

```

Sep 19 14:20:18 amd64 sshd[20494]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 61557
Sep 19 14:27:41 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[29278]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 20 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17055]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 20 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 12:46:44 amd64 sshd[6516]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62004
Sep 20 12:46:44 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 12:48:41 amd64 sshd[6609]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62105
Sep 20 12:54:44 amd64 sshd[6694]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62514
Sep 20 15:27:35 amd64 sshd[9077]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64242
Sep 20 15:27:35 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 16:37:11 amd64 sshd[10192]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63375
Sep 20 16:37:11 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 16:38:10 amd64 sshd[10140]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63546
Sep 21 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17055]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 21 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17878]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 21 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 17:43:26 amd64 sshd[31888]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63397
Sep 21 17:43:26 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 17:51:29 amd64 sshd[31889]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64391
Sep 21 18:43:26 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 18:43:26 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 22 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17055]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 22 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 22 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17055]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 22 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 22 20:23:21 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[24739]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 23 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[23531]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 23 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 18:04:05 amd64 sshd[6544]: Accepted rsa for esser from ::ffff:192.168.1.100 port 58771 ssh2
Sep 23 18:04:05 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 18:04:05 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 18:04:34 amd64 sshd[6606]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62787
Sep 24 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17055]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 24 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17055]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 24 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 11:15:48 amd64 sshd[20998]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64456
Sep 24 11:15:48 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 13:49:08 amd64 sshd[23177]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 61330
Sep 24 13:49:08 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 15:42:07 amd64 kernel: snd_seq_midi event: unsupported module, tainting kernel.
Sep 24 15:42:07 amd64 kernel: snd_seq_oss: unsupported module, tainting kernel.
Sep 24 15:42:07 amd64 kernel: snd_seq_oss: unsupported module, tainting kernel.
Sep 24 20:25:31 amd64 sshd[29399]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62566
Sep 24 20:25:31 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 01:00:02 amd64 /usr/sbin/cron[6621]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 25 01:00:02 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[14841]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 25 02:00:02 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 10:59:25 amd64 sshd[8889]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64183
Sep 25 10:59:25 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 10:59:47 amd64 sshd[8921]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64253
Sep 25 11:30:02 amd64 sshd[9372]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62029
Sep 25 11:59:25 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 14:05:37 amd64 sshd[11554]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62822
Sep 25 14:05:37 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 14:06:10 amd64 sshd[11586]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62951
Sep 25 14:07:17 amd64 sshd[11608]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63392
Sep 25 14:08:33 amd64 sshd[11630]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63709
Sep 25 15:25:33 amd64 sshd[12930]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62778

```

2 Prozesse und Threads

Betriebssysteme I
 Hans-Georg Eßer
 Hochschule Eßer
 SS 2011
 Foliensatz 2
 Prozesse und Threads

Einleitung (1)

Single-Tasking / Multitasking:

Wie viele Programme laufen „gleichzeitig“?

- MS-DOS, CP/M: 1 Programm
- Windows, Linux, ...: Viele Programme

Single-Processing / Multi-Processing:

Hilft der Einsatz mehrerer CPUs?

- Windows 95/98/Me: 1 CPU
- Windows 2000, XP, Linux, Mac OS X, ...: Mehrere CPUs

Prozesse & Threads: Gliederung

Vorlesung:

- Theorie / Grundlagen
- Prozesse & Threads im Linux-Kernel

Praktikum:

- Prozesse auf der Linux-Shell
- Prozesse in C-Programmen
- Threads in C-Programmen

Einleitung (2)

MS-DOS:

- Betriebssystem startet, aktiviert Shell
COMMAND.COM
- Anwender gibt Befehl ein
- Falls kein interner Befehl:
Programm laden und aktivieren
- Nach Programmende: Rücksprung zu
COMMAND.COM

Kein Wechsel zwischen mehreren Programmen

Einleitung (3)

Prozess:

- Konzept nötig, sobald >1 Programm läuft
- Programm, das der Rechner ausführen soll
- Eigene Daten
- von anderen Prozessen abgeschottet
- Zusätzliche Verwaltungsdaten

Prozesse (1)

Prozess im Detail:

