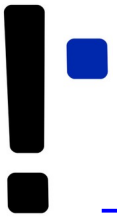




# Betriebssysteme 1

SS 2020

**Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Eßer**
Fachhochschule Südwestfalen

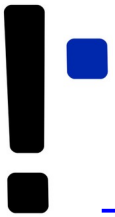
**Foliensatz C:**

- Threads

V2.0, 2020/04/23

# Motivation (1)

- Szenario: Bankzentrale + Geldautomaten
- Automaten sind mit Zentrale verbunden



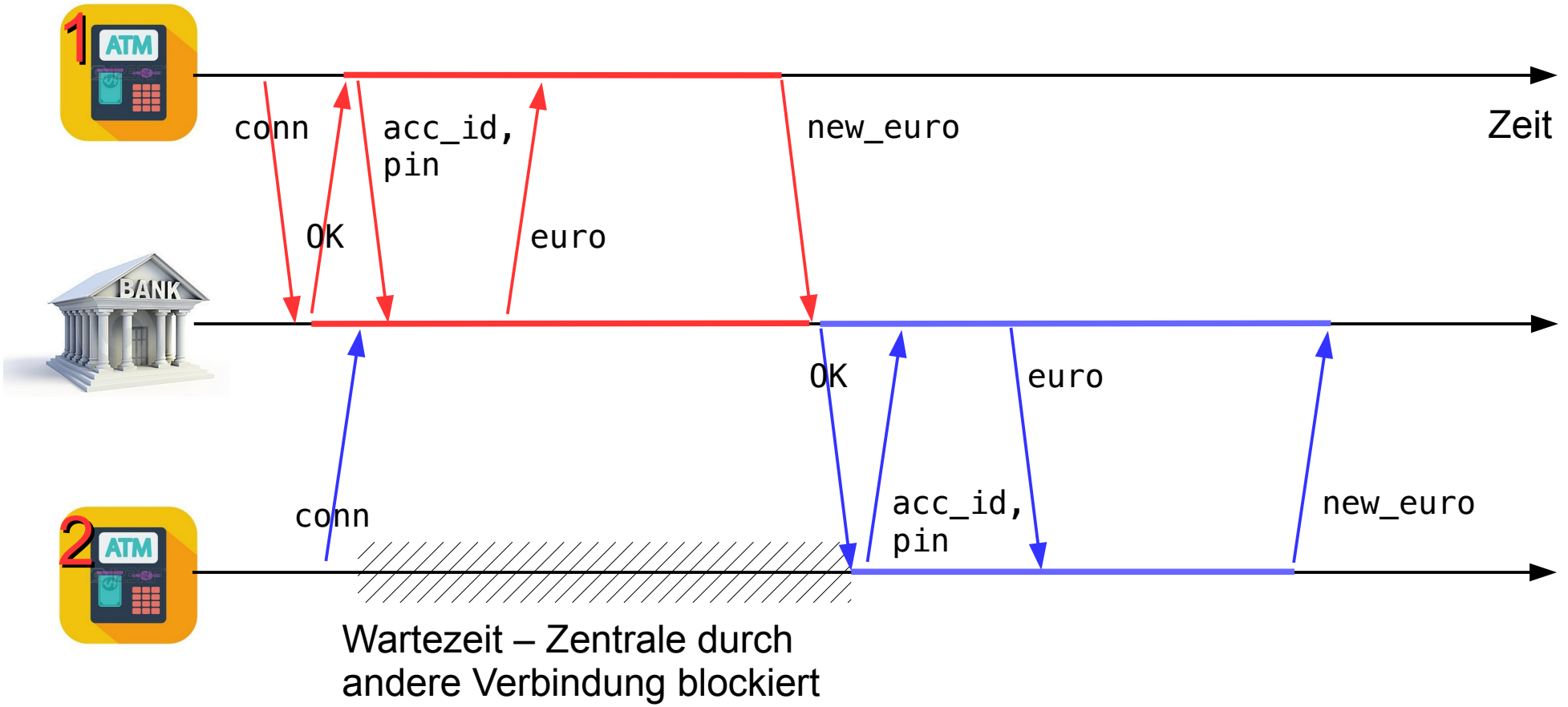
# Motivation (2)

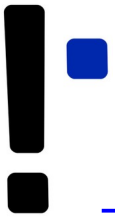
- Zentrale führt Server-Anwendung aus, vereinfacht:

```
init (accounts[]);                              // Konten-DB

do forever {
    conn = accept_atm_connection ();
    acc_no = recv (conn);
    pin    = recv (conn);
    if (!auth(acc_no,pin)) { terminate (conn); continue; }

    euro = accounts[acc_no].euro;               // Abfrage
    send (conn, euro);
    recv (conn, new_euro);
    accounts[acc_no].euro = new_euro;           // Aktualisierung
    terminate (conn);
}
```

