# D Überblick über die 4. Übung

- Infos zur Aufgabe2: Abstraktionen für das Kommunikationssystem
- Organisatorisches
  - Übungsbetrieb an den Windows-Rechnern
- Wiederholung Sockets
  - Windows Sockets
- (Wiederholung) Threads
  - Pthreads
  - Windows Threads





# D.1 Aufgabe2

- einheitliche Kommunikationsschnittstellen
- binäre Semaphore

```
class Semaphor{
    public:
        Semaphor();
        void P(void);
        void V(void);
};
```

- einheitliche Schnittstelle zur Threadverwaltung

```
class Runnable {
    virtual void run() = 0;
};

class Thread {
    public:
        Thread(Runnable *run);
        void join();
};
```







# D.1 eine einfache Kommunikationsschnittstelle

```
class CommunicationSystem
{
   public:
     CommunicationSystem(Address addr);
     virtual Address getMyAddress();

     virtual void send(Address dest, Buffer *message);
     virtual void set_send_signaler(send_signal_t *s);

     virtual void receive(Buffer *buffer);
     virtual void set_receive_signaler(Buffer *buffer,
                                       recv_signal_t *s);
};
```

```
class Buffer { public: char *buffer; int len; };

class send_signal_t {
    public: virtual void releaseBuffer(Buffer *buf) = 0;
};

class recv_signal_t {
    public:
       virtual void receiveBuffer(Address sender, Buffer *buf) = 0;
};
```





# D.2 Organisatorisches: Zugang zu einem Windows-Rechner

- Windows Terminalserver im CIP-Pool (faui07)
  - http://wwwcip.informatik.uni-erlangen.de/pools/terminalserver.html
- vor der ersten Benutzung:
  - Windows Passwort setzen mittels
    - `/local/ciptools/bin/setsambapw`
  - nach etwa 30 Minuten sollte ein Zugang möglich sein
- Terminalclient starten
  - `/local/rdesktop/bin/rdesktop -a 24 faui07`

# D.3 Sockets

- Sockets: Überblick
- Sockets ausführlicher (zum Nachschlagen)
- Windows Sockets





## 1 Sockets: Wiederholung

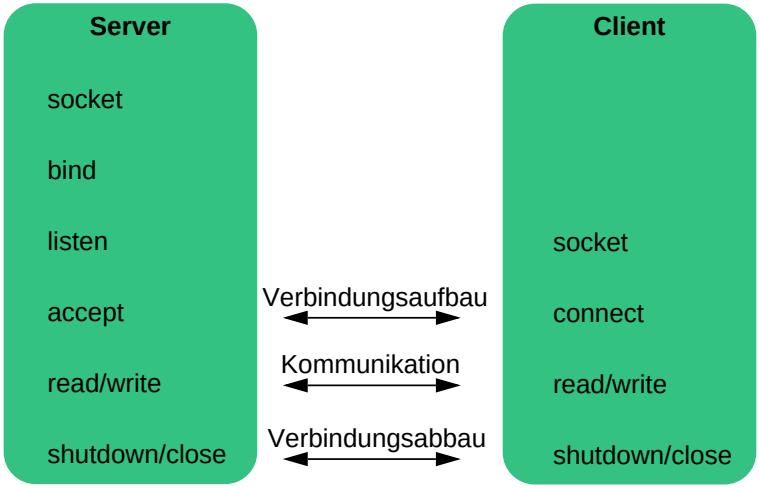
- TCP-Server
  - neuen Socket erzeugen
  - an eine lokale Adresse binden
  - Warteschlange einrichten
  - auf Verbindungen warten
- TCP-Client
  - neuen Socket erzeugen
  - Verbindung aufbauen (an entfernte Adresse binden)
- UDP
  - neuen Socket erzeugen
  - lokal binden?
  - Datagramme senden / empfangen