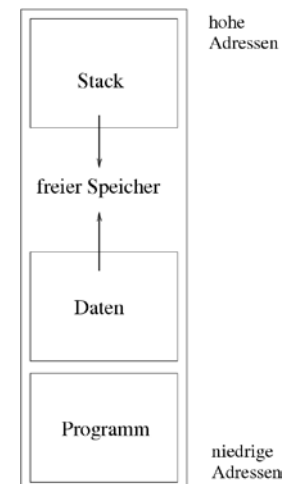
- Eigener Adressraum
- Ausführbares Programm
- Aktuelle Daten (Variableninhalte)
- Befehlszähler (Program Counter, PC)
- Stack und Stack-Pointer
- Inhalt der Hardware-Register (Prozess-Kontext)

Einleitung (4)

Prozessliste:

- Informationen über alle Prozesse und ihre Zustände
- Jeder Prozess hat dort einen **Process Control Block (PCB)**:
 - Identifier (PID)
 - Registerwerte inkl. Befehlszähler
 - Speicherbereich des Prozess
 - Liste offener Dateien und Sockets
 - Informationen wie Vater-PID, letzte Aktivität, Gesamtlauzeit, Priorität, ...

Prozesse (2)



- Daten: dynamisch erzeugt
- Stack: Verwaltung der Funktionsaufrufe
- Details: siehe Kapitel Speicherverwaltung
- Stack und Daten „wachsen aufeinander zu“

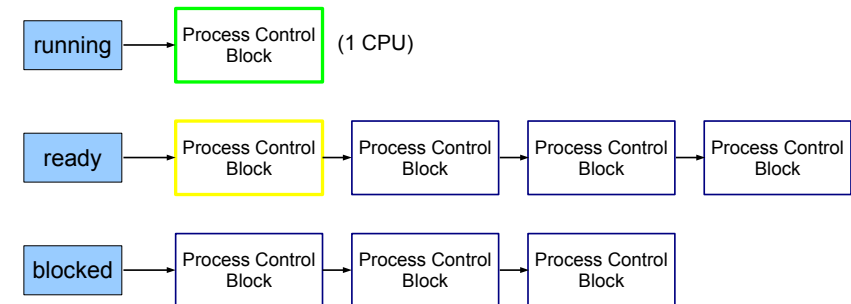
Prozesse (3)

Zustände

- **laufend / running:** gerade aktiv
- **bereit / ready:** würde gerne laufen
- **blockiert / blocked:** wartet auf I/O
- **suspendiert:** vom Anwender unterbrochen
- **schlafend / sleeping:** wartet auf Signal (IPC)
- **ausgelagert / swapped:** Daten nicht im RAM

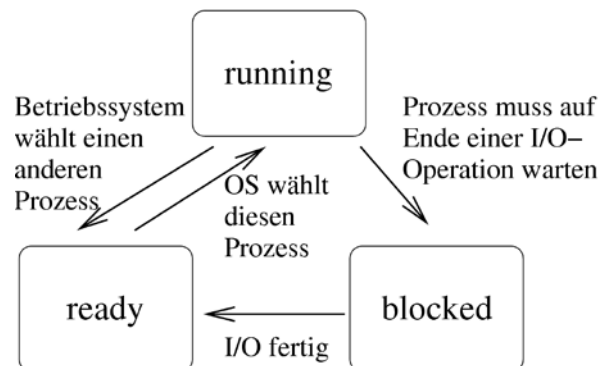
Prozesse (5)

Prozesslisten

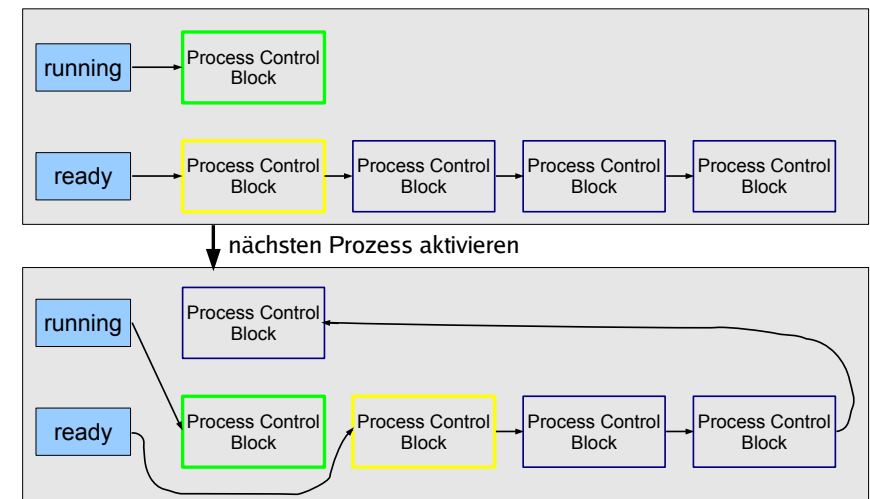


Prozesse (4)

