Einführung in die Informatik

Betriebssystem-Architekturen, Nebenläufigkeit und Netzwerke

Meik Teßmer

Inhalt der Veranstaltung

Lernziele:

- Betriebssystem-Architekturen
- leichtgewichtige Alternative zu Prozessen: Threads

  Nebenläufigkeit und Synchronisation
- Netzwerke

Wiederholung: Betriebssysteme

- Multiprogramming: effiziente Ressourcennutzung
- Timesharing: faire Ressourcenverteiltung
- Spooling: flexible Jobverwaltung
- Kernel-/User-Mode: Schutz der Prozesse
- virtueller Speicher: große Programme
- Prozesse und -verwaltung: Zustände, Scheduler
- Prozesskommunikation: Signale, Pipes/Dateisystem
- besondere Vorkehrungen bei Mehrbenutzersystemen

Architekturen von Betriebssystem

- Monolith
- geschichtete Systeme
- virtuelle Maschinen
- Client-Server/Mikrokernel
- verteilte Systeme

Monolith

- alle Systemaufrufe bzw. die umsetzenden Prozeduren sind als große Masse implementiert
- jede Prozedur kann jede anderen aufrufen

  $\rightarrow$ kein Information Hiding-Prinzip, keine Modularisierung
- minimale Struktur nur durch TRAP-Befehl (Umschalten von Kernel- und User-Mode)
- Beispiel: MS-DOS, erste MS Windows-Versionen

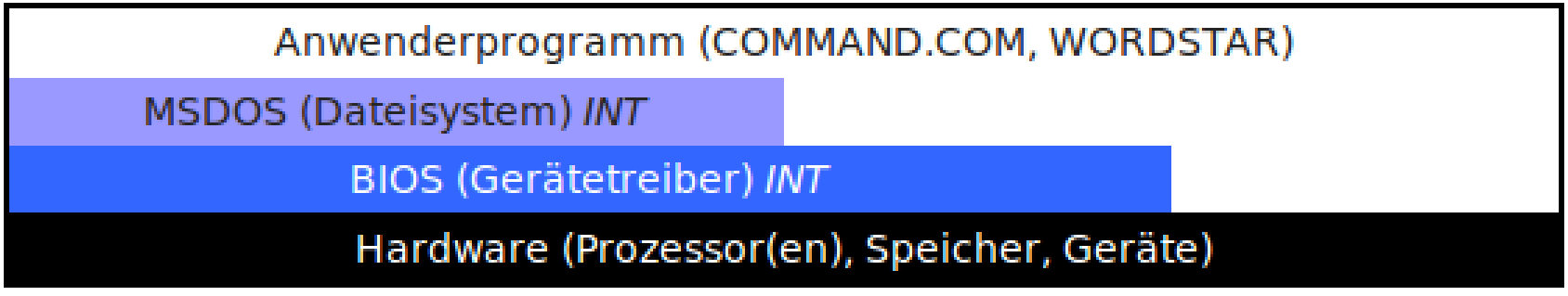


Figure 1: MS DOS

Geschichtete Systeme

erstes System: THE-System von Dijkstra (1968):

- unterste Schicht verwaltete Prozessor und Prozesse (Basis für Multiprogramming)
- nächste Schicht verwaltete Speicher
- nächsten Schichten setzten Prozesskommunikation, Ein-/Ausgabeverwaltung um
- letzten beiden Schichten: Benutzerprogramme und der Benutzer selbst

Verallgemeinerung dieses Konzepts: Ringe in MULTICS (Unix-Vorläufer)

