

# Eingebettete Systeme

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

12. Oktober 2022

# Eingebettete Systeme

<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/es>

## 1 Einführung

## 2 Einführung in Unix

2.1 Grundkonzepte

2.2 Die Kommandozeile: Grundlagen

2.3 Dateisysteme

2.4 Ein- und Ausgabeströme

2.5 Pipes

2.6 Verzweigungen und Schleifen

2.7 Skript-Programmierung

2.8 GNU screen

## 3 TCP/IP in der Praxis

...

## 2 Einführung in Unix

### 2.1 Grundkonzepte

- 1965** Vorgänger: Multics (Multiplexed Information and Computing Service)  
„überladen“
- 1970** Unix: Einfachheit als Grundkonzept
- 1972** Umstellung auf neu entwickelte Programmiersprache C
- 1975** AT&T: Unix inkl. Quelltext für Universitäten
- 1977** Berkeley Software Distribution (BSD)
- 1983** GNU-Projekt
- 1987** Minix
- 1991** Linux
- 1993** FreeBSD, NetBSD
- 1994** OpenBSD
- 2000** Darwin (Mac OS X, BSD-basiert)
- 2008** Android (Linux-basiert)

## 2 Einführung in Unix

### 2.1 Grundkonzepte

Unix und C: Einfachheit als Grundkonzept

- Vermeiden von Ausnahmen
- Baukastensystem

C: Hauptprogramm  
= „normale“ Funktion

```
int main (int argc, char **argv)
{
    printf ("Hello, _world!\n");
    return 0;
}
```

Unix: übergeordnetes Verzeichnis = „normales“ Verzeichnis

```
cassini/home/peter/foo> ls -la
insgesamt 24
drwxr-xr-x  2 peter peter  4096 Okt  6 13:30 .
drwxr-xr-x 172 peter peter 20480 Okt  6 13:30 ..
cassini/home/peter/foo> cd ..
cassini/home/peter>
```

# 2 Einführung in Unix

## 2.1 Grundkonzepte

Unix und C: Einfachheit als Grundkonzept

- Vermeiden von Ausnahmen
- Baukastensystem

C: Bibliotheken

z. B.: `printf()` = „normale“ Funktion  
aus eine Bibliothek (`libc`)

Unix: Programme arbeiten zusammen

```
cassini/home/peter/bo> find . -name "*klausur*.tex" \  
| xargs grep -l "PBM-Datei"  
./2014ws/ainf/20150130.0/ainf-klausur-20150130.tex  
./2016ws/hp/20170920.0/klausur.tex  
./2016ws/hp/20170206.0/klausur.tex  
./2011ws/rarch/20120322.0/rarch-klausur-20120322.tex  
./2012ws/klausuren-gerwinski/rarch-klausur-20120322.tex  
./2013ws/ainf/20140918.0/ainf-klausur-20140918.tex  
./2017ws/hp/20180213.k1/klausur.tex  
./2017ws/hp/20180205/klausur.tex  
./2015ws/ainf/20160913/ainf-klausur-20160913.tex
```

## 2.2 Die Kommandozeile: Grundlagen

- Programm aufrufen: Namen eingeben, z. B.: `ls`
- Optionen: `ls -l`
- Lange Optionen (GNU-Konvention): `ls --help`
- Text schreiben: `echo "Hello, world!"`
- (String-)Variable setzen: `FOO=bar`
- Variable abrufen: `echo $FOO`

## 2.2 Die Kommandozeile: Grundlagen

- Programm aufrufen: Namen eingeben, z. B.: `ls`
- Optionen: `ls -l`
- Lange Optionen (GNU-Konvention): `ls --help`
- Text schreiben: `echo "Hello, world!"`
- (String-)Variable setzen: `FOO=bar`
- Variable abrufen: `echo $FOO`

```
cassini/home/peter/bo> FOO=ls
cassini/home/peter/bo> echo $FOO
ls
cassini/home/peter/bo> $FOO
2011ws  2012ws  2013ws  doc          misc  projekte
2012ss  2013ss  briefe  material    orga
cassini/home/peter/bo>
```

## 2.2 Die Kommandozeile: Grundlagen

- Befehl zurückholen: Pfeiltasten  $\uparrow$ ,  $\downarrow$
- Befehl bearbeiten: Pfeiltasten  $\leftarrow$ ,  $\rightarrow$  usw.
- Befehl vervollständigen: TAB
- Befehl rückwärts suchen: Ctrl+R
- Bildschirm löschen: Ctrl+L
- Befehl abbrechen: Ctrl+C