Zustandsübergänge



Prozesse (6)



Prozesse (7)

Hierarchien

- Prozesse erzeugen einander
- Erzeuger heißt Vaterprozess (parent process), der andere Kindprozess (child process)
- Kinder sind selbständig (also: eigener Adressraum, etc.)
- Nach Prozess-Ende: Rückgabewert an Vaterprozess

Praxis: Anwender (2)

```
esser@sony:Folien> jobs
[1]-  Running                  xpdf -remote sk bs02.pdf &
[2]+  Running                  nedit kap02/index.tex &

esser@sony:Folien> jobs -l
[1]-  8103  Running            xpdf -remote sk bs02.pdf &
[2]+ 20568  Running            nedit kap02/index.tex &

esser@sony:Folien> ps w|grep 8103|grep -v grep
 8103 pts/15 S                5:27 xpdf -remote sk bs02.pdf
```

Praxis: Anwender (1)

```
esser@sony:Folien> emacs test.txt &
[3] 24469
esser@sony:Folien> _

[...]
```

[3]+ Done emacs test.txt

Praxis: Anwender (3)

```
> ps auxw
USER      PID %CPU %MEM    VSZ   RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
root         1  0.0  0.0    720    92 ?        S    Jun24   0:01 init [5]
root         2  0.0  0.0      0     0 ?        SN   Jun24   1:09 [ksoftirqd/0]
root         3  0.0  0.0      0     0 ?        S<   Jun24   0:11 [events/0]
root         4  0.0  0.0      0     0 ?        S<   Jun24   0:00 [khelper]
root         5  0.0  0.0      0     0 ?        S<   Jun24   0:00 [kthread]
root         7  0.0  0.0      0     0 ?        S<   Jun24   0:02 [kblockd/0]
root         8  0.0  0.0      0     0 ?        S<   Jun24   0:00 [kacpid]
root        128  0.0  0.0      0     0 ?        S<   Jun24   0:00 [aio/0]
[....]
esser     5733  0.2 12.2  82420 63428 ?        S    Jul24   4:05 /usr/bin/opera
root     2670  0.3  0.0   1368   300 ?        Ss   08:24   2:39 zmd /usr/lib/zmd
esser     8037  0.0  0.6   6452  3384 pts/13  S+   11:23   0:05 ssh -X amd64
```

Praxis: Anwender (4)

```
> pstree -p
init(1)-+-acpid(2266)
|-auditd(2727)---{auditd}(2728)
|-cron(3234)
|-cupsd(2706)
|-gpg-agent(4031)
|-hald(2309)-+-hald-addon-acpi(2616)
|   |-hald-addon-stor(2911)
|   --hald-addon-stor(2914)
|-kded(4079)
|-kdeinit(4072)-+-artsd(7184)
|   |-kio_file(4402)
|   |-klauncher(4077)
|   |-konqueror(22430)
|   --konsole(11064)-+-bash(11065)---ssh(31205)
|   |   |-bash(11119)---sux(11444)---bash(11447)
|   |   |-bash(11137)
|   |   --bash(25637)-+-ssh(4522)
|   |   |   --xmsms(7169)-+-{xmsms}(7170)
|   |   |   |   --{xmsms}(7171)
|   |   --bash(15608)
|   --konsole(4773)-+-bash(4774)---ssh(8037)
|   |   |-bash(8040)---ssh(8058)
|   |   --bash(8061)-+-less(15188)
|   |   |   |-nedit(9628)
|   |   |   --xpdf(8103)
```