## 2 TCP-Sockets: Zusammenfassung








# D.4 Sockets (Ausführlicher zum Nachschlagen)

- Erzeugung
- Binden
  - Socket Adressen
- TCP-Sockets
  - Server
  - Client
- UDP-Sockets

# 1 Erzeugen eines neuen Sockets:

```
#include <sys/socket.h>
int socket(int domain, int type, int protocol);
```

- **domain** gibt die Kommunikations Domäne an, z.B.
  - **PF_INET**: Internet, IPv4
  - **PF_UNIX**: Unix Filesystem, lokale Kommunikation
  - **PF_APPLETALK**: Appletalk Netzwerk
- Durch **type** wird die Kommunikations Semantik festgelegt
  z.B.: in **PF_INET** Domain:
  - **SOCK_STREAM**: Stream-Socket
  - **SOCK_DGRAM**: Datagramm-Socket
  - **SOCK_RAW**





# 1 Erzeugen eines neuen Sockets (2)

- **protocol** legt das Protokoll fest.
  - 0 bedeuted hierbei: Standardprotokoll für Domain/Type Kombination
  - Normalerweise gibt es zu jeder Kombination aus Sockettyp/-familie nur ein Protokoll:
    - **PF_INET**, **SOCK_STREAM**: → TCP
    - **PF_INET**, **SOCK_DGRAM**: → UDP






# 2 Binden von Sockets

- Binden eines Sockets an eine lokale Adresse
- **bind** bindet an lokale IP-Adresse + Port

```
int bind(int sockfd,
              struct sockaddr *my_addr,socklen_t addrlen);
```

  - **sockfd**: Socketdeskriptor
  - **my_addr**: Protokollspezifische Adresse
  - **addrlen**: Größe der Adresse in Byte





# 3 Socket Adressen

- Socket-Interface (**<sys/socket.h>**) ist protokoll-unabhängig

```
struct sockaddr {
   sa_family_t        sa_family;     /* Adressfamilie */
   char               sa_data[14];   /* Adresse */
};
```

- Internet-Protokoll-Familie (**<netinet/in.h>**) verwendet

```
struct sockaddr_in {
   sa_family_t        sin_family;    /* = AF_INET */
   in_port_t          sin_port;      /* Port */
   struct in_addr     sin_addr;      /* Internet-Adresse */
   char               sin_zero[8];   /* Füllbytes */
}
```

# 4 Lokales Binden eines Sockets

- **INADDR_ANY**: wenn Socket auf allen lokalen Adressen (z.B. allen Netzwerkinterfaces) Verbindungen akzeptieren soll
- **sin_port = 0**: wenn die Portnummer vom System ausgewählt werden soll (Portnummer könnte dann z.B. über Portmapper abfragbar sein)
- Portnummern < 1024: privilegierte Ports für root
- Adresse und Port müssen in Netzwerk-Byteorder vorliegen
- Beispiel:

```
#include <sys/types.h>
#include <netinet/in.h>

struct sockaddr_in sin;
sin.sin_family = AF_INET;
sin.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
sin.sin_port = htons(MYPORT);

s = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
bind(s, (struct sockaddr *) &sin, sizeof sin);
```





# 5 Socket-Adresse aus Hostnamen erzeugen

- **gethostbyname** liefert Informationen über einen Host

```
#include <netdb.h>

struct hostent *gethostbyname(const char *name);
```

- Strktur **hostent**

```
struct hostent {
    char*   h_name;       /* offizieller Rechnername */
    char**  h_aliases;    /* alternative Namen */
    int     h_addrtype;   /* = AF_INET */
    int     h_length;     /* Länge einer Adresse */
    char**  h_addr_list;  /* Liste von Netzwerk-Adressen,
                             Abgeschlossen durch NULL */
};

#define h_addr h_addr_list[0]
```