# Motivation (3)

- Verbindung eines Automaten blockiert Server



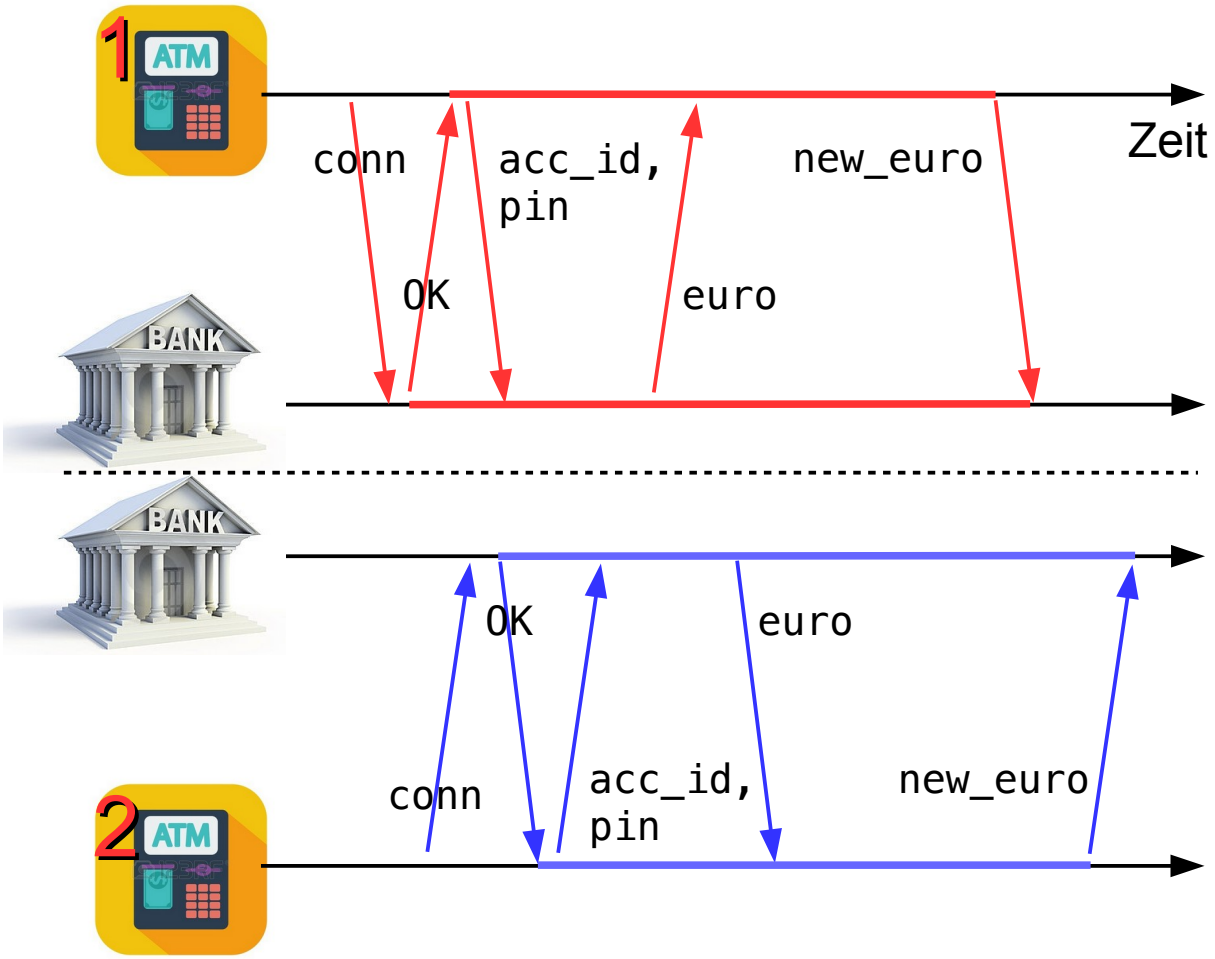


# Motivation (4)

- Wartezeiten verkürzen → parallele Verbindung mehrerer Automaten zulassen
- Erste Idee: mehrere Server-Prozesse, Anfrage an einen freien Server-Prozess weiter reichen

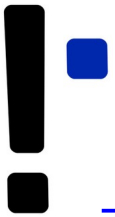
# Motivation (5)

- Mehrere Server-Prozesse

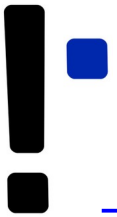



- Problem: Prozess-Daten (DB) doppelt

  → Abstimmung der Prozesse erforderlich



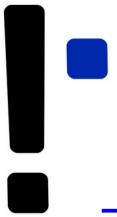
# Threads: Theorie



# Threads (1)

## Was ist ein Thread?

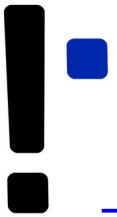
- Aktivitätsstrang in einem Prozess
- einer von mehreren
- Gemeinsamer Zugriff auf Daten des Prozess
- aber: Stack, Befehlszähler, Stack Pointer, Hardware-Register (Kontext) separat pro Thread
- Scheduler verwaltet auch Threads – oder nicht (→ Kernel- oder User-Level-Threads)