Praxis: Anwender (6)

```
> kill -l
 1) SIGHUP          2) SIGINT          3) SIGQUIT        4) SIGILL
 5) SIGTRAP        6) SIGABRT        7) SIGBUS         8) SIGFPE
 9) SIGKILL        10) SIGUSR1       11) SIGSEGV       12) SIGUSR2
13) SIGPIPE       14) SIGALRM      15) SIGTERM      16) SIGSTKFLT
17) SIGCHLD      18) SIGCONT      19) SIGSTOP      20) SIGTSTP
21) SIGTTIN      22) SIGTTOU      23) SIGURG       24) SIGXCPU
25) SIGXFSZ      26) SIGVTALRM    27) SIGPROF      28) SIGWINCH
29) SIGIO        30) SIGPWR       31) SIGSYS       34) SIGRTMIN
35) SIGRTMIN+1   36) SIGRTMIN+2   37) SIGRTMIN+3   38) SIGRTMIN+4
39) SIGRTMIN+5   40) SIGRTMIN+6   41) SIGRTMIN+7   42) SIGRTMIN+8
43) SIGRTMIN+9   44) SIGRTMIN+10 45) SIGRTMIN+11 46) SIGRTMIN+12
47) SIGRTMIN+13 48) SIGRTMIN+14 49) SIGRTMIN+15 50) SIGRTMAX-14
51) SIGRTMAX-13 52) SIGRTMAX-12 53) SIGRTMAX-11 54) SIGRTMAX-10
55) SIGRTMAX-9   56) SIGRTMAX-8   57) SIGRTMAX-7   58) SIGRTMAX-6
59) SIGRTMAX-5   60) SIGRTMAX-4   61) SIGRTMAX-3   62) SIGRTMAX-2
63) SIGRTMAX-1   64) SIGRTMAX
```

Praxis: Anwender (5)

- Programm unterbrechen: **Strg-Z**
- Fortsetzen im Vordergrund: **fg**
- Fortsetzen im Hintergrund: **bg**
- Signale an Prozess schicken: **kill**
 - unterbrechen (STOP), fortsetzen (CONT)
 - beenden (TERM), abschließen (KILL)
- Verbindung zu Vater lösen: **disown**

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 separat pro Thread
- Prozess-Scheduler verwaltet Threads – oder nicht (Kernel- oder User-level-Threads)

Threads (2)

Warum Threads?

- Multi-Prozessor-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 (4): Beispiele

Komplexe Berechnung mit Benutzeranfragen

Mit Threads:

```
T1:
while (1) {
    rechne_alles ();
}
```

```
T2:
while(1) {
    if benutzereingabe (x) {
        bearbeite_eingabe (x);
    }
}
```

Threads (3): Beispiele

Zwei unterschiedliche Aktivitätsstränge: Komplexe Berechnung mit Benutzeranfragen

Ohne Threads:

```
while (1) {
    rechne_ein_bisschen ();
    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

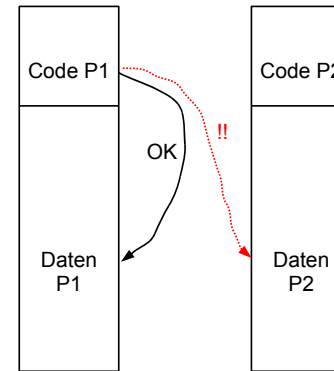
Ein Prozess, neun Threads:

```
[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/mysql_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:~]$
```

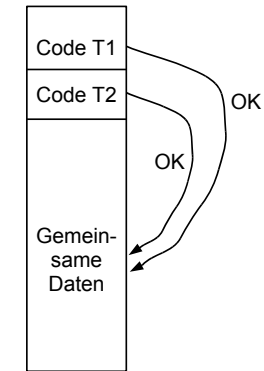
PID: Process ID
 PPID: Parent Process ID
 LWP: Light Weight Process ID (Thread-ID)
 NLWP: Number of Light Weight Processes

Unterschied Prozesse / Threads (2/2)

Zwei Prozesse



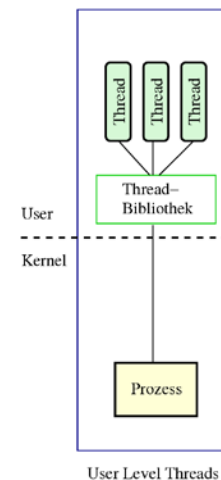
Zwei Threads



Unterschied Prozesse / Threads (1/2)

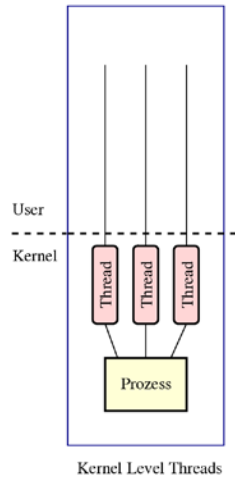
- Parallel programmieren wahlweise mit mehreren Prozessen / mehreren Threads
- Austausch / Kommunikation untereinander
 - **Prozesse:** kein gemeinsamer Speicher. Austausch z. B. über Nachrichten, Zugriff auf Datei
 - **Threads:** gemeinsamer Speicher, Austausch z. B. durch direktes Auslesen von Variablen

User Level Threads



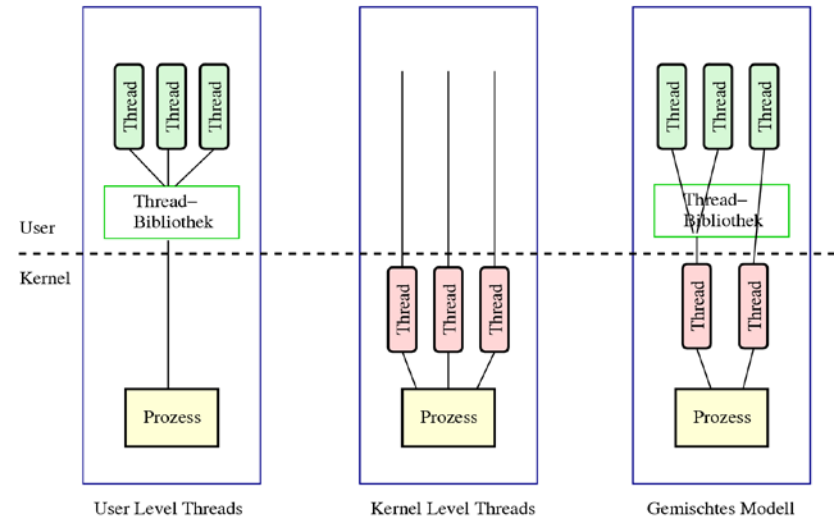
- BS kennt kein Thread-Konzept, verwaltet nur Prozesse
- Programm bindet Thread-Bibliothek ein, zuständig für:
 - Erzeugen, Zerstören
 - Scheduling
- Wenn ein Thread wegen I/O wartet, dann der ganze Prozess
- Ansonsten sehr effizient

Kernel Level Threads

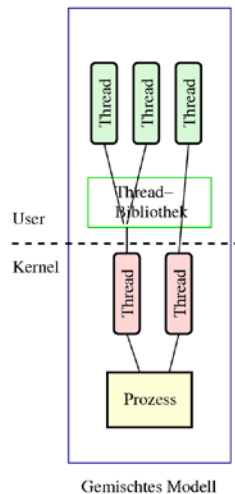


- BS kennt Threads
- BS verwaltet die Threads:
 - Erzeugen, Zerstören
 - Scheduling
- I/O eines Threads blockiert nicht die übrigen
- Aufwendig: Context Switch zwischen Threads ähnlich komplex wie bei Prozessen

Thread-Typen, Übersicht



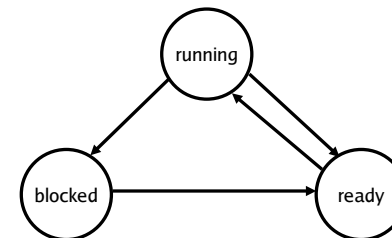
Gemischte Threads



- 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-Zustände

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




