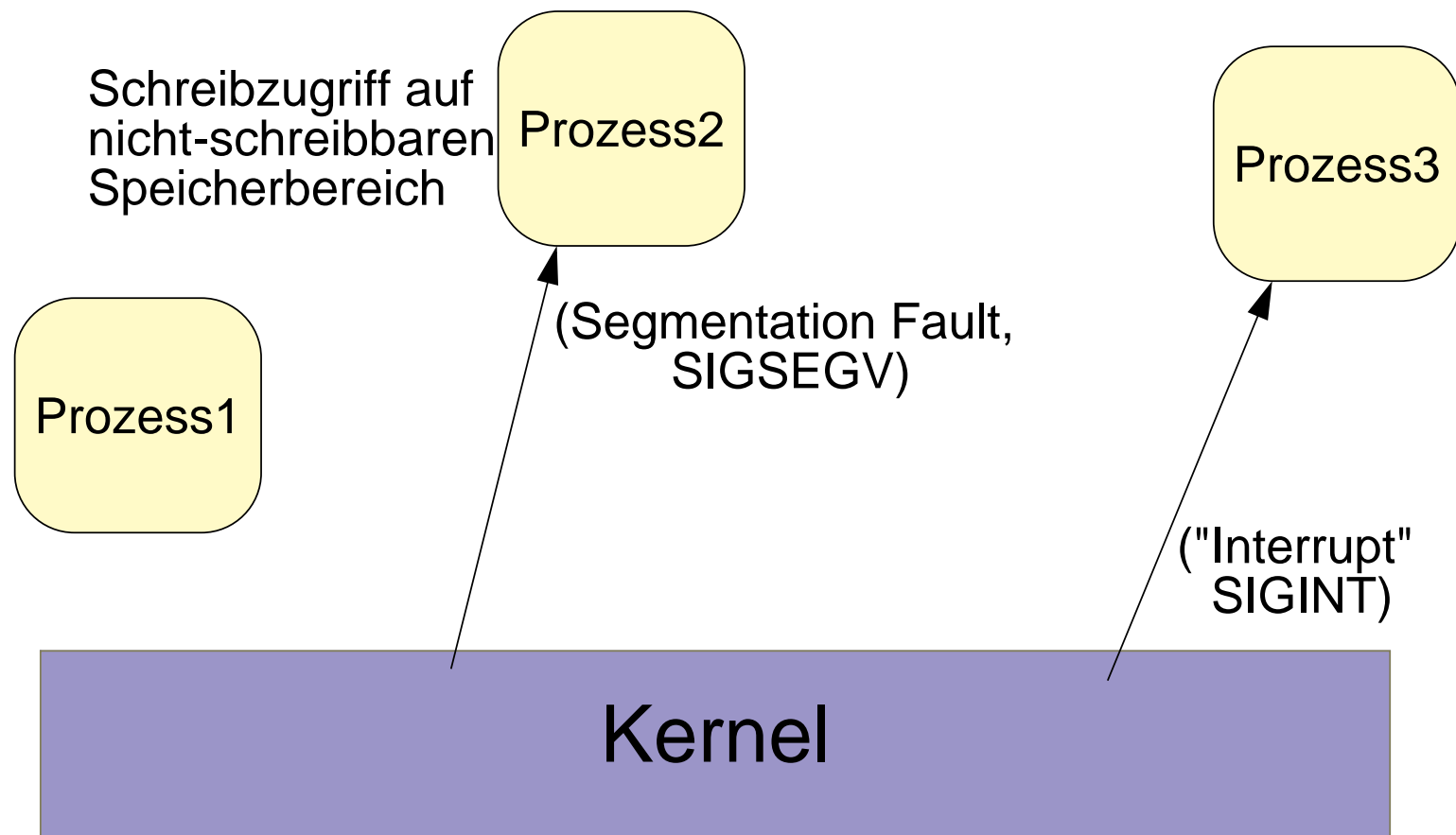
U2-1 Signale

1 "Kommunikation" zwischen Prozessen



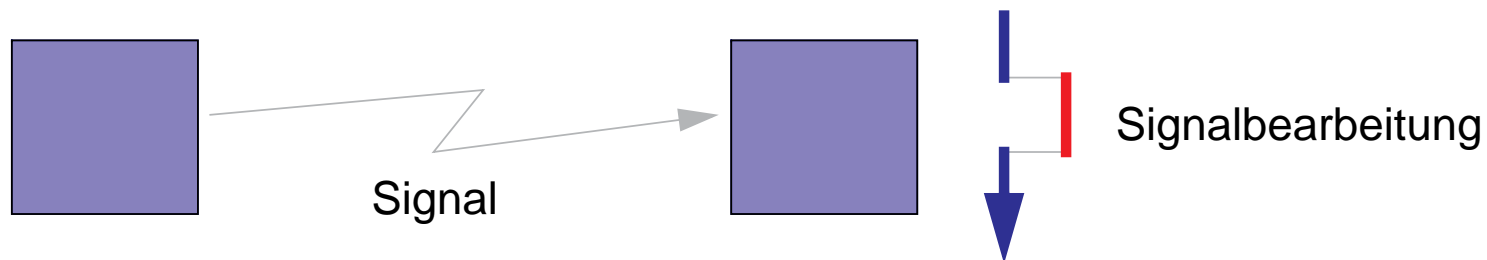
2 Signalisierung des Systemkerns

- synchrone Signale: unmittelbar durch Aktivität des Prozesses ausgelöst
- asynchrone Signale: "von außen" ausgelöst



3 Reaktion auf Signale

- abort
 - ◆ erzeugt Core-Dump (Segmente + Registerkontext) und beendet Prozess
- exit (Standardreaktion für die meisten Signale)
 - ◆ beendet Prozess, ohne einen Core-Dump zu erzeugen
- ignore
 - ◆ ignoriert Signal
- Signal-Behandlungsfunktion
 - ◆ Aufruf der Signalbehandlungsfunktion, danach Fortsetzung des Prozesses



4 UNIX-Signale

- SIGABRT (abort): Abort-Signal; entsteht z.B. durch Aufruf von **abort ()**
- SIGFPE (abort): Floating-Point Exception (Division durch 0, Überlauf, ...)
- SIGINT: "Interrupt"; (Shell: CTRL-C)
- SIGKILL: beendet den Prozess (nicht abfangbar)
- SIGPIPE: Schreiben auf Pipe oder Socket nachdem die Gegenseite geschlossen wurde
- SIGSEGV (abort): Segmentation Violation; illegaler Speicherzugriff
- SIGCHLD (ignore): Status eines Kindprozesses hat sich geändert
- SIGTERM (exit): Standardsignal von **kill (1)**

U2-2 UNIX-API zur Signalbehandlung

- ANSI-C definiert die **signal(2)**-Funktion zum Einrichten von Signalbehandlungen
 - ◆ Problem: ungenaue Spezifikation
 - ◆ **signal sollte in neuen Programmen nicht mehr benutzt werden**
- Wir verwenden folgende Funktionen der Systemschnittstelle
 - ◆ **sigaction**
 - ◆ **kill**
 - ◆ und weitere (siehe nächste Übung)

1 Signalbehandlung installieren

■ Prototyp

```
#include <signal.h>

int sigaction(int sig,                // Signalnummer
              const struct sigaction *act, // neue Behandlung
              struct sigaction *oact    // vorherige Behandlung
);
```

- Behandlung bleibt solange aktiv, bis eine neue mit **sigaction** installiert wird

■ sigaction-Struktur

```
struct sigaction {
