

# System-Programmierung

## 12: Zeitmessung

CC BY-SA, Thomas Amberg, FHNW  
(soweit nicht anders vermerkt)



### Ablauf heute

⅓ Vorlesung,  
⅔ Hands-on,  
Feedback.

Slides, Code & Hands-on: [tmb.gr/syspr-12](https://tmb.gr/syspr-12)



### Zeitmessung

In Programmen betrachten wir zwei Arten von Zeit:

*Echtzeit (real time)*, gemessen von einem Zeitpunkt im Kalender oder einem Fixpunkt im Programm aus, ist gut für Timestamps und periodische Aktionen.

*Prozesszeit (process time)* ist die Menge an CPU-Zeit die ein Prozess konsumiert und hilft, die Performance von Algorithmen zu optimieren.

3

### Kalender-Zeit

Unabhängig von der Zeitzone repräsentieren UNIX Systeme die Zeit seit der *Epoche*, 01.01.1970, 00:00, Universal Coordinated Time (UTC, früher Greenwich Mean Time, GMT), ~ die Geburtsstunde von UNIX.

Auf 32-bit Linux Systemen bedeutet das, *time\_t*, ein *signed int*, kann Daten von 03.12.1901, 20:45:52, bis 19.01.2038, 03:14:07 repräsentieren.

4

### Kalender-Zeit lesen mit *gettimeofday()*

Aktuelle Kalender-Zeit lesen mit *gettimeofday()*:

```
int gettimeofday( // 0 oder -1, errno
    struct timeval *tv,
    struct timezone *tz); // obsolet, immer NULL

struct timeval { // Zeit seit der Epoche
    time_t tv_sec;
    suseconds_t tv_usec;
};
```

Für Zeitzeonen-Support, siehe *POSIX Clock API*.

5

### Kalender-Zeit lesen mit *time()*

Kalender-Zeit in Sekunden seit *Epoche*, mit *time()*:

```
time_t time( // Zeit oder (time_t) -1
    time_t *t); // Sekunden seit Epoche
```

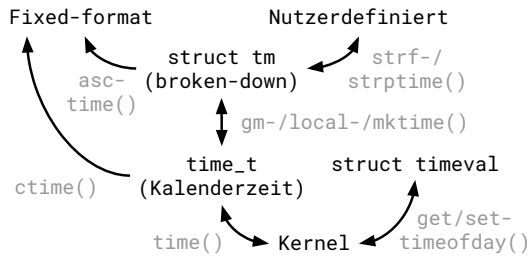
Falls *t* != *NULL*, wird *t* als neue Zeit gesetzt.

Das Setzen der Zeit mit *time()* ist obsolet.

*time(NULL)* geht immer ohne Error.

6

## Zeit-Konversion



7

## Zeit-Konversion zu String mit `ctime()`

Zeit-Wert von `time_t` zu 26 Byte String konvertieren:  
`char *ctime(const time_t *t);`

Das Resultat wird entsprechend der lokalen Zeitzone und DST dargestellt, z.B. *Wed Jun 8 14:22:34 2011*

Der String enthält ein '\n' und ist '\0'-terminiert, sowie statisch alloziert, bis zum nächsten Aufruf.

8

## Zeit-Konversion mit `gm-/ localtime()`

Zeit von `time_t` zu "broken-down" UTC konvertieren:  
`struct tm *gmtime(const time_t *t);`

Zeit von `time_t` zu "broken-down" Lokalzeit:  
`struct tm *localtime(const time_t *t);`

Bei Fehlern wird `NULL` retourniert und `errno` gesetzt.

9

## Zeit im "broken-down" Format `struct tm`

```

struct tm {
    int tm_sec; // Sekunden [0..60]
    int tm_min; // Minuten [0..59]
    int tm_hour; // Stunde [0..23]
    int tm_mday; // Tag im Monat [1..31]
    int tm_mon; // Monat im Jahr [0..11]
    int tm_year; // Jahre seit 1900
    int tm_wday; // Wochentag [0..6], So = 0
    int tm_yday; // Tag im Jahr [0..365]
    int tm_isdst; // Daylight Saving Time Flag
}
  
```

10

## Zeit-Konversion zu `time_t` mit `mktime()`

Zeit von "broken-down" zu `time_t` konvertieren:  
`time_t mktime(struct tm *t);`

Bei Fehler resultiert (`time_t`) -1 und `errno` ist gesetzt.

Die `_sec`, `_min`, `_hour`, `_mday`, `_month` und `_year` Werte werden beim Überlauf eines Werts angepasst.

Die Funktion ignoriert `tm_wday` und `tm_yday`, bzw. setzt gültige Werte dafür im `struct tm` Argument `t`.