# Threads (2)

## Warum Threads?

- Multi-Prozessor- bzw. Multi-Core-System: Mehrere Threads echt gleichzeitig aktiv
- Ist ein Thread durch I/O blockiert, arbeiten die anderen weiter
- Besteht Programm logisch aus parallelen Abläufen, ist die Programmierung mit Threads einfacher

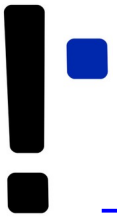


# Threads (3): Beispiele

**Zwei unterschiedliche Aktivitätsstränge: Komplexe Berechnung mit Benutzeranfragen**

Ohne Threads:

```
while (1) {
   rechne_ein_bisschen ();
   if benutzereingabe (x) {
     bearbeite_eingabe (x);
   }
}
```



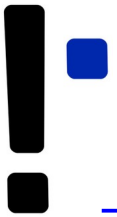
# Threads (4): Beispiele

## Komplexe Berechnung mit Benutzeranfragen

Mit Threads:

```
T1:

while (1) {
  rechne_alles ();
}
```

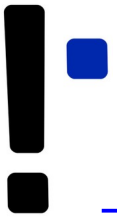
```
T2:

while(1) {
  if benutzereingabe (x) {
    bearbeite_eingabe (x);
  }
}
```



# Threads (5): Beispiele

**Server-Prozess, der viele Anfragen bearbeitet**

- Prozess öffnet Port
- Für jede eingehende Verbindung: Neuen Thread erzeugen, der diese Anfrage bearbeitet
- Nach Verbindungsabbruch Thread beenden
- Vorteil: Keine Prozess-Erzeugung (Betriebssystem!) nötig



# Threads (6): Beispiel MySQL

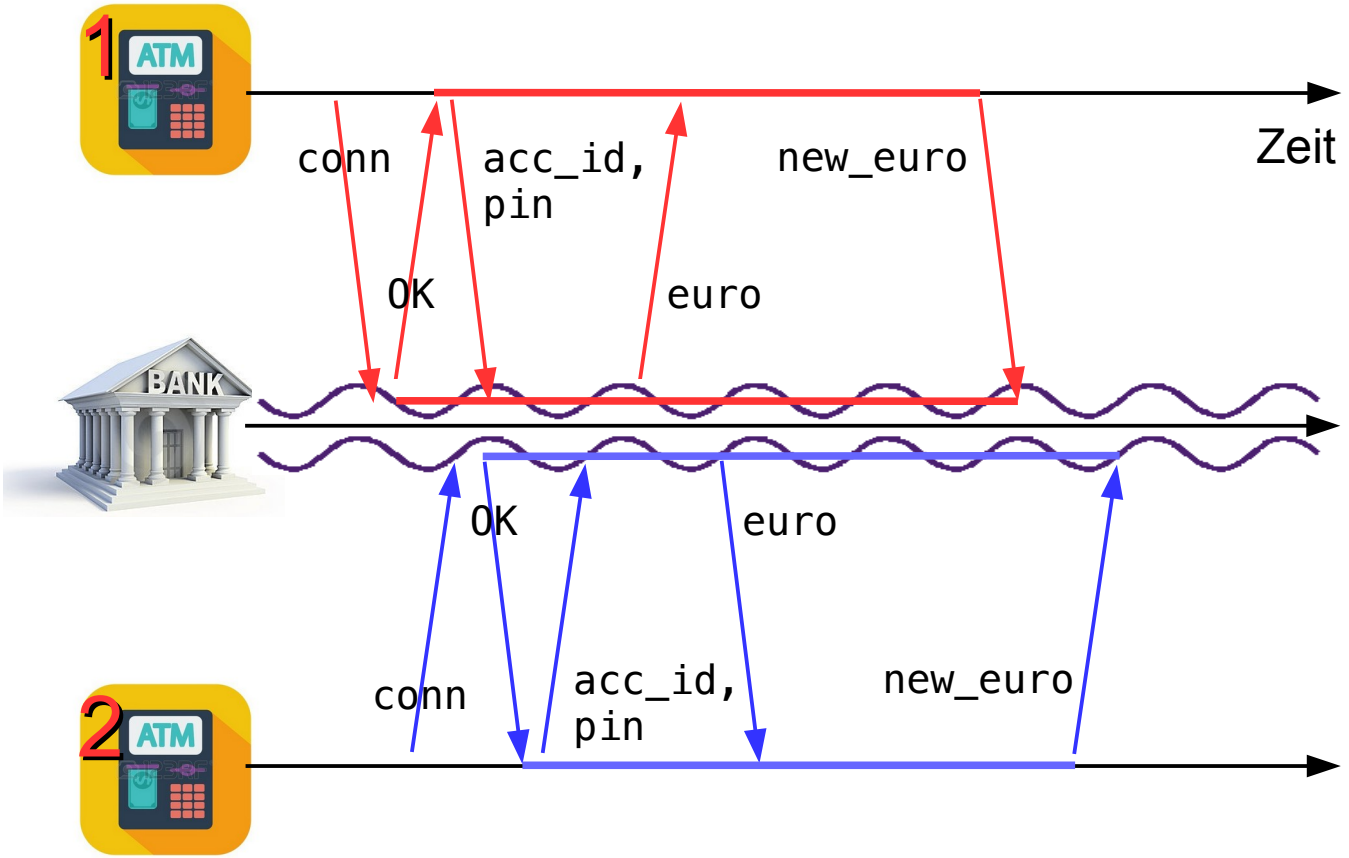
Ein Prozess, neun Threads:

```
[esser:~]$ ps -eLf | grep mysql
UID        PID  PPID   LWP  C NLWP STIME TTY          TIME CMD
-------------------------------------------------------------------------------
root     27833     1 27833  0    1 Jan04 ?        00:00:00 /bin/sh /usr/bin/mysqld_safe
mysql    27870 27833 27870  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr
mysql    27870 27833 27872  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr
mysql    27870 27833 27873  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr
mysql    27870 27833 27874  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr
mysql    27870 27833 27875  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr
mysql    27870 27833 27876  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr
mysql    27870 27833 27877  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr
mysql    27870 27833 27878  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr
mysql    27870 27833 27879  0    9 Jan04 ?        00:00:00 /usr/sbin/mysqld --basedir=/usr

[esser:~]$
```