    void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion
    sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale
    int sa_flags;            // Optionen
};
```

1 Signalbehandlung installieren: `sa_handler`

■ `sigaction`-Struktur

```
struct sigaction {  
    void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion  
    sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale  
    int sa_flags;            // Optionen  
};
```

■ Die Signalbehandlung kann über `sa_handler` eingestellt werden:

- **`SIG_IGN`** Signal ignorieren
- **`SIG_DFL`** Default-Signalbehandlung einstellen
- *Funktionsadresse* Funktion wird in der Signalbehandlung aufgerufen

1 Signalbehandlung installieren: `sa_mask`

■ `sigaction`-Struktur

```
struct sigaction {  
    void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion  
    sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale  
    int sa_flags;            // Optionen  
};
```

- Während einer Signalbehandlung ist das auslösende Signal automatisch blockiert
 - ◆ es wird pro Signalnummer maximal ein Ereignis zwischengespeichert
 - ◆ mit `sa_mask` kann man *weitere* Signale blockieren
- Anmerkung: Blockieren von Signalen nicht gleich Ignorieren von Signalen!
 - ◆ ignorierte Signale werden *verworfen*, blockierte nur *verzögert*

1 Signalbehandlung installieren: `sa_mask`

■ `sigaction`-Struktur

```
struct sigaction {  
    void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion  
    sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale  
    int sa_flags;            // Optionen  
};
```

■ Auslesen und Modifikation einer 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

1 Signalbehandlung installieren: `sa_flags`

■ `sigaction`-Struktur

```
struct sigaction {  
    void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion  
    sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale  
    int sa_flags;            // Optionen  
};
```