Geschichtete Systeme

die meisten modernen Betriebssysteme sind schichtartig konzipiert

Beispiel: GNU/Linux

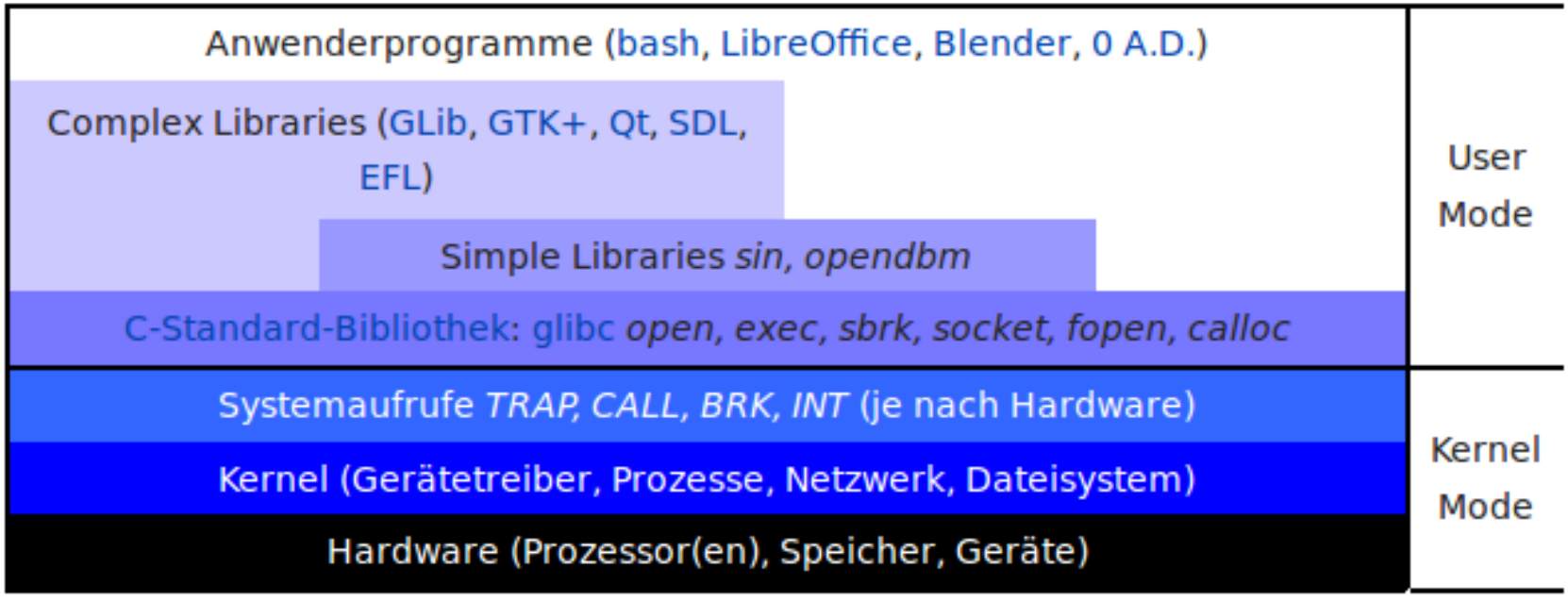


Figure 2: GNU/Linux

Virtuelle Maschinen

- zentrales Element: *Monitor*-Programm (auch Hypervisor genannt)
- läuft direkt auf der Hardware und stellt mehrere virtuelle Maschinen bereit
- virtuelle Maschine: exakte Kopie der unterliegenden Hardware (besitzen ebenfalls einen Kernel- und User-Mode, I/O, TRAP-Befehle etc.)

  $\rightarrow$ Betriebssysteme/Programme merken keinen Unterschied
- Beispiele: IBM z/VM, VMware ESX, Qemu/KVM, VirtualBox