# 5 Socket-Adresse aus Hostnamen erzeugen (2)

- Beispiel

```
char *hostname = "faui40";
int port = 4711;
struct hostent *host;
struct sockaddr_in saddr;

host = gethostbyname(hostname);
if(!host) {
    perror("gethostbyname()");
        exit(EXIT_FAILURE);
}
memset(&saddr, 0, sizeof(saddr)); /* initialisieren */
memcpy((char *) &saddr.sin_addr,
                  (char *) host->h_addr, host->h_length);
saddr.sin_family = AF_INET;
saddr.sin_port   = htons(port);

/* saddr verwenden ... z.B. bind, connect bzw. sendto*/
```





# 6 TCP Verbindung: Verbindungsannahme durch Server

- **listen**: wieviele ankommende Verbindungswünsche sollen gepuffert werden (d.h. auf ein **accept** warten)

```
int listen(int s, int backlog);
```

- **accept** nimmt Verbindung an

```
int accept(int s,
                struct sockaddr *addr, socklen_t *addrlen);
```

  - **accept** blockiert solange, bis ein Verbindungswunsch ankommt
  - es wird ein neuer Socket erzeugt und an remote Adresse + Port gebunden (lokale Adresse + Port bleiben unverändert)
  - dieser Socket wird für die Kommunikation benutzt
  - der ursprüngliche Socket kann für die Annahme weiterer Verbindungen genutzt werden
  - **addr**: enthält die Adresse des Kommunikationspartners

# 6 TCP Verbindung: Verbindungsannahme durch Server

- Beispiel

```
...

listen(s, 5);              /* Allow queue of 5 connections */

struct sockaddr_in from;
socklen_t fromlen = sizeof(from);
newsock = accept(s, (struct sockaddr *) &from, &fromlen);
```





# 7 TCP Verbindung: Verbindungsaufbau durch Client

- **connect** meldet Verbindungswunsch an Server

```
int connect(int sockfd,
    const struct sockaddr *serv_addr, socklen_t addrlen);
```

  - **connect** blockiert solange, bis Server Verbindung mit **accept** annimmt
  - Socket wird an die remote Adresse gebunden
  - Kommunikation erfolgt über den Socket
  - falls Socket noch nicht lokal gebunden ist, wird gleichzeitig eine lokale Bindung hergestellt (Portnummer wird vom System gewählt)

- Beispiel:

```
struct sockaddr_in server;
  ...
connect(s, (struct sockaddr *)&server, sizeof server);
```






# 8 Lesen und Schreiben auf Sockets

- mit **read**, **write**

- Beispiel: Server, der alle Eingaben wieder zurückschickt

```
int fd = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0); /* Fehlerabfrage */

struct sockaddr_in name;
name.sin_family = AF_INET;
name.sin_port = htons(port);
name.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);

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

listen(fd, 5); /* Fehlerabfrage */

int in_fd = accept(fd, NULL, 0); /* Fehlerabfrage */

char * buf = new char[100];
for(;;) {
    int n = read(in_fd, buf, sizeof(buf)); /* Fehler? */
    write(in_fd, buf, n); /* Fehlerabfrage */
}

close(in_fd);
```





# 8 Lesen und Schreiben auf Sockets (2)

- mit **send**, **recv**

- Beispiel: Server, der alle Eingaben wieder zurückschickt

```
int fd = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0); /* Fehlerabfrage */

name.sin_family = AF_INET;
name.sin_port = htons(port);
name.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);

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

listen(fd, 5); /* Fehlerabfrage */

in_fd = accept(fd, NULL, 0); /* Fehlerabfrage */

for(;;) {
    int n = recv(in_fd, buf, sizeof(buf), 0); /* Fehler? */
    send(in_fd, buf, n, 0); /* Fehlerabfrage */
}

close(in_fd);
```

## 9 Schließen einer Socketverbindung

- close

```
#include <unistd.h>

int close(int fd);
```

- shutdown

```
int shutdown(int s, int how);
```

  - **how**:
    - SHUT_RD: verbiete Empfang
    - SHUT_WR: verbiete Senden
    - SHUT_RDWR: verbiete Senden und Empfangen