## 2.2 Die Kommandozeile: Grundlagen

- Befehl zurückholen: Pfeiltasten  $\uparrow$ ,  $\downarrow$
- Befehl bearbeiten: Pfeiltasten  $\leftarrow$ ,  $\rightarrow$  usw.
- Befehl vervollständigen: TAB
- Befehl rückwärts suchen: Ctrl+R
- Bildschirm löschen: Ctrl+L
- Befehl abbrechen: Ctrl+C
  
- Hilfe-Option: `ls --help`
- Unix-Handbuch – *manual*: `man ls`  
(Beenden mit `q`)

## 2.2 Die Kommandozeile: Grundlagen

- Verzeichnisse für Programme: `echo $PATH`
- Programm in explizitem Verzeichnis aufrufen: `/bin/ls -l`
- Programm im aktuellen Verzeichnis aufrufen: `./hello`

**MS-DOS:** Ausführbare Programme werden gefunden,  
wenn sie im `PATH` stehen  
*oder* sich im aktuellen Verzeichnis befinden.

**Unix:** Ausführbare Programme werden gefunden,  
wenn sie im `PATH` stehen.  
—→ Vermeiden von Ausnahmen

## 2.2 Die Kommandozeile: Grundlagen

- Verzeichnisse für Programme: `echo $PATH`
- Programm in explizitem Verzeichnis aufrufen: `/bin/ls -l`
- Programm im aktuellen Verzeichnis aufrufen: `./hello`

**MS-DOS:** Ausführbare Programme werden gefunden,  
wenn sie im `PATH` stehen  
*oder* sich im aktuellen Verzeichnis befinden.

**Unix:** Ausführbare Programme werden gefunden,  
wenn sie im `PATH` stehen.

—→ Vermeiden von Ausnahmen

Das aktuelle Verzeichnis ( `.` ) *kann* im `PATH` stehen,  
muß dies aber nicht –  
und sollte es aus Sicherheitsgründen auch nicht.

## 2.3 Dateisysteme

- Dateien listen: `ls`  
langes Listenformat: `ls -l`  
rückwärts nach Zeit sortiert: `ls -lrt`
- Datei ausgeben: `cat hello.c`
- Datei anzeigen: `less hello.c`

## 2.3 Dateisysteme

- Arbeitsverzeichnis anzeigen: `pwd`
- Arbeitsverzeichnis wechseln: `cd script`  
(*kein* Programm, sondern Shell-Befehl)
- übergeordnetes Verzeichnis: `cd ..`
- eigenes *Home*-Verzeichnis: `cd`
- Wurzelverzeichnis: `cd /`
- wieder zurück: `cd -`

```
cassini/home/peter/bo/2013ss/net/script> cd /usr/bin
cassini/usr/bin> cd ../lib
cassini/usr/lib> cd
cassini/home/peter>
```

## 2.3 Dateisysteme

- Dateien kopieren (*copy*): `cp`
- Dateien verschieben/umbenennen (*move*): `mv`
- Dateien löschen (*remove*): `rm`

```
cassini/home/peter> cp -p foo/test.txt
cp: missing destination file operand after 'foo/test.txt'
Try 'cp --help' for more information.
cassini/home/peter> cp -p foo/test.txt .
cassini/home/peter> mv test.txt bla.txt
cassini/home/peter> cat bla.txt
Dies ist ein Test.
cassini/home/peter> rm bla.txt
cassini/home/peter>
```

Aktuelles Verzeichnis: `.`

## 2.3 Dateisysteme


- *Zugriffsrechte*

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191009> ls -l
...
-rw-r--r-- 1 peter peter 24523 Okt  8 21:47 es-20191009.tex
```

## 2.3 Dateisysteme

- *Zugriffsrechte*

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191009> ls -l
...
-rw-r--r-- 1 peter peter 24523 Okt  8 21:47 es-20191009.tex
```



Benutzer (u – user) darf lesen und schreiben



## 2.3 Dateisysteme

- Zugriffsrechte

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191009> ls -l
...
-rw-r--r-- 1 peter peter 24523 Okt  8 21:47 es-20191009.tex
```



Gruppe (g – *group*) darf lesen

## 2.3 Dateisysteme

- *Zugriffsrechte*

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191009> ls -l
...
-rw-r--r-- 1 peter peter 24523 Okt  8 21:47 es-20191009.tex
```



alle anderen (o – *other*) dürfen lesen

## 2.3 Dateisysteme

- *Zugriffsrechte*

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191009> ls -l
...
-rw-r--r-- 1 peter peter 24523 Okt  8 21:47 es-20191009.tex
```

- Zugriffsrechte ändern:

```
chmod o-r es-20191009.tex – Lesezugriff entziehen
chmod g+w es-20191009.tex – Schreibzugriff gewähren
chmod 640 es-20191009.tex – auf -rw-r----- setzen
```

## 2.3 Dateisysteme

- Zugriffsrechte*

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191009> ls -l
...
-rw-r--r-- 1 peter peter 24523 Okt  8 21:47 es-20191009.tex
```

- Zugriffsrechte ändern:

```
chmod o-r es-20191009.tex – Lesezugriff entziehen
chmod g+w es-20191009.tex – Schreibzugriff gewähren
chmod 640 es-20191009.tex – auf rw-r--- setzen
                        6   4   0
```

## 2.3 Dateisysteme

- *ausführbare* Dateien

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> cat test2.txt
ls -l
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> chmod +x test2.txt
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> ls -l test2.txt
-rwxr-xr-x 1 peter peter 6 Okt  2 13:43 test2.txt
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> ./test2.txt
insgesamt 4828
lrwxrwxrwx 1 peter peter      18 Apr 13  2016 csa2.jpg -> ..
-rw-r--r-- 1 peter peter 4619138 Okt  8 21:28 es-20191002.pdf
...
```

- ausführbare Textdateien: *Skripte*

hier: ausführbare Textdatei mit Shell-Befehlen  
(ohne spezielle Kennung): Shell-Skript

## 2.3 Dateisysteme

- *ausführbare* Dateien

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> cat test2.txt
ls -l
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> chmod +x test2.txt
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> ls -l test2.txt
-rwxr-xr-x 1 peter peter 6 Okt  2 13:43 test2.txt
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> ./test2.txt
insgesamt 4828
lrwxrwxrwx 1 peter peter      18 Apr 13  2016 csa2.jpg -> ..
-rw-r--r-- 1 peter peter 4619138 Okt  8 21:28 es-20191002.pdf
...
```

- ausführbare Textdateien: *Skripte*

hier: ausführbare Textdatei mit Shell-Befehlen  
(ohne spezielle Kennung): Shell-Skript

Kennung: 1. Zeile enthält `#!` und den Interpreter,  
z. B. `#!/bin/bash`

## 2.3 Dateisysteme

- Datenträger in Verzeichnis *einhängen*: `mount`

```
cassini/home/peter> ls /media/usb1/  
cassini/home/peter> mount /media/usb1  
cassini/home/peter> ls /media/usb1/  
es-20191002.pdf  hello.c  hexapode  KIS-Bericht.pdf  
cassini/home/peter> umount /media/usb1  
cassini/home/peter> ls /media/usb1/  
cassini/home/peter>
```

## 2.3 Dateisysteme

- *Symbolische Verknüpfungen – symbolic links*

Verweis auf die eigentliche Datei

→ Wenn man die Datei löscht, zeigt der Link ins Leere.

Verknüpfung anlegen: `ln -s datei link`

(Richtung: wie bei `cp`)

Beispiel: `ln -s ../common/GNU-GPL-3 gpl.txt`



## 2.3 Dateisysteme

- *Symbolische Verknüpfungen – symbolic links*

Verweis auf die eigentliche Datei

→ Wenn man die Datei löscht, zeigt der Link ins Leere.

Verknüpfung anlegen: `ln -s datei link`  
(Richtung: wie bei `cp`)

Beispiel: `ln -s ../common/GNU-GPL-3 gpl.txt`

- *Harte Verknüpfungen – hard links*

Dieselben Daten auf dem Datenträger  
sind unter mehreren Namen verfügbar.

→ Wenn man einen löscht, sind die Daten noch da.

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> ls -l
```

```
...
```

```
-rw-r--r-- 1 peter peter 1202 Okt 2 13:35 shell-06.txt
```

```
drwxr-xr-x 2 peter peter 4096 Okt 2 13:16 test
```



Anzahl der („harten“) Links auf diese Datei / dieses Verzeichnis

## 2.3 Dateisysteme

- `grep`: Dateien durchsuchen

```
cassini/home/peter/bo/2019ws/es/20191002> grep gcc *.txt  
shell-03.txt: cassini/...> gcc -Wall -O hello.c -o hello
```

## 2.3 Dateisysteme

- **find**: Dateien anhand ihrer Eigenschaften suchen