11

## Zeit-Konversion zu String mit `asctime()`

Zeit-Wert von `struct tm` zu String konvertieren:  
`char *asctime(const struct tm *t);`

Das Resultat wird ohne Änderung der Zeitzone oder DST dargestellt, z.B. *Wed Jun 8 14:22:34 2011*

Der String enthält ein '\n' und ist '\0'-terminiert, sowie statisch alloziert, bis zum nächsten Aufruf.

12

## Hands-on, 15': Kalender-Zeit

Lesen Sie das folgenden [TLPI] Beispiel Programm:  
`calendar_time.c`

Vergleichen Sie den Output der Kommandos:

```
$ ./date
$ ./calendar_time
```

Schreiben Sie ein eigenes Programm, welches den Überlauf von Sekunden bei `mktime()` zeigt.

13

## Zeit-Konversion zu String mit `strftime()`

Zeit von `struct tm` zu String konvertieren, formatiert:

```
size_t strftime( // Länge von s ohne \0, od. 0
char *s, // Zeit als String, gemäss Format
size_t max, // Max. erwartete String-Länge
const char *format, // Format String
const struct tm *t); // Zeit (broken-down)
```

z.B. ISO Datum und Zeit: `"%Y-%m-%dT%H:%M:%SZ"`  
`2018-12-29T12:17:25Z` // Z nur, falls UTC Zeit

14

## Zeit String parsen mit `strptime()`

Datum und Zeit `t` aus String `s` parsen mit `strptime()`:

```
char *strptime( // nächstes Zeichen in s
const char *s, // String mit Datum
const char *format, // Format String
struct tm *t); // Resultat (broken-down)
```

Falls Parsen nicht erfolgreich, kommt NULL zurück.

Vor dem Aufruf, `t` initialisieren mit `memset()`:  
`memset(&t, 0, sizeof(struct tm));`

15

## Hands-on, 10': Zeit parsen / formatieren

Lesen Sie das folgenden [TLPI] Beispiel Programm:  
`strtime.c`

Vergleichen Sie den Output der Kommandos:

```
$ ./strtime "9:39:46pm 1 Feb 2011"\
"%I:%M:%S%p %d %b %Y"
$ ./strtime "9:39:46pm 1 Feb 2011"\
"%I:%M:%S%p %d %b %Y" "%F %T"
```

Geben Sie das Datum im ISO 8601 Format aus.

16

## Zeitzone

Zeitzone bestimmen, welche Zeit in einer Region gilt.

Information zu Zeitzone ist in Dateien abgelegt, die mit dem `zdump` Kommando anzeigbar sind:

```
$ ls /usr/share/zoneinfo
$ zdump /usr/share/zoneinfo/Europe/Berlin
```

Die Lokalzeit ist auch als Datei abgelegt:

```
$ zdump /etc/localtime
```

17

## Zeitzone setzen in Umgebungsvariable

Zeitzone setzen in Umgebungsvariable TZ, z.B.

```
$ export TZ=':UTC'
$ date
```

```
$ export TZ=':US/Hawaii'
$ date
```

Die Namen entsprechen den Verzeichnissen in

```
$ ls /usr/share/zoneinfo
```

18

## Zeitzone initialisieren mit *tzset()*

Zeitzone bzw. globale Variablen setzen mit *tzset()*:

```
void tzset(void);
```

Der Call *tzset()* liest die Zeitzone aus der Umgebungsvariable *TZ* und setzt die folgende globalen Variablen:

```
extern char *tzname[2]; // Zone und DST Zone
extern long timezone; // Differenz zu UTC in s
extern int daylight; // Nicht-Null, falls DST
```

19

## Locale

Die *Locale* (wörtlich "der Schauplatz") bestimmt, wie Zahlen, Beträge, Datum und Zeit dargestellt werden, für Internationalisierung bzw. Lokalisierung.

Locales sind in Dateien abgelegt:

```
$ ls /usr/share/locale
```

z.B. in der Schweiz:

```
de_DE.UTF-8, fr_CH.UTF-8 und it_CH.UTF-8
```

20

## Locale lesen und setzen mit *setlocale()*

Locale für Kategorie lesen oder setzen mit *setlocale()*:

```
char *setlocale( // Locale String, oder NULL
    int category, // Teil der Locale, od. LC_ALL
    const char *locale); // "" => Env. Variablen
```

Locale **Kategorien** sind z.B.

```
LC_TIME, LC_NUMERIC, LC_MONETARY, LC_PAPER, ...
```

Aktuelle Locale lesen: *setlocale(LC\_ALL, NULL)*;

21

## Hands-on, 15': Locale

locale.!c

Schreiben Sie ein Programm *my\_locale.c*, welches die Zahl *10'000.5* in zwei verschiedenen Locales ausgibt.