## 10 Probleme beim wiederverwenden des Ports

- Socketoptionen

```
int setsockopt(int s, int level, int optname,
               const void *optval, socklen_t optlen);
```

  - **level**: z.B.: SOL_SOCKET: Socket Ebene
  - **optname**: Name der Option (für SOL_SOCKET siehe **socket(7)**)
    z.B.: SO_REUSEADDR: **bind** soll lokale Adresse sofort wiederverwenden
  - **val**: Wert

- Binden an eine Portnummer, die sich im Status TIME_WAIT befindet

```
int sock;
int val = 1;

if ((sock = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
        perror ("socket open failed");
        exit (2);
}
setsockopt (sock,SOL_SOCKET,SO_REUSEADDR,&val,sizeof val);
```







## 11 UDP Verbindung

- Verbindungslos: kein **accept**, kein **connect**
- Empfänger bzw. Absender kann bei jedem Paket anders sein
- Senden

```
int sendto(int s, const void *msg, size_t len, int flags,
           const struct sockaddr *to, socklen_t tolen);
```

  - mittels **to** wird die Zieladresse festgelegt

- Empfangen

```
int recvfrom(int s, void *buf, size_t len, int flags,
             struct sockaddr *from, socklen_t *fromlen);
```

  - in **from** steht der Absender





# D.5 Windows Sockets

- Unterschiede:
  - Bibliothek initialisieren
  - Fehlerstatus ermitteln
  - unterschiedliche Argumenttypen

## 1 Vorraussetzungen

- benötigte Bibliothek: ws2_32.lib
  - VS.NET:
    Projekteigenschaften -> Linker : Eingabe -> zusätzliche Abhängigkeiten
  - VS6:
    Projekteinstellungen -> Linker (Allgemein) -> Bibliotheksmodule

## 2 Initialisieren

- Bibliothek initialisieren:

```
int WSAStartup( WORD wVersionRequested, LPWSDATA lpWSAData );
```

  - **wVersionRequested**: angeforderte Version
  - **lpWSAData**: Informationen über die verwendete Bibliothek

- Struktur WSADATA:

```
typedef struct WSAData {
    WORD           wVersion;
    WORD           wHighVersion;
    char           szDescription[WSADESCRIPTION_LEN+1];
    char           szSystemStatus[WSASYS_STATUS_LEN+1];
    unsigned short iMaxSockets
    unsigned short iMaxUdpDg
    char           lpVendorInfo;
} WSADATA;
```





## 2 Initialisieren (2)

- von der Bibliothek abmelden

```
int WSACleanup(void);
```

  - gibt alle durch die Bibliothek belegten Ressourcen wieder frei
  - schließt alle offenen Verbindungen

- Beispiel:

```
    WORD wVersionRequested = MAKEWORD( 2, 2 );;
    WSADATA wsaData;
    int err;

    if ( WSAStartup( wVersionRequested, &wsaData ) != 0)
        return false;
    // Confirm that the WinSock DLL supports 2.2.
    if ( LOBYTE( wsaData.wVersion ) != 2 ||
        HIBYTE( wsaData.wVersion ) != 2 ) {
        // no usable WinSock DLL found
        WSACleanup( );
        return false;
    }
    // The WinSock DLL is acceptable. Proceed.
    return true;
```







## 3 Fehlerstatus und -meldungen

- Fehlerstatus abfragen:

```
int WSAGetLastError (void);
```

  - statt eine globale Variable **errno** zu setzen, muss hier der Fehlercode durch eine Funktion abgefragt werden

- Beispiel: (vom Fehlercode zur Fehlermeldung)

```
int eno = WSAGetLastError();
LPVOID lpMsgBuf = NULL;
FormatMessage( FORMAT_MESSAGE_ALLOCATE_BUFFER |
               FORMAT_MESSAGE_FROM_SYSTEM |
               FORMAT_MESSAGE_IGNORE_INSERTS,
               NULL, eno,
               MAKELANGID(LANG_NEUTRAL, SUBLANG_DEFAULT),
               (LPTSTR) &lpMsgBuf, 0, NULL
               );
// Display the string.
if (lpMsgBuf != NULL)
    cerr << msg << (char *)lpMsgBuf << endl;
// Free the buffer.
LocalFree( lpMsgBuf );
```