Virtuelle Maschinen

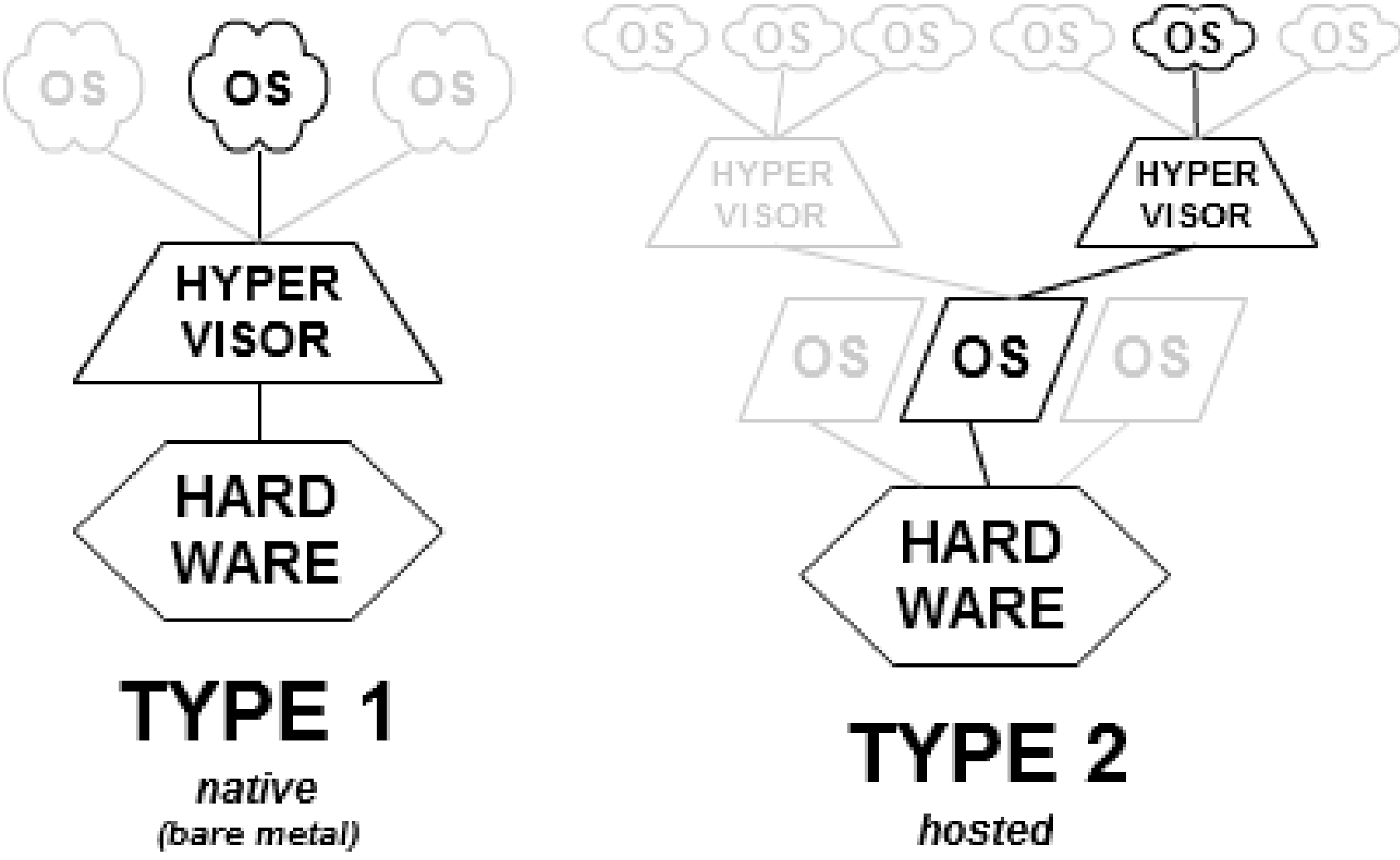


Figure 3: Virtuelle Maschinen: Varianten

Client-Server-Systeme

- Idee: Kernel so klein wie möglich
- *Mikrokernel*: verwaltet Kommunikation von Client- und Server-Prozessen
- Server-Beispiele: Speicherserver, Prozess-Server
- Vorteile:
  - Fehler bringen nicht das gesamte System zum Absturz
  - Konzept kann leicht auf verteilte Systeme erweitert werden
- Beispiele
  - Mikrokernel: Mach, L4 (Fiasco, Pistachio, Hazelnut)
  - Systeme: Minix, QNX, GNU/Hurd, L4Linux