■ Beeinflussung des Verhaltens bei Signalempfang durch `sa_flags`

◆ `SA_NOCLDSTOP`

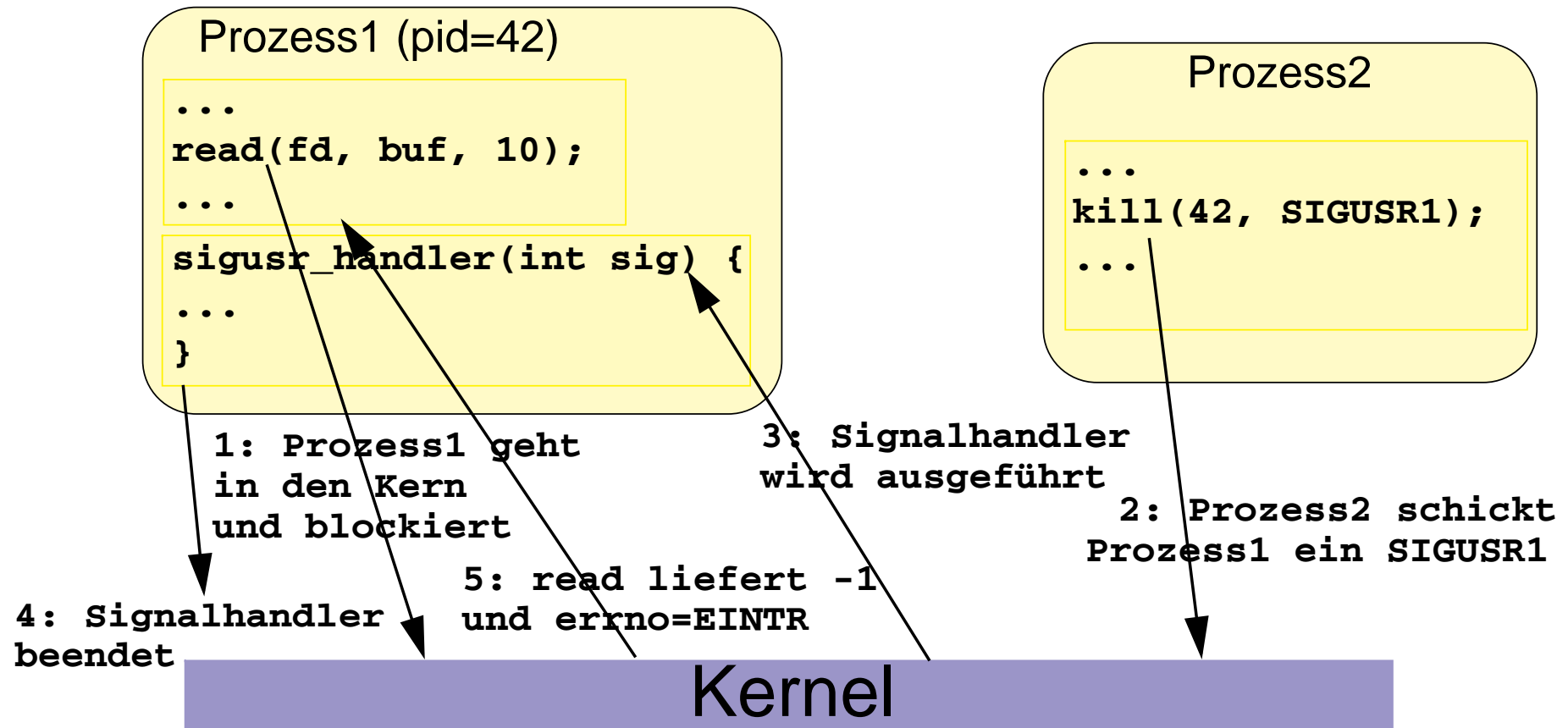
- `SIGCHLD` wird nur zugestellt, wenn ein Kindprozess terminiert, nicht wenn er gestoppt wird

◆ `SA_RESTART`

- durch das Signal unterbrochene Systemaufrufe werden automatisch neu aufgesetzt (siehe Folie 16)

■ weitere Flags siehe `sigaction(2)`

2 Unterbrechung blockierender Systemaufrufe



- Signale können blockierende Systemaufrufe (z. B. `accept`) unterbrechen
- ◆ Systemaufrufe setzen `errno` auf `EINTR` und kehren mit Fehler zurück
- ◆ Dieses Verhalten kann mit `SA_RESTART` verhindert werden