PID: Process ID
PPID: Parent Process ID
LWP: Light Weight Process ID (Thread-ID)
NLWP: Number of Light Weight Processes

# Threads (7): Geldautomaten

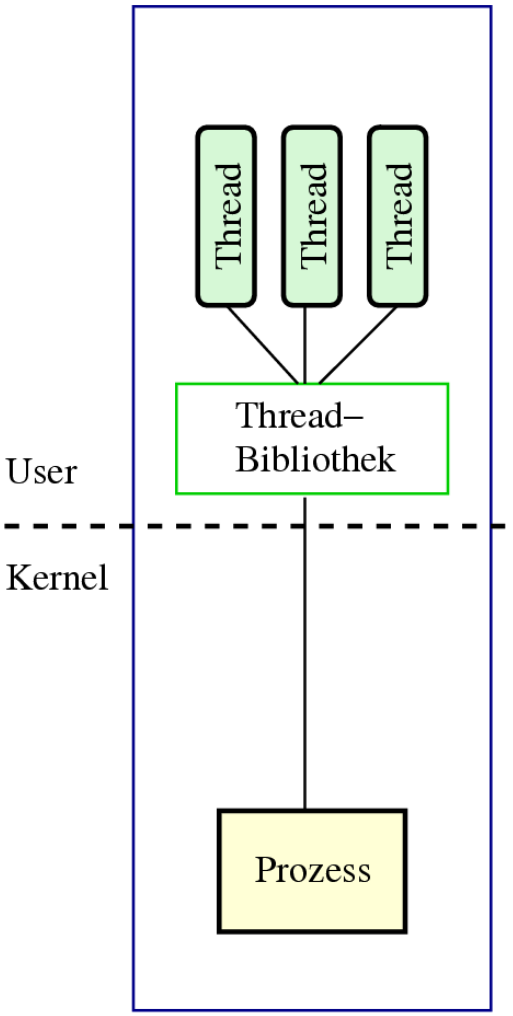
- Server-Prozess mit mehreren Threads (~)



# Threads (8): Geldautomaten

```
function main () {
    init (accounts[]);                    // Konten-DB
    do forever {
        conn = accept_atm_connection ();
        create_thread (handler, conn);
    }
}

function handler (int conn) {
    acc_no = recv (conn);
    pin    = recv (conn);
    if (!auth(acc_no,pin)) { terminate (conn); return; }

    euro = accounts[acc_no].euro;         // Abfrage
    send (conn, euro);
    recv (conn, new_euro);
    accounts[acc_no].euro = new_euro;     // Aktualisierung
    terminate (conn);
}
```