Client-Server-Systeme

Vergleich Monolith und Client-Server

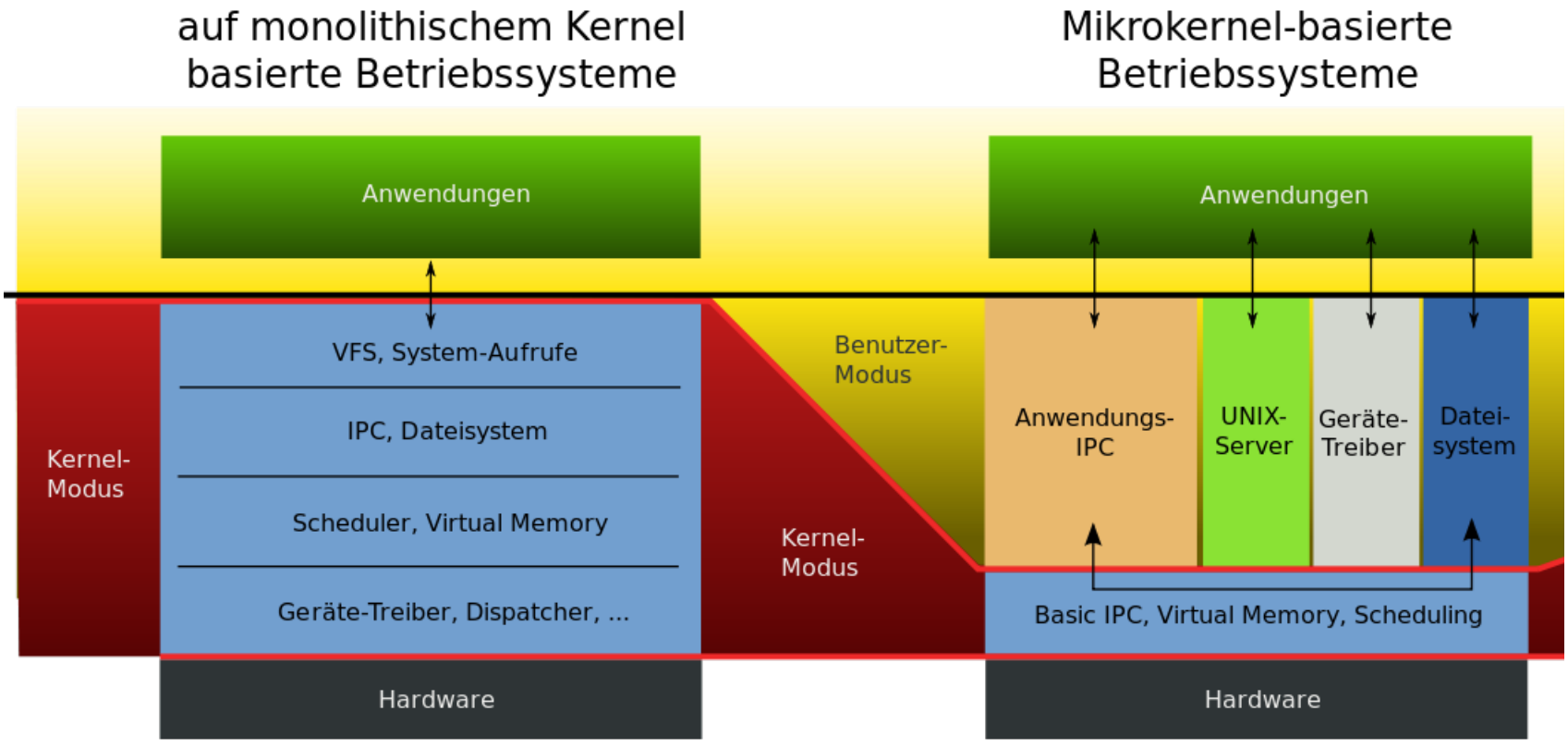


Figure 4: Monolith vs. Mikrokernel

Client-Server-Systeme

Beispiel: MINIX3

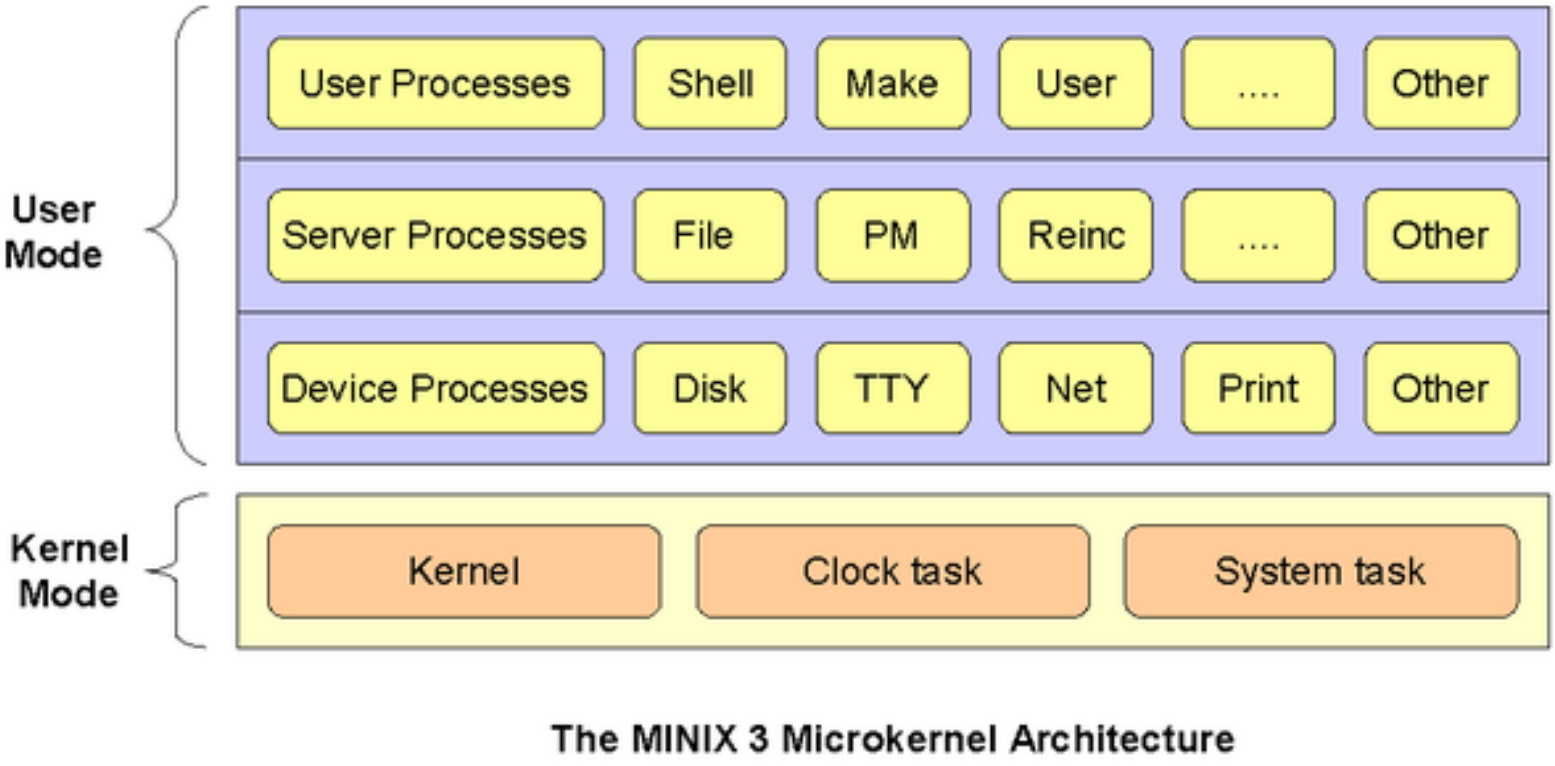


Figure 5: MINIX3

Verteilte Systeme

- Client- und Serverprozesse können auf unterschiedlichen Maschinen laufen
- Kommunikation findet via Netzwerk statt
- Vorteil: Zusammenfassung von Rechenleistung und Speicher
- Beispiel-System: Plan 9, QNX

Variante: Cluster-Betriebssysteme wie MOSIX, OpenSSI

- Single-System Image: Rechnerverbund erscheint als *ein Rechner*

Nebenläufigkeit

Was heißt das?