```

Sep 19 14:20:18 amd64 sshd[20494]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 61557
Sep 19 14:27:41 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[29278]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 20 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[32933]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 20 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 12:46:44 amd64 sshd[6516]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62004
Sep 20 12:48:41 amd64 sshd[6609]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62105
Sep 20 12:54:44 amd64 sshd[6694]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62514
Sep 20 15:27:35 amd64 sshd[9077]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64242
Sep 20 15:27:35 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 16:37:11 amd64 sshd[1019]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63375
Sep 20 16:37:11 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 20 16:38:10 amd64 sshd[10140]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63546
Sep 21 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17055]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 21 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[17878]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 21 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 17:43:26 amd64 sshd[31088]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63397
Sep 21 17:43:26 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 17:53:29 amd64 sshd[31269]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64391
Sep 21 18:43:26 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 21 18:43:26 amd64 sshd[31269]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64391
Sep 22 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[24935]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 22 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 22 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[24935]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 22 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[24935]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 23 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[24935]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 23 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 18:04:05 amd64 sshd[6564]: Accepted publickey for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62029 ssh2
Sep 23 18:04:05 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 23 18:04:14 amd64 sshd[6606]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62029
Sep 24 01:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[12436]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 24 01:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[13253]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 24 02:00:01 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 11:15:48 amd64 sshd[20989]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64456
Sep 24 11:15:48 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 13:49:08 amd64 sshd[23197]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 61330
Sep 24 13:49:08 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 24 15:42:07 amd64 kernel: snd_seq_midi event: unsupported module, tainting kernel.
Sep 24 15:42:07 amd64 kernel: snd_seq_oss: unsupported module, tainting kernel.
Sep 24 15:42:07 amd64 sshd[29399]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62566
Sep 24 20:25:31 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 01:00:02 amd64 /usr/sbin/cron[662]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c "severity=DEBUG")
Sep 25 01:00:02 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 02:00:01 amd64 /usr/sbin/cron[1484]: (root) CMD (/sbin/evlogmgr -c 'age > "30d"')
Sep 25 02:00:02 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 10:59:25 amd64 sshd[889]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64183
Sep 25 10:59:25 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 10:59:47 amd64 sshd[8921]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 64253
Sep 25 11:30:02 amd64 sshd[9372]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62029
Sep 25 11:59:25 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 14:05:37 amd64 sshd[11554]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62822
Sep 25 14:05:37 amd64 syslog-ng[7653]: STATS: dropped 0
Sep 25 14:06:10 amd64 sshd[11586]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62951
Sep 25 14:07:17 amd64 sshd[11608]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63392
Sep 25 14:08:33 amd64 sshd[11630]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 63709
Sep 25 15:25:33 amd64 sshd[12930]: Accepted rsa for esser from ::ffff:87.234.201.207 port 62778

```

Programmierpraxis: Linux

Prozesse und Threads erzeugen (2/15)

- 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 (1/15)

- 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 (3/15)

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 (4/15)

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 (6/15)

Abbruch aller Kind-Prozesse

Zwei Szenarien:

1. Shell wird mit `exit` verlassen
→ Kind-Prozesse laufen weiter.
2. Shell wird gewaltsam geschlossen
(`kill`, Fenster schließen etc.)
→ Kind-Prozesse werden auch beendet.

Prozesse und Threads erzeugen (5/15)

Abfrage, ob Programmstart über `fork ()`, `exec ()` erfolgreich war:

```
#include <errno.h>
main() {
    int pid = fork();
    int errno2;
    if (pid==0) {
        execl("/bin/xls",0);
        errno2=errno;
        perror ();
        printf("Fehlercode errno = %d\n",
            errno2);
    } else { wait(); }
}
```

```
> gcc -o fork-exec-fail fork-exec-fail.c
> ./fork-exec-fail
/bin/xls: No such file or directory
Fehlercode errno = 2
```

- `perror ()`: Fehlermeldung in lesbarem Format
- `errno`: Globale Fehlervariable
- Nicht mit jeder `gcc`-Version...

Prozesse und Threads erzeugen (7/15)

[In xterm-Fenster] > `nedit &`

```
> pstree | grep nedit
| | -xterm---bash---nedit
> ps auxw | grep nedit
esser  24676  1.0  0.8  8248  4336 pts/4    S   15:13  0:00 nedit
> cat /proc/24676/status | grep PPid
PPid:  24659
> ps auxw|grep 24659
esser  24659  0.0  0.3  4424  1936 pts/4    Ss+ 15:12  0:00 bash
```

[In xterm-Fenster] > `exit`

```
> cat /proc/24676/status | grep PPid
PPid:  1
```

Prozesse und Threads erzeugen (8/15)

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 (10/15)

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 (9/15)

- 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.

(11/15)

```
#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();  
    }  
  
    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 (12/15)

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 (14/15)

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

Prozesse und Threads erzeugen (13/15)

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 (15/15)

Posix-Thread vs. Kernel-Thread:

- Ein mit `clone` erzeugter (Kernel-) Thread ist nicht dasselbe wie ein mit `pthread_create` erzeugter Posix-Thread!
- Posix-Bibliothek muss das gewünschte (Standard-) Verhalten über die von Linux bereitgestellten (`clone`-/Kernel-) Threads implementieren.

Prozessliste (1/8)

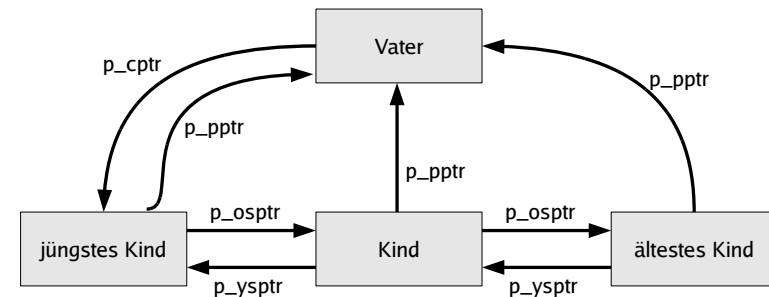
Kernel unterscheidet nicht zwischen Prozessen und Threads.