```
$ find . -name "*.txt"
./shell-06.txt
./shell-03.txt
./shell-05.txt
./test.txt
./test/test.txt
...
$ find . -name "*.txt" -perm /u+x
./test2.txt
$ find . -name "*.txt" -perm /u+x -exec ls -l {} \;
-rwxr-xr-x 1 peter peter 6 Okt  2 13:43 ./test2.txt
```

## 2.4 Ein- und Ausgabeströme

- Standard-Ausgabe in Datei umleiten

```
$ echo "Dies ist ein Test." > test.txt
```

```
$ cat test.txt
```

```
Dies ist ein Test.
```

## 2.4 Ein- und Ausgabeströme

- Standard-Ausgabe in Datei umleiten

```
$ echo "Dies ist ein Test." > test.txt
```

```
$ cat test.txt
```

```
Dies ist ein Test.
```

- Standard-Ausgabe an Datei anhängen

```
$ echo "Dies ist noch ein Test." >> test.txt
```

```
$ cat test.txt
```

```
Dies ist ein Test.
```

```
Dies ist noch ein Test.
```

## 2.4 Ein- und Ausgabeströme

- Fehler-Ausgabe in Datei umleiten

```
$ cat gibtsnicht.txt > fehler.txt
cat: gibtsnicht.txt: No such file or directory
$ cat fehler.txt
$ cat gibtsnicht.txt 2> fehler.txt
$ cat fehler.txt
cat: gibtsnicht.txt: No such file or directory
```

## 2.4 Ein- und Ausgabeströme

- Standard-Eingabe aus Datei lesen

```
$ bc
bc 1.06.95
Copyright [...] 2006 Free Software Foundation, Inc.
This is free software with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
For details type 'warranty'.
2 + 2
4
$ echo "2 + 2" > test.bc
$ bc < test.bc
4
```

## 2.5 Pipes

Standard-Ausgabe von Programm A  
wird zu Standard-Eingabe von Programm B

```
$ echo "2 + 2" | bc  
4
```

→ sehr mächtiger „Baukasten“



## 2.5 Pipes

- `sed`: *stream editor*

Suchen und Ersetzen (und noch viel mehr)

```
$ echo "Schlimmer geht nimmer." | sed -e 's/nim/im/g'  
Schlimmer geht immer.
```

## 2.5 Pipes

- **grep**: Standard-Eingabe durchsuchen

```
$ ls | grep slides
```

```
pgslides.sty
```

```
$ ls *.pdf | grep -v logo
```

```
es-20191002.pdf
```

```
Zeichen_123.pdf
```

```
$ ls -l $(ls *.pdf | grep -v logo)
```

```
-rw-r--r-- 1 ... 4619138 Okt 8 21:28 es-20191002.pdf
```

```
lrwxrwxrwx 1 ...          25 Okt 3  2016 Zeichen_123.pdf -> ...
```

## 2.6 Verzweigungen und Schleifen

```
$ if grep Blubb test.txt; then echo "gefunden"; \  
  else echo "nicht gefunden"; fi  
nicht gefunden  
$ for x in foo bar baz; do echo $x; done  
foo  
bar  
baz
```

## 2.7 Skript-Programmierung

**Aufgabe:** Programmieren Sie ein Unix-Shell-Skript, das etwas Nützliches macht. :-)

Beispiel: CSV-Import-Interface

- CSV-Datei: „comma-separated values“  
Tabelle, durch Kommata getrennt
- Viele Tabellenkalkulationsprogramme können CSV-Dateien exportieren.
- Beispiel-Datei: [test.csv](#) (siehe auch: [test.ods](#))
- Beispiel-Anwendung: Ermitteln der durchschnittlichen Note
- Beispiel-Anwendung für Datenbank-Experten:  
Speichere die Spalten 1 und 2 in einer Datenbank.
- Hinweis 1: `cat X-1.txt`
- Hinweis 2: `man cut`

## 2.8 GNU screen

- Text-Bildschirm und Eingabegeräte über's Netz
- `Ctrl+A c`: neues Fenster (create)
- `Ctrl+A Leertaste`: nächstes Fenster
- `Ctrl+A 3`: Fenster Nr. 3
- `Ctrl+A ESC`: hochscrollen, suchen, markieren (copy)
- `Ctrl+A ]`: einfügen (paste)
- `Ctrl+A d`: von `screen` ablösen (detach)
- `screen -x`: an laufenden `screen` andocken
- ähnliche Funktionalität für Grafik: `VNC`, `x2go`

# Eingebettete Systeme

<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/es>

## 1 Einführung

## 2 Einführung in Unix

...

### 2.5 Pipes

### 2.6 Verzweigungen und Schleifen

### 2.7 Skript-Programmierung

### 2.8 GNU screen

## 3 TCP/IP in der Praxis

### 3.1 IP-Adressen

### 3.2 MAC-Adressen

### 3.3 TCP- und UDP-Ports

### 3.4 TCP-Protokolle

### 3.5 Routing

### 3.6 Netzwerkanalyse

### 3.7 SSH

### 3.8 X11

<https://www.peter.gerwinski.de/download/net-2013ss.tar.gz>

...

## 3.1 IP-Adressen

- `ip addr` (Linux)
- `ifconfig` (Unix allgemein)
- `ipconfig` (MS Windows)
- `ip addr add <Netz>`
- `ip link`
- `ping <IP-Adresse>`