## 4 Socket Funktionen: Windows vs. Linux/Solaris

- Headerdatei: **windows.h** (oder **winsock2.h**)
- Verbindungsaufbau:
  - Socket Funktionen analog zu UNIX: **socket**, **bind**, **gethostbyname**, **listen**, **accept**, **connect**, **setsockopt**
  - Unterschied: Socketdescriptor ist vom Typ **SOCKET** statt **int**
- Datenübertragung:
  - kein **write** oder **read** möglich
  - **recv**, **send**, **recvfrom**, **sendto** analog zu UNIX
  - Unterschied: Adresslänge (bei **revcfrom**) vom Typ **int** statt **socklen_t**
- Verbindungsabbau:
  - Unterschied: **closesocket** statt **close**
  - **shutdown** ist analog zu UNIX

# D.6 Threads

- Vergleich von Prozess und Thread-Konzepten
- POSIX-Threads
- Windows Threads





## 1 Motivation von Threads

- UNIX-Prozesskonzept ist für viele heutige Anwendungen unzureichend
- in Multiprozessorsystemen werden häufig parallele Abläufe in einem virtuellen Adreßraum benötigt
- zur besseren Strukturierung von Problemlösungen sind oft mehrere Aktivitätsträger innerhalb eines Adreßraums nützlich
- typische UNIX-Server-Implementierungen benutzen die fork-Operation, um einen Server für jeden Client zu erzeugen
  - ➥ Verbrauch unnötig vieler System-Ressourcen (Datei-Deskriptoren, Page-Table, Speicher, ...)






## 2 Vergleich von Prozess- und Thread-Konzepten

- mehrere **UNIX-Prozesse** mit gemeinsamen Speicherbereichen

  Bewertung:

  + echte Parallelität möglich
  – viele Betriebsmittel zur Verwaltung eines Prozesses notwendig; Prozessumschaltungen aufwendig → teuer
  – innerhalb einer solchen Prozessfamilie wäre häufig ein anwendungsorientiertes Scheduling notwendig: schwierig realisierbar





## 2 Vergleich von Prozess- und Thread-Konzepten (2)

- ***User-Level-Threads*** (Koroutinen) — Realisierung von Threads auf Benutzerebene innerhalb eines Prozesses

  Bewertung:

  + Erzeugung von Threads und Umschaltung extrem billig
  + Verwaltung und Scheduling anwendungsorientiert möglich
  – Systemkern hat kein Wissen über diese Threads
    - ➥ Scheduling zwischen den Koroutinen schwierig (Verdrängung meist nicht möglich)
    - ➥ in Multiprozessorsystemen keine parallelen Abläufe möglich
    - ➥ wird eine Koroutine wegen eines *page faults* oder in einem Systemaufruf blockiert, ist der gesamte Prozess blockiert

## 2 Vergleich von Prozess- und Thread-Konzepten (3)

- ***Kernel-Threads***: leichtgewichtige Prozesse
  *(lightweight processes)*

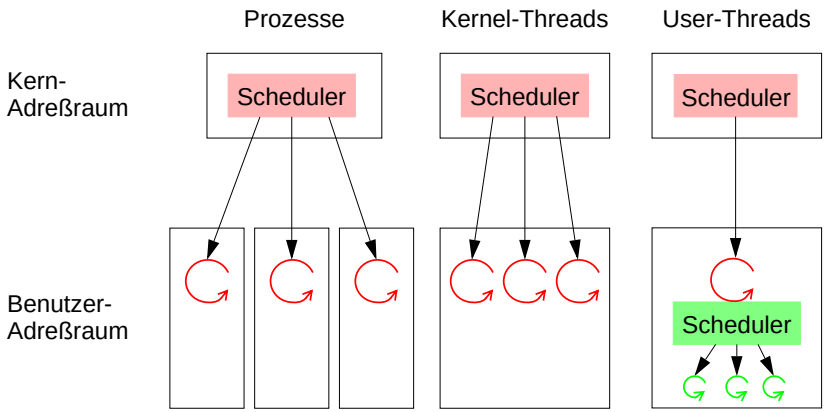
  Bewertung:

  + gemeinsame Nutzung von Betriebsmitteln
  + jeder leichtgewichtige Prozess ist dem Betriebssystemkern bekannt
    - eigener Programmzähler, Registersatz, Stack
  + Umschalten zwischen zwei leichtgewichtigen Prozessen einer Gruppe ist erheblich billiger als eine normale Prozessumschaltung
    - ➥ es müssen nur die Register und der Programmzähler gewechselt werden (entspricht dem Aufwand für einen Funktionsaufruf)
    - ➥ Adreßraum muss nicht gewechselt werden
    - ➥ alle Systemressourcen bleiben verfügbar
  – Verwaltung und Scheduling meist durch Kern vorgegeben





## 2 Vergleich von Prozess- und Thread-Konzepten (5)










## 2 Vergleich von Prozess- und Thread-Konzepten (3)

- Vergleich

| | Prozesse | Kernel-Threads | User-Threads |
|---|---|---|---|
| Kosten | – teuer | O mittel | + billig |
| Betriebssystemeingliederung | + gut | + gut | – schlecht |
| Interaktion untereinander | – schwierig | + einfach | + einfach |
| Benutzerkonfigurierbarkeit | – nein | – nein | + ja |
| Gerechtigkeit | – nein | + ja | ± teils |

  – Gerechtigkeit bedeutet:
  wie kommt das System damit klar, wenn eine Anwendung eine große Anzahl von Aktivitätsträgern erzeugt, eine andere dagegen eine geringe — werden Zeitscheiben an Anwendungen oder an Aktivitätsträger vergeben?





## 3 UNIX — Prozesse, LWPs & Threads

- Thread-Konzept zunehmend auch in UNIX-Systemen realisiert
  - ◆ Solaris
  - ◆ HP UX
  - ◆ Digital UNIX
  - ◆ Linux
  - ◆ ...
- Programmierschnittstelle standardisiert: **Pthreads-Bibliothek**
  - ➥ IEEE POSIX Standard P1003.4a
- Pthreads-Implementierungen aber sehr unterschiedlich!
  - ➤ reine User-level-Threads (HP-UX)
  - ➤ reine Kernel-Threads (Linux, MACH, KSR-UNIX, Digital UNIX)
  - ➤ parametrierbare Mischung (Solaris)
- Daneben z. T. auch andere Thread-Bibliotheken (z. B. Solaris-Threads)

# 4 pthread-Benutzerschnittstelle

- **Pthreads-Schnittstelle (Basisfunktionen)**:

| | |
|---|---|
| ***pthread_create*** | Thread erzeugen & Startfunktion angeben |
| ***pthread_exit*** | Thread beendet sich selbst |
| ***pthread_join*** | Auf Ende eines anderen Threads warten |
| ***pthread_self*** | Eigene Thread-Id abfragen |
| ***pthread_yield*** | Prozessor zugunsten eines anderen Threads aufgeben |





# 4 pthread-Benutzerschnittstelle (2)

- Threaderzeugung

```
#include <pthread.h>

int pthread_create(  pthread_t *thread,
                     const pthread_attr_t *attr,
                     void *(*start_routine)(void *),
                     void *arg)
```

  - **`thread`** Thread-ID
  - **`attr`** modifizieren von Attributen des erzeugten Threads (z. B. Stackgröße). **`NULL`** für Standardattribute.
  - Thread wird erzeugt und startet mit der Ausführung der Funktion **`start_routine`** mit Parameter **`arg`**
  - Rückgabewert: 0; im Fehlerfall -1 außerdem wird **`errno`** gesetzt