Prüfen Sie, ob die Locale nach Programmende bleibt.

Falls ja, erweitern Sie ihr Programm, um am Ende die vor dem Aufruf gesetzte Locale wieder herzustellen.

22

## Prozesszeit

*Prozesszeit* ist die *CPU Zeit*, die ein Prozess seit seiner Kreation verbraucht hat, mit folgenden Komponenten:

*User CPU Zeit* ist die im User Mode verbrachte Zeit, die auch als *virtuelle Zeit* bezeichnet wird.

*System CPU Zeit* ist im Kernel Mode verbrachte Zeit, während System Calls oder z.B. beim Paging.

23

## CPU und reale Zeit messen mit *times()*

Zeitmessung mit *times()*, analog zu *time* Kommando:

```
clock_t times( // Ticks seit t0, fix, arbiträr*
    struct tms *t); // User & System Zeit, Ticks
```

```
struct tms { // *) nur Delta messen macht Sinn
    clock_t tms_utime; // User Zeit
    clock_t tms_stime; // System Zeit
    clock_t tms_cutime; // User Zeit der Kinder
    clock_t tms_cstime; // System Zeit der Kinder
}; // sysconf(_SC_CLK_TCK) => Ticks/Sekunde 24
```

24

## CPU Zeit messen mit *clock()*

CPU Zeit messen mit *clock()*, total, User und Kernel:  
`clock_t clock(void); // oder (clock_t) -1`

Dieser Call verwendet eine andere Clock Auflösung:  
`CLOCKS_PER_SEC; // clock() spezifische Ticks/s`

Auf Linux umfasst das Total nur Parent Prozess Zeit,  
auf anderen Plattformen auch Child Prozess Zeit.

25

## Hands-on, 15': Zeitmessung time.c

Schreiben Sie ein eigenes *time* Programm, *my\_time.c*

Das zu messende Programm soll aus *argv[1]* gelesen  
und mit *fork()* und *execve()* gestartet werden.

Der Parent Prozess wartet mit *wait()*, und bestimmt  
die Laufzeit, real und CPU Zeit, des Child Prozesses.

Die Ausgabe soll derjenigen von *time* entsprechen.

26

## Timer und Schlafen

Ein *Timer* erlaubt es einem Prozess, Notifikationen  
für sich einzuplanen, auf einen späteren Zeitpunkt.

*Schlafen* (sleeping) suspendiert einen Prozess oder  
Thread für eine zuvor festgelegte Zeitdauer.

Neben dem klassischen UNIX API gibt es POSIX und  
Linux spezifische APIs um Timer zu erstellen.

27

## Intervall Timer setzen mit *setitimer()*

Intervall Timer setzen mit *setitimer()*:

```
int setitimer( // 0 oder -1, errno
    int which, // ITIMER_REAL|VIRTUAL|PROF
    const struct itimerval *new_value, // ist neu
    struct itimerval *old_value); // wird ersetzt
```

Wenn der Timer ausläuft, wird ein Signal verschickt:

```
ITIMER_REAL    => SIGALRM
ITIMER_VIRTUAL => SIGVTALRM
ITIMER_PROF    => SIGPROF
```

28

## Struct *itimerval*

Für *new\_value* und *old\_value* von *setitimer()*:

```
struct itimerval {
    struct timeval it_interval; // Timer Periode
    struct timeval it_value; // Zeit bis Signal
}; // it_interval = {0,0} => einmaliger Timer

struct timeval {
    time_t tv_sec; // Sekunden
    suseconds_t tv_usec; // Mikrosekunden
};
```

29

## Intervall Timer lesen mit *getitimer()*

Intervall Timer lesen mit *getitimer()*:

```
int getitimer( // 0 oder -1, errno
    int which, // ITIMER_REAL|VIRTUAL|PROF
    struct itimerval *curr_value);
```

Verbleibende Zeit bis zum nächsten Timer Signal:

```
struct timeval t = curr_value->it_value;
```

Die verbleibende Zeit wird kürzer bis zum Signal, und  
beginnt dann wieder bei *curr\_value->it\_interval*.

30

## Hands-on, 15': Timer

Lesen Sie das folgenden [TLPI] Beispiel Programm:  
`real_timer.c`

Testen Sie den Timer, z.B. mit den Kommandos:

```
$ ./real_timer 1 800000 1 0 # 1.8s, 1s Periode
$ ./real_timer 3 0 # einmaliger Timer, nach 3s
```

Ändern Sie das Programm, dass der Timer CPU Zeit statt reale Zeit verwendet, und testen Sie den Code.