- Multiprogramming: mehrere Prozesse laufen „gleichzeitig“
- Problem: Kontext-Switch kostet Zeit und Ressourcen
  - Prozess-Metadaten müssen gesichert werden (Stack, Program Counter etc.)
  - Metadaten eines anderen Prozesses müssen restauriert werden

  $\rightarrow$ möglichst vermeiden oder so schnell wie möglich machen
- Alternative: Nebenläufigkeit *in* einem Prozess

Kleine Prozesse: Threads

- Ziel: schlanke parallele Ausführung von Code (Prozesse sind *groß* (Stack, Pointer usw.)

  $\rightarrow$ *Threads*

- Threads laufen *in* einem Prozess

  $\rightarrow$ jedes Programm hat also mindestens 1 *Thread*, den „Hauptstrang“

- Threads können wie Prozesse auch auf CPUs verteilt werden

- Problem: Zugriff auf gemeinsame Datenstrukturen

  $\rightarrow$ Locking, Semaphore usw.

Threads: Beispiel

Aufgabe: URLs aus dem Netz ziehen

```
from urllib.request import urlopen

output = open("das_internet.txt", "w")
urls = ['http://www.google.com',
  'http://www.facebook.com']
for url in urls:
  try:
    data = urlopen(url)
  except urllib.URLError as e:
    print('URL %s failed: %s' % (url, e))

  output.write(data.read().decode("latin1"))

output.close()
```

Threads: Beispiel

- Bausteine:
  - Thread-Erzeugung
  - Threads starten
  - auf Ende warten
- Erzeugung: Ableiten von `Thread`:

```
class FetchUrls(threading.Thread):
  def __init__(self, urls, output):
    threading.Thread.__init__(self)

  ...

output = open('output.txt', 'w+')
thread1 = FetchUrls(urls1, f)
thread2 = FetchUrls(urls2, f)
```

Threads: Beispiel

- Thread starten:

```
thread1.start() # ruft run()-Methode
thread2.start() # der Klasse auf
```

- auf Ende warten:

```
thread1.join() # Hauptstrang wartet
thread2.join() # auf Threads
```

Thread Demo: `thread_demo.py`

thread_demo.py

```
...


  def run(self):
    print("Thread ID:", self.ident)
    while self.urls:
      url = self.urls.pop()
      try:
        d = urlopen(url)
      except urllib.URLError as e:
        print('URL %s failed: %s' % (url, e))

      self.output.write(d.read().decode("latin-1"))
```

Threads: Beispiel

Problem: Ausgabe-Datei

- beide Threads schreiben, wenn sie eine URL herunter geladen haben
- Geschwindigkeit ist abhängig von Netzwerk, Antwortzeit und Größe des Inhalts

  $\rightarrow$ Ausgabe-Datei ist durchmischt
- einfache Lösung: Lock

Threads: Beispiel

- Lock holen: `acquire()`
- Lock freigeben: `release()`

  → Synchronisation beider Threads bei Zugriff auf gemeinsame Ressourcen

- Anpassung des Codes:

```
lock = threading.Lock()
t1 = FetchUrls(urls1, output, lock)
...
```

```
        self.lock.acquire()
        self.output.write(d.read().decode("latin-1"))
        self.lock.release()
```

Thread Demo 2: `thread_demo2.py`

Netzwerke

Das Internet

Für einige Neuland... Für uns?

Anfänge des Datenaustauschs

- Datenaustausch früher: Disketten auf dem Schulhof, per Post, Ausdrucken/Abschreiben
- moderne Variante: USB-Sticks, CDs/DVDs
- beides nennt man auch *Sneakernet*
- *Bandbreite* recht gering (Diskette: 1,44 MB, DVD: 4,7 GB)

  Übertragungs-Medium bestimmte die Bandbreite

Erste Verbindung von Rechnern

- Grundidee:
  - auszutauschende Daten werden in kleine Pakete zerlegt
  - Pakete werden separat übertragen
  - Empfänger setzt Pakete wieder zusammen
- 1969: ARPANET
  - Grundlage: Telefontechnik
  - Leitungen: 50 kbit/s
  - verband Forschungseinrichtungen und Universitäten
  - ab 1968: *Packet Switching* als Basistechnologie