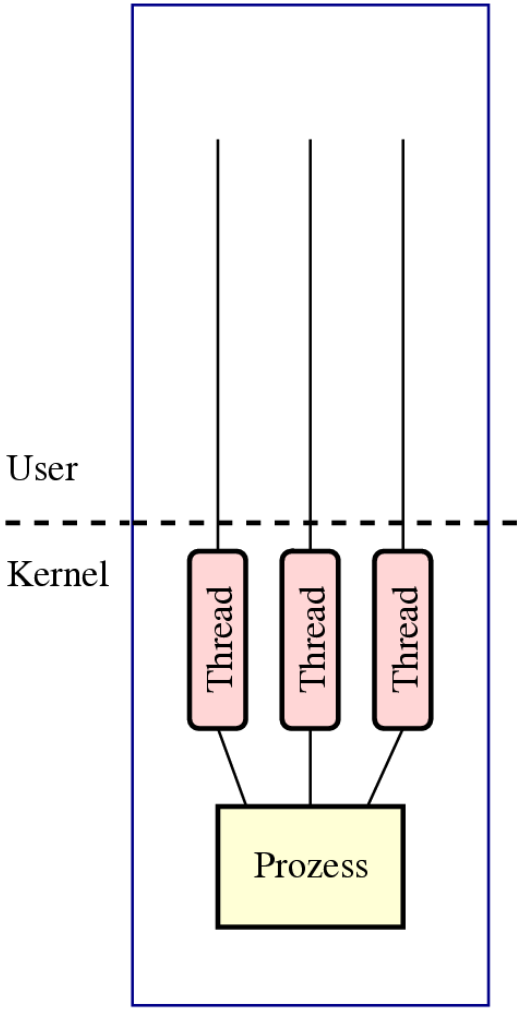
# User Level Threads




User Level Threads

- BS kennt kein Thread-Konzept, verwaltet nur Prozesse
- Programm bindet Thread-Bibliothek ein, zuständig für:
  - Erzeugen, Zerstören
  - Scheduling
- Wenn ein Thread wegen I/O wartet, dann der ganze Prozess
- Ansonsten sehr effizient

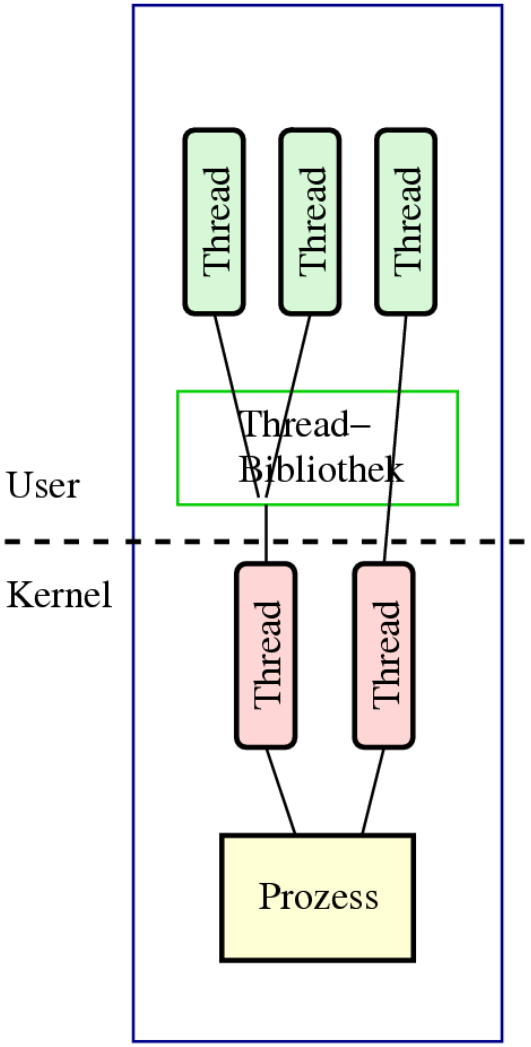
# Kernel Level Threads




Kernel Level Threads

- BS kennt Threads
- BS verwaltet die Threads:
  - Erzeugen, Zerstören
  - Scheduling
- I/O eines Threads blockiert nicht die übrigen
- Aufwendig: Context Switch zwischen Threads ähnlich komplex wie bei Prozessen