```
# ifconfig
lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING>  mtu 65536
    inet 127.0.0.1  netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1  prefixlen 128  scopeid 0x10<host>
    [...]

wlan0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
    inet 192.168.42.101  netmask 255.255.255.0
                                broadcast 192.168.42.255
    ether be:3f:ca:aa:7e:51 txqueuelen 1000  (Ethernet)
    [...]
```

## 3.1 IP-Adressen

IPv4-Adressen:

- 32 Bit
- dezimal, 4 Gruppen zu je 8 Bit (0–255), durch Punkte getrennt

IPv6-Adressen:

- 128 Bit
- hexadezimal, 8 Gruppen zu je 4 Hex-Ziffern, durch Doppelpunkte getrennt
- Führende Nullen dürfen weggelassen werden.
- Zwei Doppelpunkte bedeuten: Mit Nullen auffüllen.
- Literatur und Beispiel: <https://de.wikipedia.org/wiki/IPv6>



## 3.2 MAC-Adressen

MAC = Media Access Control

MAC-Adresse = Hardware-Adresse = Ethernet-Adresse

- `ip neigh`  
`arp`

## 3.3 TCP- und UDP-Ports

- `nc <IP> <Port>`  
Verbindung zu Programm  $\langle$ Port $\rangle$  auf Rechner  $\langle$ IP $\rangle$  aufnehmen
- `nc -l <Port>` oder `nc -p <Port> -l`  
auf eingehende Verbindungen warten („lauschen“)
- TCP-Ports: Verbindungskonzept, Netzwerk prüft
- UDP-Ports: einzelne Pakete, Anwendung muß selbst prüfen
- ICMP: keine Ports, nur Rechner:  
Erreichbarkeit, Eigenschaften der Übertragung

Anwendung: HTTP, SMTP, ...
Transport: TCP-/UDP-Ports, ICMP
Internet: IP-Adresse
Netzwerkzugang: Hardware-/MAC-Adresse

## 3.4 TCP-Protokolle

- **HTTP**

GET / HTTP/1.1

Host: www.hs-bochum.de

(Leerzeile)

## 3.4 TCP-Protokolle

- **HTTP**

```
GET / HTTP/1.1  
Host: www.hs-bochum.de  
(Leerzeile)
```

- **SMTP**

```
HELO cassini  
MAIL FROM: <example@example.com>  
RCPT TO: <beispiel@example.de>  
(E-Mail-Header – Teil der Nutzdaten)  
From: Eddie Example <example@example.com>  
To: Bert Beispiel <beispiel@example.de>  
Subject: Hello, world!  
(Leerzeile)  
Hi, there!  
.
```

- Protokolle „mal eben“ selbst schreiben: `nc -c` oder `inetd`

## 3.5 Routing

- `ip route` (Linux)  
  `route` (MS-Windows, Unix)  
  `netstat -nr` (MacOS)

```
# route -n
```

```
Kernel-IP-Routentabelle
```

Ziel	Router	Genmask	[...]	Iface
0.0.0.0	192.168.42.1	0.0.0.0	[...]	wlan0
169.254.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	[...]	wlan0
192.168.42.0	0.0.0.0	255.255.255.0	[...]	wlan0

Netzmaske:

Wenn nach Und-Verknüpfung mit IP-Adresse gleich, → im gleichen Netz

255.255.240.0 ist dasselbe wie /20

(20 Bit sind 1; die restlichen 12 Bit sind 0)

## 3.6 Netzwerkanalyse

- `tcpdump`
- `wireshark`
- `ettercap`

## 3.7 SSH

- `SSH <Rechner>`
- `-C`: Komprimierung
- `-L`: lokalen Port auf Remote-Port umleiten
- `-R`: Remote-Port auf lokalen Port umleiten

## 3.8 X11

- Grafik-Bildschirm und Eingabegeräte über's Netz
- `DISPLAY`-Variable: X-Server: Rechner und Bildschirm
- `ssh -X`: X11-Forwarding