ARPANET 1977

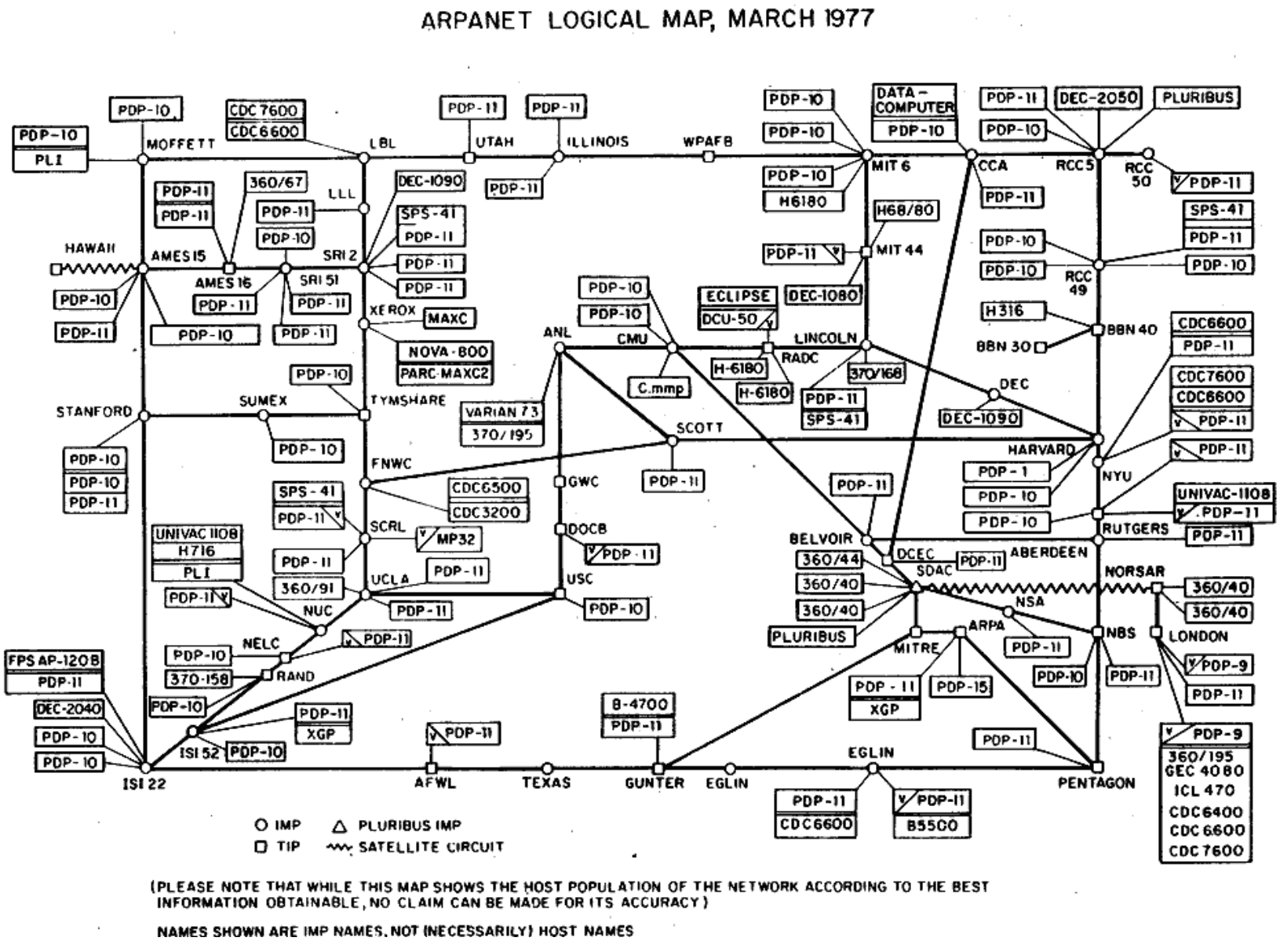


Figure 6: ARPANET

Netzwerk-Arten

- PAN: Personal Area Network
  - verbindet Geräte in direktem Umfeld (Telefon, Tablet, Headset, Uhr)
  - Reichweite: ca. 10m
  - Technik: WLAN, NFC, Bluetooth
- LAN: Local Area Network
  - verbindet Geräte in einem Gebäude
  - Technik: Ethernet (Kabel), WLAN
- WAN: Wide Area Network
  - Städte, Länder, Kontinente
  - Technik: Glasfaser, Satellit, Telefonleitungen

OSI-Referenzmodell

- OSI: Open Systems Interconnect
  - Entwicklung begann 1977
  - Standardisierung seit 1984
- Idee: Kommunikation wird auf 7 Schichten abstrahiert

Nr.	**Schicht (eng.)**	**Schicht**	**Protokolle**					
7	Application	Anwendung	HTTP		SMTP			FTP
6	Presentation	Darstellung						Postscript
5	Session	Sitzung				DNS		LDAP
4	Transport	Transport	TCP					UDP
3	Network	Vermittlung	IP				IPX	
2	Data Link	Sicherung		Ethernet	ATM		FDDI	ARP
1	Physical	Bitübertragung						

Figure 7: OSI-Referenzmodell

TCP/IP-Stack

Basis der Internet-Kommunikation

OSI-Schicht	TCP/IP-Schicht	Beispiel
Anwendungen (7)	Anwendungen	HTTP, UDS, FTP, SMTP, POP, Telnet, OPC UA
Darstellung (6)		
Sitzung (5)		
		SOCKS
Transport (4)	Transport	TCP, UDP, SCTP
Vermittlung (3)	Internet	IP (IPv4, IPv6), ICMP (über IP)
Sicherung (2)	Netzzugang	Ethernet, Token Bus, Token Ring, FDDI, IPoAC
Bitübertragung (1)		