- Doppelt verkettete, ringförmige Liste
- Jeder Eintrag vom Typ `struct task_struct`
- Typ definiert in `include/linux/sched.h`
- Enthält alle Informationen, die Kernel benötigt
- `task_struct`-Definition 132 Zeilen lang!
- Maximale PID: 32767 (short int)

Prozessliste (3/8)

Verwandtschaftsverhältnisse (alte Linux-Version)

```
struct task_struct {
    [...]
    struct task_struct *p_opptr, *p_pptr, *p_cptra, *p_ysptr, *p_osptr;
```

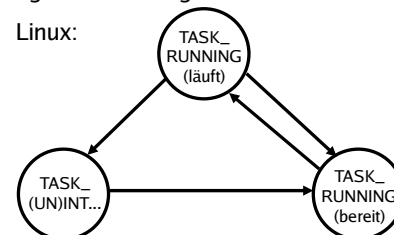
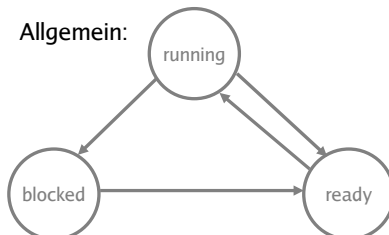


Prozessliste (2/8)

Auszug aus `include/linux/sched.h`:

```
#define TASK_RUNNING      0
#define TASK_INTERRUPTIBLE 1
#define TASK_UNINTERRUPTIBLE 2
#define TASK_STOPPED     4
#define TASK_TRACED      8
/* in tsk->exit_state */
#define EXIT_ZOMBIE      16
#define EXIT_DEAD       32
/* in tsk->state again */
#define TASK_NONINTERACTIVE 64
#define TASK_DEAD       128
```

- `TASK_RUNNING`: ready oder running
- `TASK_INTERRUPTIBLE`: entspricht blocked
- `TASK_UNINTERRUPTIBLE`: auch blocked
- `TASK_STOPPED`: angehalten (z. B. von einem Debugger)
- `TASK_ZOMBIE`: beendet, aber Vater hat Rückgabewert nicht gelesen



Prozessliste (4/8)

Verwandtschaftsverhältnisse (neue Linux-Version)

```
struct task_struct {
    [...]
    struct task_struct *parent; /* parent process */
    struct list_head children; /* list of my children */
    struct list_head sibling; /* linkage in my parent's children list */
```

Zugriff auf alle Kinder:

```
list_for_each(list, &current->children) {
    task = list_entry(list, struct task_struct, sibling);
    /* task zeigt jetzt auf eines der Kinder */
}
```

Vom aktuellen Pfad durch den Prozessbaum bis zu `init`:

```
for (task = current; task != &init_task; task = task->parent) {
    ...
}
```

Prozessliste (5/8)

Prozessgruppen und Sessions

```
struct task_struct {  
    [...]  
    struct task_struct *group_leader;  
    /* threadgroup leader */  
    [...]  
    /* signal handlers */  
    struct signal_struct *signal;  
};  
  
struct signal_struct {  
    /* job control IDs */  
    pid_t pgrp;      Process Group ID  
    pid_t tty_old_pgrp;  
    pid_t session;   Session ID  
    /* boolean value for session  
    group leader */  
    int leader;  
};
```

- Jeder Prozess Mitglied einer Prozessgruppe
- Process Group ID (PGID) – `ps j`
- `current->signal->pgrp`

Prozessliste (7/8)

Sessions

- Meist beim Starten einer Login-Shell neu erzeugt
- Alle Prozesse, die aus dieser Shell gestartet werden, gehören zur Session
- Gemeinsames „kontrollierendes TTY“

Prozessliste (6/8)

Prozessgruppen

- Signale an alle Mitglieder einer Prozessgruppe:
`killpg(pgrp, sig);`
- Warten auf Kinder aus der eigenen Prozessgruppe:
`waitpid(0, &status, ...);`
- oder einer speziellen Prozessgruppe:
`waitpid(-pgrp, &status, ...);`