# 4 pthread-Benutzerschnittstelle (3)

- explizites beenden eines Threads:

```
void pthread_exit(void *retval)
```

  - Der Thread wird beendet und **retval** wird als Rückgabewert zurück geliefert (siehe **`pthread_join`**)

- Auf Thread warten und exit-Status abfragen:

```
int pthread_join(pthread_t thread, void **retvalp)
```

  - Wartet auf den Thread mit der Thread-ID **`thread`** und liefert dessen Rückgabewert über **`retvalp`** zurück.





# 5 Beispiel (Multiplikation Matrix mit Vektor)

```
double a[100][100], b[100], c[100];

int main(int argc, char* argv[]) {
    pthread_t tids[100];
...
    for (i = 0; i < 100; i++)
        pthread_create(tids + i, NULL, mult,
                                 (void *)(c + i));
    for (i = 0; i < 100; i++)
        pthread_join(tids[i], NULL);
...
}

void *mult(void *cp) {
    int j, i = (double *)cp - c;
    double sum = 0;

    for (j = 0; j < 100; j++)
        sum += a[i][j] * b[j];
    c[i] = sum;
    return 0;
}
```

# 6 Pthreads-Koordinierung

- UNIX-Semaphore für Koordinierung von leichtgewichtigten Prozessen zu teuer
  - Implementierung durch den Systemkern
  - komplexe Datenstrukturen
- Bei Koordinierung von Threads reichen meist einfache ***mutex***-Semaphore
  - gewartet wird durch Blockieren des Threads oder durch *busy wait (Spinlock)*

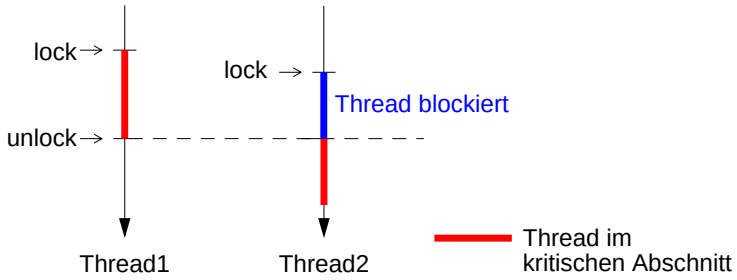




# 6 Pthreads-Koordinierung (2)

★ **Mutexes**

- Koordinierung von kritischen Abschnitten










# 6 Pthreads-Koordinierung (3)

- Mutex erzeugen

```
int pthread_mutex_init(pthread_mutex_t *mutex,
                       const pthread_mutexattr_t *attr)
```

- Lock & unlock

```
int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mutex);
int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *mutex);
```

- Beispiel:

```
pthread_mutex_t m1;
pthread_mutex_init(&m1, pthread_mutexattr_default);
...
pthread_mutex_lock(&m1);
... kritischer Abschnitt
pthread_mutex_unlock(&m1);
```





# 7 Zusammenfassung - Pthreads

- standardisierte Thread API
- unterschiedliche Implementierung
- einfache Threaderzeugung mittels **`pthread_create`**
- Koordinierung mit Hilfe von Mutexes
  **`pthread_mutex_lock, pthread_mutex_unlock`**

# D.7 Windows Threads

## 1 Windows Threads Benutzerschnittstelle (2)

- Threaderzeugung

```
HANDLE CreateThread(
    LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThreadAttributes,
    DWORD dwStackSize,
    LPTHREAD_START_ROUTINE lpStartAddress,
    LPVOID lpParameter,
    DWORD dwCreationFlags,
    LPDWORD lpThreadId
);
```