31

## Timer setzen mit `alarm()`

Einmalig auftretenden Timer setzen mit `alarm()`:  
`unsigned int alarm( // verbleibende Sekunden`  
`unsigned int seconds); // nächstes Signal`

Dieser Aufruf kann nie zu einem Fehler führen.

Ablaufen des Timers löst das `SIGALRM` Signal aus.

Ein existierender Timer kann gelöscht werden mit:  
`alarm(0);`

32

## Timer Genauigkeit

Je nach Prozessorlast kann es sein, dass ein Prozess erst kurz nach Ablauf eines Timers wieder läuft.

Dies hat aber keinen Einfluss auf das nächste Signal, Intervalle werden genau eingehalten, ohne Drift.

Die Genauigkeit eines Timers ist auf modernen Linux Systemen durch die Frequenz der Hardware Clock beschränkt, und erreicht ca. eine Mikrosekunde.

33

## Prozess suspendieren mit `sleep()`

Prozess suspendieren für fixe Zeitspanne mit `sleep()`:  
`unsigned int sleep( // 0 oder verbleibende s`  
`unsigned int seconds);`

Auf Linux ist der Call mit `nanosleep()` implementiert:  
`int nanosleep( // 0 oder -1, errno`  
`const struct timespec *requested,`  
`struct timespec *remaining);`  
`struct timespec {`  
`time_t tv_sec; long tv_nsec;`  
`};`

34

## POSIX Clock

POSIX bietet ein `Clock API`, um Zeitmessungen auf Nanosekunden genau vorzunehmen.

Auf Linux muss Code mit der Option `-lrt` kompiliert werden, um die real time Bibliothek `librt` zu linkern.

Mit `clock_gettime()` und `clock_settime()` wird die Zeit ausgelesen, bzw. gesetzt, und mit `clock_getres()` kann man die Auflösung der Uhr erhalten.

35

## POSIX Clock lesen mit `clock_gettime()`

POSIX Clock auslesen mit `clock_gettime()`:

```
int clock_gettime( // 0 oder -1, errno
    clockid_t clock_id, // siehe unten
    struct timespec *spec);
```

Mögliche Werte für `clock_id` sind:

```
CLOCK_REALTIME // System-weite Echtzeituhr
CLOCK_MONOTONIC // Read-only, Zeit seit Start
CLOCK_PROCESS_CPUTIME_ID // Prozess CPU Zeit
CLOCK_THREAD_CPUTIME_ID // Thread CPU Zeit
```

36

## POSIX Timer

*UNIX Timer* mit *setitimer()* sind limitiert auf einen Timer pro Typ, und Notifikation geht nur per Signal.

*POSIX* definiert deshalb ein zusätzliches *Timer API* mit *timer\_create()*, *timer\_settime()*, *timer\_delete()* Calls, die auf Handles vom Typ *timer\_t* operieren.

Der Notifikationsmechanismus, Signal oder Thread, kann beim Kreieren des Timers gewählt werden.

37

## Timer kreieren mit *timer\_create()*

POSIX Timer erstellen mit *timer\_create()*:

```
int timer_create( // 0 oder -1, errno
clockid_t clock_id, // z.B. CLOCK_REALTIME
struct sigevent *s, // Signal Handler etc.
timer_t *timer); // Handle für weitere Calls
```

Auswahl des Notifikationsmechanismus:

```
s.sigev_notify = SIGEV_NONE | SIGNAL | THREAD;
```

38

## Timer einstellen mit *timer\_settime()*

POSIX Timer einstellen mit *timer\_settime()*:

```
int timer_settime( // 0 oder -1, errno
timer_t timer, // Timer Handle
int flags, // 0 (relativ) oder TIMER_ABSTIME
const struct itimerspec *new_spec,
struct itimerspec *old_spec);
```

Je nach *flags* ist *new\_spec.it\_value* relativ / absolut.

Struct *itimerspec* ist wie Struct *itimerval*.

39

## Selbststudium, 3h: Vorbereitung

Repetieren Sie Slides & Hands-on der Lektionen 6-13.

Das obligatorische Assessment II dauert 90 Minuten.

Eine [C-Referenzkarte](#) wird vom Dozenten verteilt.

Slides / weitere Hilfsmittel sind nicht erlaubt.

Raum und Termin wird per Slack mitgeteilt.

40

## Feedback?

Gerne im [Slack](#) oder an [thomas.amberg@fhnw.ch](mailto:thomas.amberg@fhnw.ch)

Programmierfragen am besten schriftlich.

Sprechstunde auf Voranmeldung.

Slides, Code & Hands-on: [tmb.gr/syspr-12](http://tmb.gr/syspr-12)