Figure 8: TCP/IP-Stack

Kommunikation im Netz

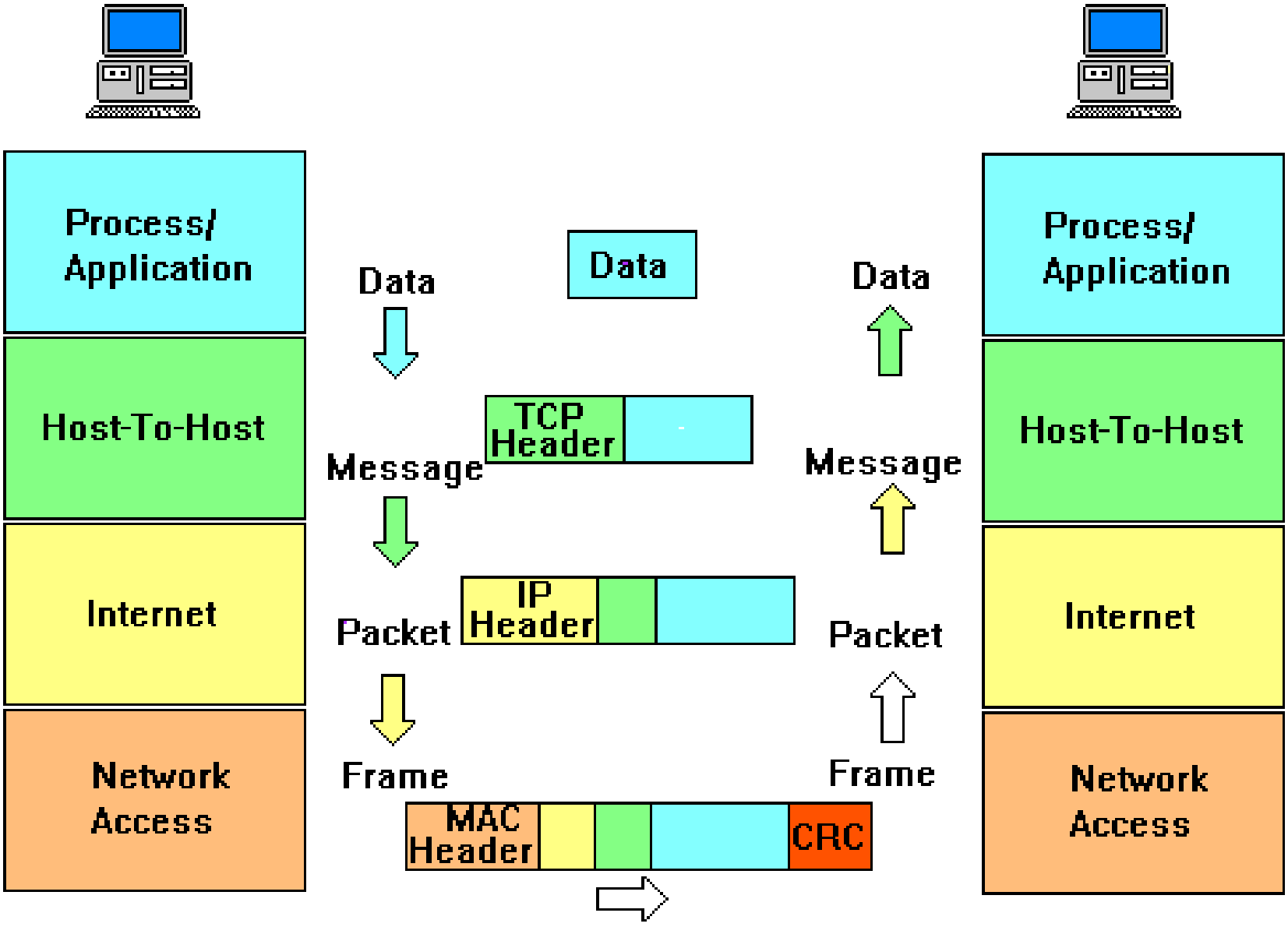


Figure 9: TCP-Stack

Netzklassen

- IP-Adressen: 32 Bit lange Zahl
- Darstellung: 4 Bytes in der Form a.b.c.d
- Adresse hat Host- und Netzwerkanteil

  $\rightarrow$ Einteilung der Adressen in einzelne Netze

	Klasse A-Netz	**Klasse B**-Netz	**Klasse C**-Netz
Netz-ID	8 Bit = 1 Byte	16 Bit = 2 Byte	24 Bit = 3 Byte
Host-ID	24 Bit = 3 Byte	16 Bit = 2 Byte	8 Bit = 1 Byte
Netzmaske	255.0.0.0	255.255.0.0	255.255.255.0
Adressklassen-ID (= Feste Bits im 1. Byte, 1. Quad)	0	10	110
Wertebereich (theoretisch)	0.0.0.0 bis 127.255.255.255	128.0.0.0 bis 191.255.255.255	192.0.0.0 bis 223.255.255.255
Anzahl der Netze	128 (= 2^{7})	16384 (= 2^{6}*256 = 64*256)	2097152 (= 2^{5}*256*256 = 32*256*256)
Anzahl der Rechner im Netz	16777216 (= 256^{3})	65536 (= 256^{2})	256 (= 256^{1})