3 Signalhandler installieren: Beispiel

```
#include <signal.h>

void handler(int sig) { ... }

int main() {
    struct sigaction action;
    sigemptyset(&action.sa_mask);
    action.sa_flags = SA_RESTART;
    action.sa_handler = handler;
    sigaction(SIGPIPE, &action, NULL);
}
```

4 Signal zustellen

■ Systemaufruf `kill(2)`

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

■ Kommando `kill(1)` aus der Shell (z. B. `kill -USR1 <pid>`)

U2-3 Zombies einsammeln mit Hilfe von Signalen

- Stirbt ein Kindprozess, so erhält der Vater das Signal SIGCHLD vom Kernel
 - ◆ damit ist sofortiges Aufsammeln von Zombieprozessen möglich

- Variante 1: Aufruf von `waitpid(2)` im Signalhandler

```
void ghostbuster(int sig) {  
    int status;  
    int retVal;  
    ...  
    retVal = waitpid(-1, &status, WNOHANG);  
    ...  
}
```

- Variante 2: Signalhandler für SIGCHLD auf `SIG_DFL` setzen und in den `sa_flags` den Wert `SA_NOCLDWAIT` setzen
- Variante 3: Signalhandler für SIGCHLD auf `SIG_IGN` setzen

U2-4 Aufgabe 2: sister

- Einfacher HTTP-Webserver zum Ausliefern statischer HTML-Seiten innerhalb eines Verzeichnisbaums (*WWW-Pfad*)
- Abarbeitung der Anfragen erfolgt in eigenem Prozess (`fork(2)`)
- Modularer Aufbau (vgl. SP1#WS11 A/I 7)
 - ◆ Wiederverwendung einzelner Module in der Aufgabe 5: mother

1 Exkurs: Modulare Softwareentwicklung in C

- Wiederholung: Ein Modul besteht aus ...
 - öffentlicher Schnittstelle (Header-Datei)
 - konkreter Implementierung dieser Schnittstelle (C-Datei)
- Durch diese Trennung ist es möglich die Implementierung auszutauschen, ohne die Schnittstelle zu verändern
 - ◆ Module, die die öffentliche Schnittstelle verwenden, müssen nicht angepasst werden, wenn deren konkrete Implementierung geändert wird

2 Hauptmodul (sister.c)

- Implementiert die **main()**-Funktion
 - ◆ Initialisierung des Verbindungs- und **cmdline**-Moduls
 - ◆ Vorbereiten der Interprozesskommunikation
 - ◆ Annehmen von Verbindungen
 - ◆ Angenommene Verbindungen werden an das Verbindungsmodul übergeben

3 Verbindungsmodul (connection-fork.c)

- Implementiert die Schnittstelle aus der Header-Datei **connection.h**
 - ◆ Initialisierung des Anfragemoduls
 - ◆ Erstellt Kind-Prozess zur Abarbeitung der Anfrage
 - Anmerkung: Entstandene Zombie-Prozesse müssen beseitigt werden!
 - ◆ Weitergabe der Verbindung an das Anfragemodul

4 Anfragemodul (request-http.c)

- Implementiert die Schnittstelle aus der Header-Datei **request.h**
 - ◆ Einlesen und Auswerten der Anfrage(-zeile)
 - ◆ Suchen der angeforderten Datei im *WWW-Pfad*
 - Anmerkung: Anfragen auf Dateien jenseits des *WWW-Pfades* stellen ein Sicherheitsrisiko dar. Sie müssen erkannt und abgelehnt werden!
 - ◆ Ausliefern der Datei

5 Hilfsmodule (cmdline, i4htttools)

- **cmdline**: Schnittstelle zum Parsen der Befehlszeilenargumente
- **i4htttools**: Hilfsfunktionen zum Implementieren eines HTTP-Servers

6 Statische Bibliotheken: Kurzübersicht

■ Statische Bibliothek **libsister.a**:

- ◆ Archiv, in dem mehrere kompilierte Module (**.o**-Dateien) zusammengefasst sind
- ◆ Kann gemeinsam mit anderen Modulen zu einem ausführbaren Programm zusammengebunden werden
- ◆ Der Linker wählt aus einer Bibliothek nur diejenigen Module aus, die Funktionen bzw. globale Variablen enthalten, welche von anderen Modulen referenziert werden

■ Benötigte Linker-Flags:

- ◆ **-L.** nimmt das Verzeichnis **.** in die Liste der Suchpfade auf (standardmäßig immer enthalten: **/usr/local/lib**, **/usr/lib**)
- ◆ **-lsister** bindet die Bibliothek **libsister.a** ein, die in einem der Suchpfade liegen muss

■ Mehr Details zu statischen und dynamischen Bibliotheken in der Übung zu Aufgabe 4