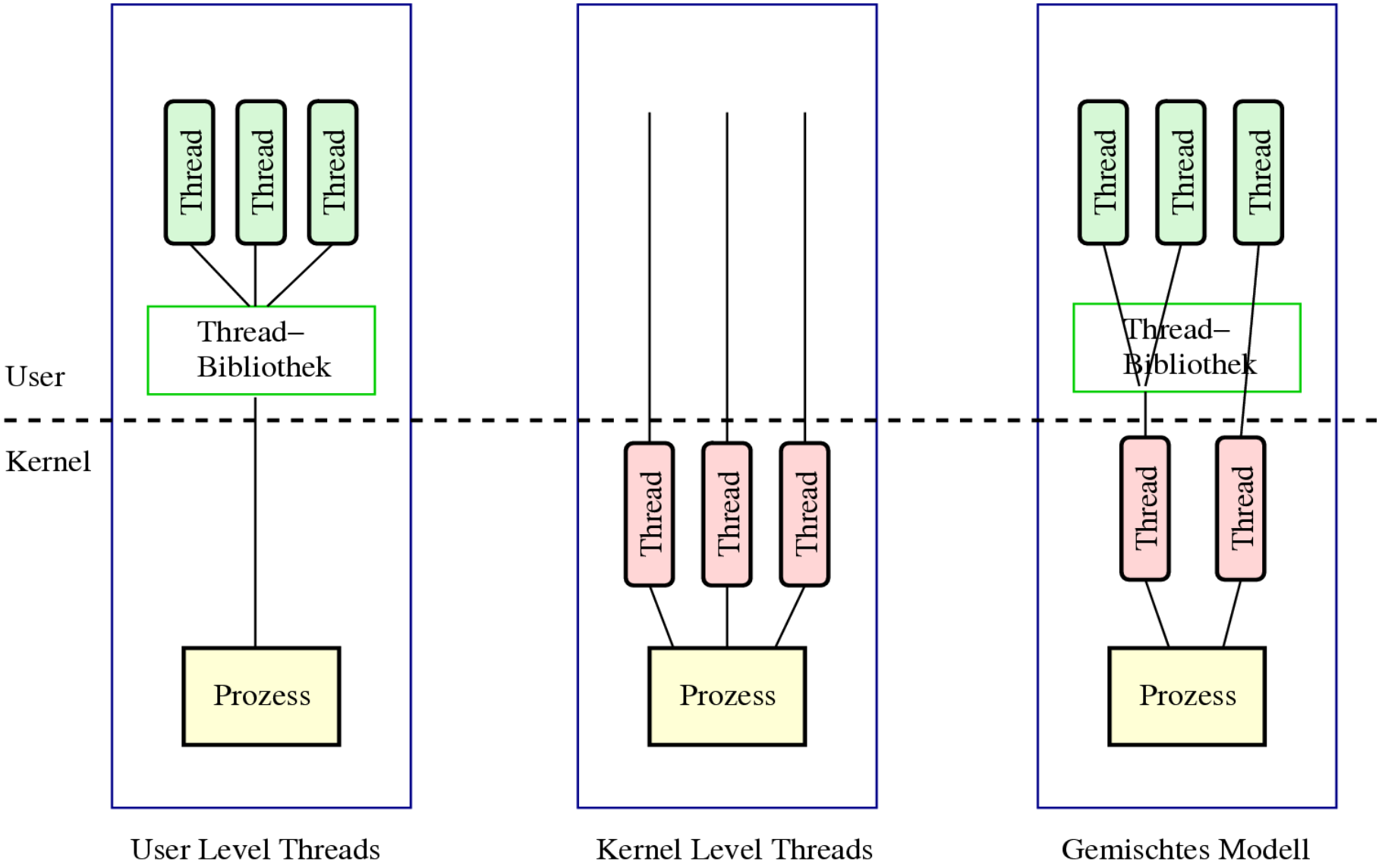
# Gemischte Threads




Gemischtes Modell

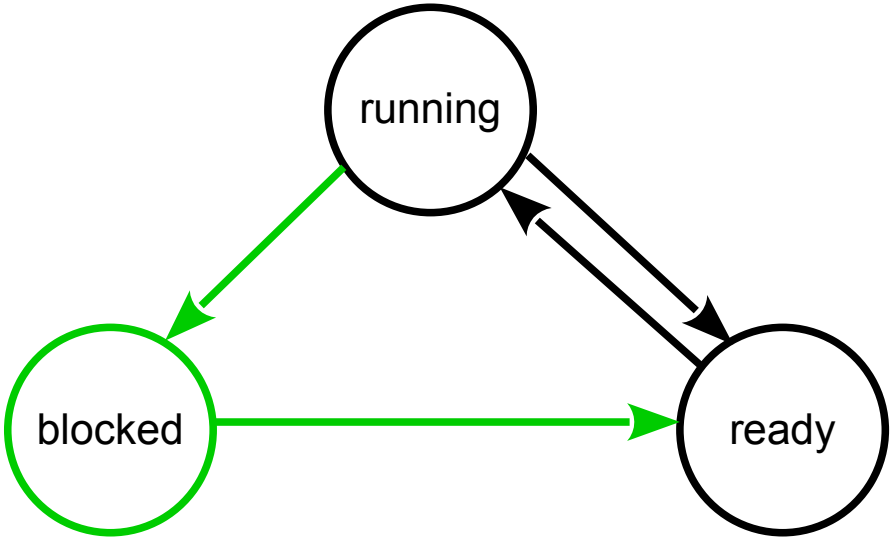
- Beide Ansätze kombinieren
- KL-Threads + UL-Threads
- Thread-Bibliothek verteilt UL-Threads auf die KL-Threads
- z.B. I/O-Anteile auf einem KL-Thread
- Vorteile beider Welten:
  - I/O blockiert nur einen KL-Thread
  - Wechsel zwischen UL-Threads ist effizient
- SMP: Mehrere CPUs benutzen

# Thread-Typen, Übersicht

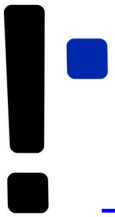


# Thread-Zustände

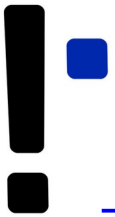
- Prozess-Zustände suspended, swapped etc.
  nicht auf Threads übertragbar
  (warum nicht?)
- Darum (i. W.) nur drei Thread-Zustände




(Zustand *blocked*
nur bei Kernel-Level-
Threads!)