Figure 10: Netzklassen

Reservierte Bereiche

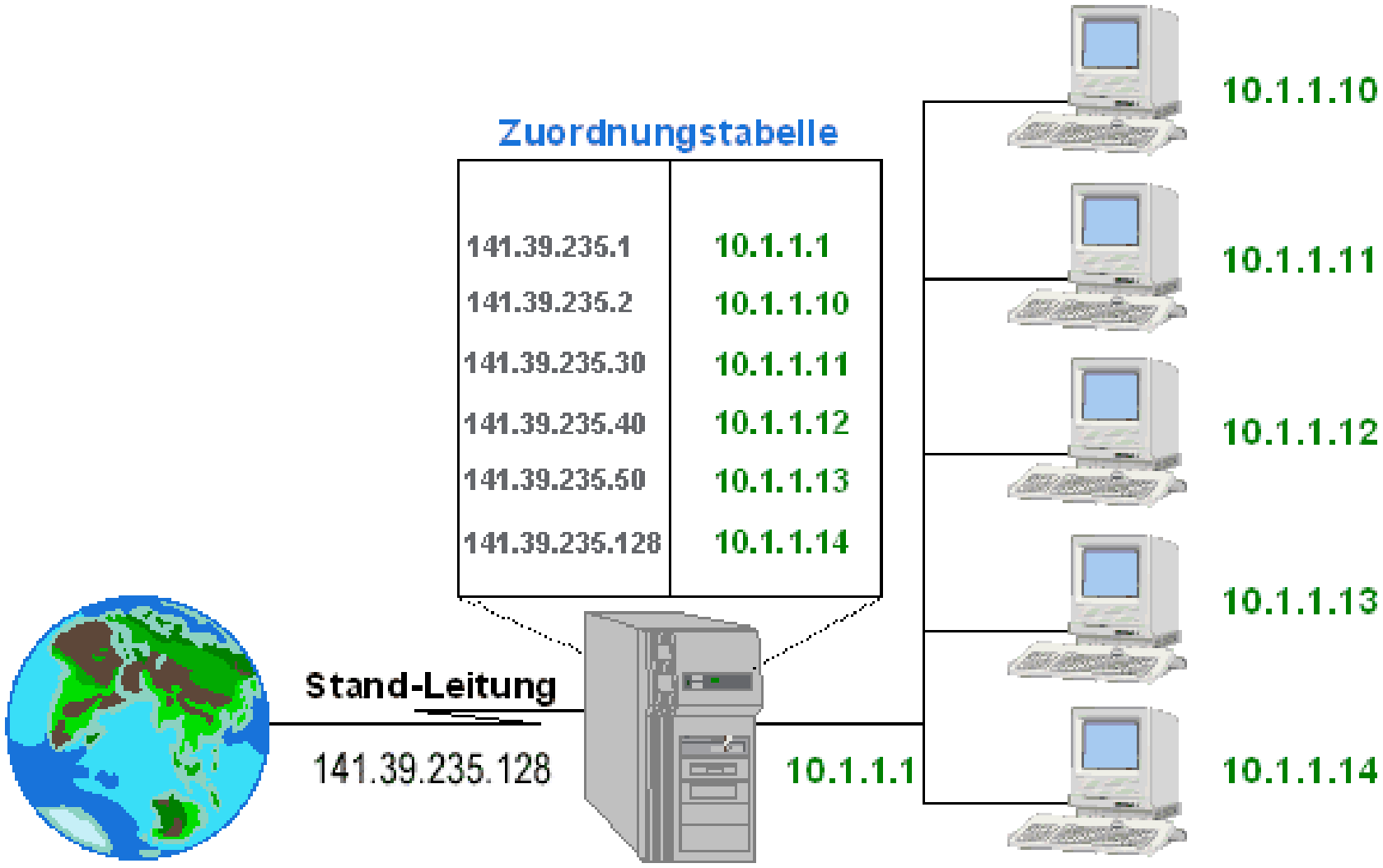
- dienen dazu, lokale Netze ohne Außenanbindung zu betreiben

  $\rightarrow$ Pakete aus diesen Netzen werden nicht weitergeleitet
- Class-A-Netz: 10.0.0.0 - 10.255.255.255
- Class-B-Netze: 172.16.0.0 - 172.31.255.255
- Class-C-Netze: 192.168.0.0 - 192.168.255.255
- automatische Adressierung: 169.254.0.0 - 169.254.255.255

Welche Problem könnte nun angesichts der zunehmenden Verbreitung von netzwerkfähigen Geräten auftreten?

Abhilfe

- NAT (Network Address Translation)



Ende

Quellen:

- Tanenbaum: Moderne Betriebssysteme, 2. Auflg.
- Wikipedia