  - Rückgabe: Thread-Handel
  - **lpThreadAttributes:** Sicherheitsattribute (Vererbung des Handles)
  - **dwStackSize**: Stackgröße in Bytes (**NULL** =Standard)
  - Thread startet mit der Funktion **lpStartAddress** mit **lpParameter** als Parameter
  - **dwCreationFlags**: wie wird der Thrad erzeugt ( z.B.: **CREATE_SUSPENDED**)
  - **lpThreadId**: Thread Identifier (!= **NULL**)





## 1 Windows Threads Benutzerschnittstelle (2)

- Handle zu existierendem Thread erstellen

```
HANDLE OpenThread( DWORD dwDesiredAccess,
                   BOOL bInheritHandle, DWORD dwThreadId );
```

  - **dwDesiredAccess**: Zugriffsart (z.B. **THREAD_QUERY_INFORMATION**)
  - **bInheritHandle**: soll das Handle vererbbar sein?
  - **dwThreadId**: Thread ID

- explizites beenden eines Threads:

```
void ExitThread(DWORD dwExitCode);
```

- beenden eines anderen Threads:

```
BOOL TerminateThread( HANDLE hThread, DWORD dwExitCode );
```

- Exit Status eines Threads abfragen:

```
BOOL GetExitCodeThread( HANDLE hThread, LPDWORD lpExitCode );
```

  - wenn der Thread noch läuft: **ExitCode = STILL_ACTIVE**







## 1 Windows Threads Benutzerschnittstelle (3)

- Auf Thread warten:

```
DWORD WaitForSingleObject(HANDLE hHandle,
                          DWORD dwMilliseconds );
```

  - **hHandle**: Thread-Handle
  - **dwMilliseconds**: Timeout

- Fehlerstatus abfragen:

```
int GetLastError (void);
```

  - (vgl. **WSAGetLastError)**

- Handle freigeben:

```
BOOL CloseHandle (HANDLE hObject);
```





## 2 Thread-Koordinierung

- Mutex erzeugen

```
HANDLE CreateMutex(LPSECURITY_ATTRIBUTES lpMutexAttributes,
                   BOOL bInitialOwner, LPCTSTR lpName );
```

  - **lpMutexAttributes**: Sicherheitsattribute (Vererbung des Handles)
  - **bInitialOwner**: soll der Mutex gleich belegt sein
  - **lpName:** Name des Mutexes

- existierendes Mutex öffnen

```
HANDLE OpenMutex( DWORD dwDesiredAccess,
                  BOOL bInheritHandle, LPCTSTR lpName );
```

  - **dwDesiredAccess**:Zugriffsart
  - **bInheritHandle**: soll das Handle vererbbar sein?
  - **lpName**: Name des Mutexes

## 2 Thread-Koordinierung (2)

- Lock

```
DWORD WaitForSingleObject(HANDLE hHandle,
                          DWORD dwMilliseconds );
```

  - **hHandle**: Mutex-Handle
  - **dwMilliseconds**: Timeout ( **INFINITE** = kein Timeout)

- Unlock

```
BOOL ReleaseMutex( HANDLE hMutex );
```





## 2 Thread-Koordinierung (3)

- Beispiel:

```
HANDLE hMutex = CreateMutex( NULL, FALSE, "myMutex");
if (hMutex == NULL) { /* error */}

...

// Mutex anfordern
DWORD dwWaitResult = WaitForSingleObject( hMutex, 5000L);
switch (dwWaitResult) {
       // The thread got mutex ownership.
       case WAIT_OBJECT_0:
           // kritischer Abschnitt
           if (! ReleaseMutex(hMutex)) { /* error */ }
           break;
       case WAIT_TIMEOUT: // timeout
            return FALSE;
       case WAIT_ABANDONED: // abandoned mutex
            return FALSE;
};
```








# D.8 Zusammenfassung

- Windows Sockets
  - Bibliothek initialisieren
  - Aufrufe analog zu POSIX-Standard
  - Fehlercode mittels **WSAGetLastError**
  - Abmelden von der Bibliothek
- Windows Threads
  - Threaderzeugung mittels **CreateThread**
  - Mutexes zur Koordination