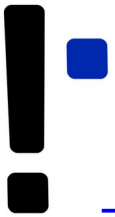
# Prozesse und Threads (Praxis, Entwicklersicht)



# Prozesse und Threads erzeugen (1/11)

## Neuer Prozess: `fork()`

```
main() {
  int pid = fork();   /* Sohnprozess erzeugen */
  if (pid == 0) {
    printf("Ich bin der Sohn, meine PID ist %d.\n", getpid() );
  }
  else {
    printf("Ich bin der Vater, mein Sohn hat die PID %d.\n", pid);
  }
}
```



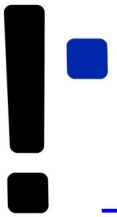
# Prozesse und Threads erzeugen (2/11)

## Anderes Programm starten: `fork + exec`

```
main() {
  int pid=fork();   /* Sohnprozess erzeugen */
  if (pid == 0) {
       /* Sohn startet externes Programm */
       execl( "/usr/bin/gedit", "/etc/fstab", (char *) 0 );
     }
  else {
       printf("Es sollte jetzt ein Editor starten...\n");
     }
}
```

## Andere Betriebssysteme oft nur: „spawn“

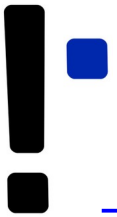
```
main() {
  WinExec("notepad.exe", SW_NORMAL);   /* Sohn erzeugen */
}
```



# Prozesse und Threads erzeugen (3/11)

## Warten auf Sohn-Prozess: `wait ()`

```
#include <unistd.h>          /* sleep()                                  */

main()
{
  int pid=fork();            /* Sohnprozess erzeugen                     */
  if (pid == 0)
     {
       sleep(2);             /* 2 sek. schlafen legen                    */
       printf("Ich bin der Sohn, meine PID ist  %d\n", getpid() );
     }
  else
     {
       printf("Ich bin der Vater, mein Sohn hat die PID  %d\n", pid);
       wait();               /* auf Sohn warten */
     }
}
```

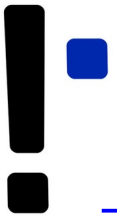


# Prozesse und Threads erzeugen (4/11)

Wirklich mehrere Prozesse:

Nach `fork ()` zwei Prozesse in der Prozessliste

```
> pstree | grep simple
    ... -bash---simplefork---simplefork

> ps w | grep simple
25684 pts/16 S+         0:00 ./simplefork
25685 pts/16 S+         0:00 ./simplefork
```

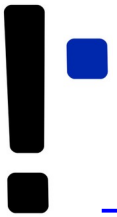


# Prozesse und Threads erzeugen (5/11)

Linux: `pthread`-Bibliothek (POSIX Threads)

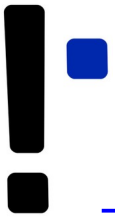
| | Thread | Prozess |
|---|---|---|
| Erzeugen | `pthread_create()` | `fork()` |
| Auf Ende warten | `pthread_join()` | `wait()` |

- Bibliothek einbinden:
  `#include <pthread.h>`
- Kompilieren:
  `gcc -lpthread -o prog prog.c`



# Prozesse und Threads erzeugen (6/11)

- Neuer Thread:
  `pthread_create()` erhält als Argument eine Funktion, die im neuen Thread läuft.
- Auf Thread-Ende warten:
  `pthread_join()` wartet auf einen *bestimmten* Thread.



# Prozesse und Threads erzeugen (7/11)

1. Thread-Funktion definieren:

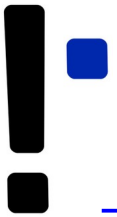
```
void *thread_funktion(void *arg) {
   ...
   return ...;
}
```

2. Thread erzeugen:

```
pthread_t thread;

if ( pthread_create( &thread, NULL,
      thread_funktion, NULL) ) {
    printf("Fehler bei Thread-Erzeugung.\n");
    abort();
}
```

# Prozesse und Threads erzeugen (8/11)

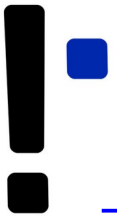
```
#include <pthread.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

void *thread_function1(void *arg) {
 int i;
 for ( i=0; i<10; i++ ) {
  printf("Thread 1 sagt Hi!\n");
  sleep(1);
  }
  return NULL;
}

void *thread_function2(void *arg) {
 int i;
 for ( i=0; i<10; i++ ) {
  printf("Thread 2 sagt Hallo!\n");
  sleep(1);
 }
 return NULL;
}

int main(void) {

 pthread_t mythread1;
 pthread_t mythread2;

 if ( pthread_create( &mythread1, NULL,
    thread_function1, NULL) ) {
  printf("Fehler bei Thread-Erzeugung.");
  abort();
 }
 sleep(5);

 if ( pthread_create( &mythread2, NULL,
    thread_function2, NULL) ) {
  printf("Fehler bei Thread-Erzeugung .");
  abort();
 }

 sleep(5);

 printf("bin noch hier...\n");

 if ( pthread_join ( mythread1, NULL ) ) {
  printf("Fehler beim Join.");
  abort();
 }

 printf("Thread 1 ist weg\n");

 if ( pthread_join ( mythread2, NULL ) ) {
  printf("Fehler beim Join.");
  abort();
 }

 printf("Thread 2 ist weg\n");

 exit(0);

}
```