Prozessliste (8/8)

```
> ps j  
PPID  PID  PGID  SID  TTY      TPGID  STAT  UID   TIME  COMMAND  
19287  7628  7628  19287 pts/8    19287  S      500   0:00 /bin/sh /usr/bin/mozilla -mail  
7628  7637  7628  19287 pts/8    19287  Sl     500   20:50 /opt/moz/lib/mozilla-bin -mail  
9634  10095 10095 10095 tty1     10114  Ss     500   0:00 -bash  
10095 10114 10114 10095 tty1     10114  S+     500   0:00 /bin/sh /usr/X11R6/bin/startx  
10095 10115 10114 10095 tty1     10114  S+     500   0:00 tee /home/esser/.X.err  
10114 10135 10114 10095 tty1     10114  S+     500   0:00 xinit /home/esser/.xinitrc  
10135 10151 10151 10095 tty1     10114  S      500   0:00 /bin/sh /usr/X11R6/bin/kde  
10151 10238 10151 10095 tty1     10114  S      500   0:00 kwrapper ksmsrver  
10258 10270 10270 10270 pts/2    10270  Ss+    500   0:00 bash  
10276 10278 10278 10278 pts/4    10278  Ss+    500   0:00 bash  
10260 10284 10284 10284 pts/5    10284  Ss+    500   0:00 bash  
10275 10292 10292 10292 pts/6    10989  Ss     500   0:00 bash  
10259 10263 10263 10263 pts/1    10263  Ss+    500   0:00 bash  
10263 28869 28869 10263 pts/1    10263  S      500   0:16 konqueror /media/usbdisk/dcim  
10263 28872 28872 10263 pts/1    10263  S      500   0:13 konqueror /home/esser  
29201 29203 29203 29203 pts/7    29203  Ss+    500   0:00 bash  
4822  4823  4823  4823 pts/14   4823  Ss+    500   0:00 -bash  
4823 31118 31118 4823 pts/14   4823  S      500   0:00 nedit kernel/sched.c  
4823 31297 31297 4823 pts/14   4823  S      500   0:00 nedit kernel/fork.c  
23115 32703 32703 23115 pts/13   32703  R+     500   0:00 ps j
```

Prozesserzeugung (1/2)

Wichtigste Datei in den Kernel-Quellen: `kernel/fork.c`
(enthält u. a. `copy_process`)

- `fork()` ruft `clone()` auf,
- `clone()` ruft `do_fork()` auf, und
- `do_fork()` ruft `copy_process()` auf

Prozesserzeugung (2/2)

`copy_process()` macht:

- `dup_task_struct()`: neuer Kernel Stack, `thread_info` Struktur, `task_struct`-Eintrag
- Kind-Status auf `TASK_UNINTERRUPTIBLE`
- `copy_flags()`: `PF_FORKNOEXEC`
- `get_pid()`: Neue PID für Kind vergeben
- Je nach `clone()`-Parametern offene Dateien, Signal-Handler, Prozess-Speicherbereiche etc. kopieren oder gemeinsam nutzen
- Verbleibende Rechenzeit aufteilen (→ Scheduler)

Danach: aufwecken, starten (Kind kommt vor Vater dran)

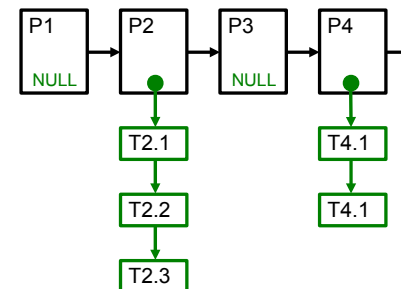
Threads im Kernel (1/3)

- 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

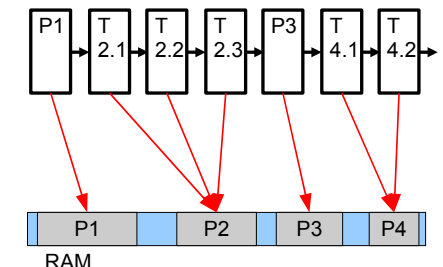
Threads im Kernel (2/3)

- Fundamental anders als z. B. Windows und Solaris

Modell 1:
reine Prozesslisten



Modell 2 (Linux):
Prozesse + Threads gemischt



Threads im Kernel (3/3)

- Thread-Erzeugung: auch über `clone ()`
- einfach andere Aufrufparameter:
 - Prozess: `fork ->`
`clone (SIGCHLD, 0);`
 - Thread:
`clone (CLONE_VM | CLONE_FS | CLONE_FILES | CLONE_SIGHAND, 0);`
(`vm`: virtual memory, `fs`: Dinge wie Arbeitsverzeichnis, `Umask`,
Root-Verzeichnis des Prozesses, `files`: offene Dateien,
`sighand`: Signal Handlers)