# Prozesse und Threads erzeugen (9/11)

**Keine „Vater-“ oder „Kind-Threads“**

- POSIX-Threads kennen keine Verwandtschaft wie Prozesse (Vater- und Sohnprozess)
- Zum Warten auf einen Thread ist Thread-Variable nötig: `pthread_join (`*`thread`*`, ..)`

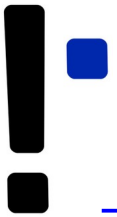


# Prozesse und Threads erzeugen (10/11)

Prozess mit mehreren Threads:

- Nur ein Eintrag in normaler Prozessliste
- Status: „l“, multi-threaded
- Über `ps -eLf` Thread-Informationen
  - NLWP: Number of light weight processes
  - LWP: Thread ID

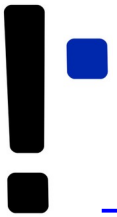
```
> ps auxw | grep thread
USER       PID %CPU %MEM    VSZ   RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
esser    12022  0.0  0.0  17976   436 pts/15   Sl+  22:58   0:00 ./thread

> ps -eLf | grep thread
UID        PID  PPID   LWP  C NLWP STIME TTY          TIME CMD
esser    12166  4031 12166  0    3 23:01 pts/15   00:00:00 ./thread1
esser    12166  4031 12167  0    3 23:01 pts/15   00:00:00 ./thread1
esser    12166  4031 12177  0    3 23:01 pts/15   00:00:00 ./thread1
```



# Prozesse und Threads erzeugen (11/11)

**Unterschiedliche Semantik:**

- Prozess erzeugen mit `fork ()`
  - erzeugt zwei (fast) identische Prozesse,
  - beide Prozesse setzen Ausführung an gleicher Stelle fort (nach Rückkehr aus `fork`-Aufruf)
- Thread erzeugen mit `pthread_create (..., funktion, ...)`
  - erzeugt neuen Thread, der in die angeg. Funktion springt
  - erzeugender Prozess setzt Ausführung hinter `pthread_create`-Aufruf fort



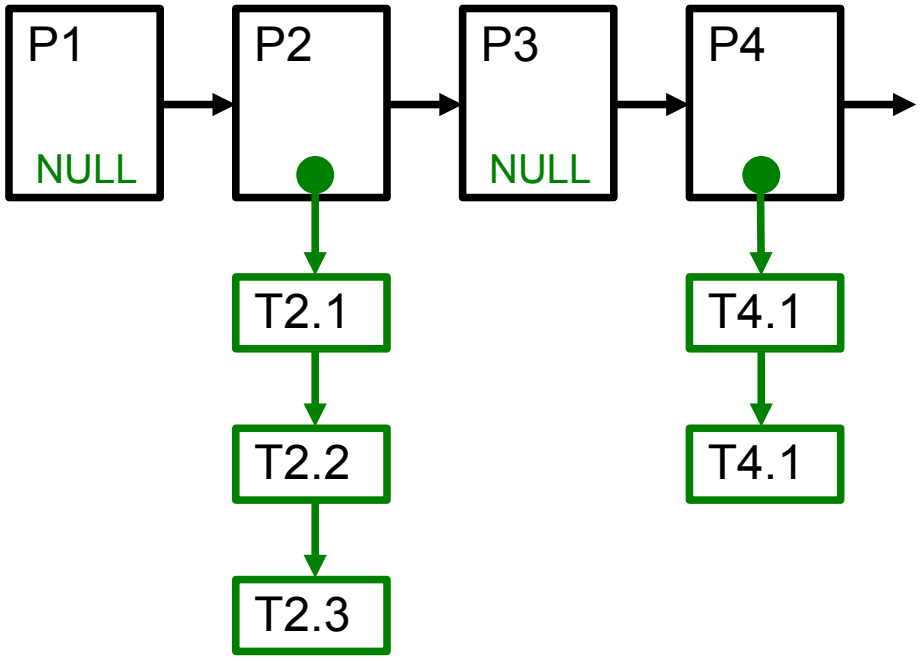
# Threads im Kernel (1/2)

- Linux verwendet für Threads und Prozesse die gleichen Verwaltungsstrukturen (task list)
- Thread: Prozess, der sich mit anderen Prozessen bestimmte Ressourcen teilt, z. B.
  - virtueller Speicher
  - offene Dateien
- Jeder Thread hat `task_struct` und sieht für den Kernel wie ein normaler Prozess aus

# Threads im Kernel (2/2)

Fundamental anders als z. B. Windows und Solaris

Modell 1:
reine Prozesslisten




Modell 2 (Linux):
Prozesse + Threads gemischt