

Linux-Seminar

Linux Administration I (ADM1)

Dr.sc.nat. Michael J.M. Wagner, c//m//t*

Revision 1.64



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in Linux	3
2	Systeminstallation	9
2.1	Basisinstallation	9
2.2	apt	10
2.3	dpkg	11
2.4	Software-Update	12
2.5	Paketerstellung	13
3	Festplatten und Dateisysteme	15
3.1	Dateisystem	15
3.2	Festplatten	18
3.3	Bootvorgang	24
4	Systemadministration	27
4.1	Systemstart (systemd)	27
4.2	Zeitgesteuerte Abläufe	29
4.3	Benutzer und Gruppen	30
4.4	Rechteverwaltung	31
4.5	Systemprotokollierung	34
4.6	Kernel	37
4.7	Drucken unter Linux	40
5	Shell-Programmierung	43
5.1	Grundlagen	43
5.2	Ein größeres Beispiel	49
6	Quellen	50
6.1	Literatur	50
6.2	Quellen im Internet	51

1 Einführung in Linux

Was ist ein Betriebssystem?

- Das grundlegende Computerprogramm
- steuert Hardware, koordiniert Ressourcenzugriffe
- Prozessmanagement (Laufzeit)
- Speichermanagement
- Steuerung und Abstraktion der Hardware (Gerätetreiber)
- Dateiverwaltung
 - Festplatten
 - CD
 - DVD
 - Halbleiterspeicher (nicht flüchtig)
 - ...
- Eingabemöglichkeiten für den Benutzer
 - Kommandozeile
 - GUI

Geschichte der Betriebssysteme

- Erst mit interaktiver Benutzung der Rechner nötig
- Lochkartenzeitalter (50/60'ger Jahre)
 - Entwickler geben Stapel von Lochkarten ab, erhalten Ergebnis am nächsten Tag
 - „Stapelverarbeitung“ – „batch“
 - Häufig benötigte Programmteile (z.B. Interpreter, Compiler) stehen auf Magnetbändern zur Verfügung.
 - Operator muss diese Ressourcen vor der Stapelverarbeitung laden
 - Programme müssen diese Ressourcen anfordern -> „Vorlaufkarte“
 - Interpreter dieser Vorlaufkarten sind erste Formen eines Betriebssystems (operating system übernimmt Aufgaben des Operators)
- Terminals (Ende 60'ger Jahre)
 - Das interaktive Terminal verändert die Computerwelt
 - Ein-/Ausgabegerät am Arbeitsplatz

– *time sharing operating system* (TSO)

- * *scheduler*
- * Kontrolle von Zugriffsrechten

- Im IBM-Betriebssystem MVS gibt es die Begriffe heute noch
- Massachusetts Institute of Technology (MIT) arbeitet am “Incompatible Timesharing System” ITS, einem UNIX-Vorläufer
- Kommerzielle Variante: MULTICS (*Multiplexed Information and Computing System*, AT&T, Bell Labs, hatte nie eine Verbreitung)

UNIX (70'ger Jahre bis heute)

- Aus der MULTICS-Entwicklung wird eine Einzelplatzversion abgespalten: UNICS
 - Mehrbenutzer-Fähigkeit wird bald nachgerüstet
 - Modularer Aufbau: Jeder Befehl kann einzeln ausgetauscht werden
 - Erste Implementierung in der Maschinsprache der PDP-7
 - Erster C-Compiler (Kernighan, Ritchie) führt zur raschen Verbreitung
- Bell Labs dürfen UNIX, wie es bald hieß, aus kartellrechtlichen Gründen nicht kommerziell vertreiben
 - Preisgünstige Abgabe an Hochschulen
- Berkley University entwickelt UNIX weiter und gibt die Berkley System Distribution (BSD) heraus
 - In den 80'gern erhalten AT&T / Bell Labs die Genehmigung ein Betriebssystem zu vertreiben und entwickeln das AT&T System V, was sich vom BSD deutlich unterschied.
 - Heutige UNIXe stellen meist eine BSD/System V-Mischung dar
 - UNIX-artige Betriebssysteme heute:
 - * Sun Solaris
 - * IBM AIX
 - * HP UX
 - * Linux
 - * FreeBSD
 - * Mac OS X
 - * Android

- Gemeinsamer Standard: POSIX (portable operating system interface) stellt wechselseitige Compilierbarkeit sicher
- Warum gibt es heute noch UNIX?
 - * Internet hat UNIX-Konzepte übernommen
 - * Linux – open source-Szene

Open Source / freie Software

- Free Software Foundation (FSF, 1984): „frei“ wie in „Freiheit“, nicht wie „Freibier“
- GNU-Projekt (Richard Stallman, 1983)
 - freie UNIX-Tools (gcc, ...)
 - GNU General Public License (GPL)
 - * freie Verwendung
 - * freie Verbreitung
 - * frei für Anpassungen
 - * Anpassungen müssen/dürfen nur unter GPL weitergegeben werden
 - * *Copyleft*: Diese einmal gewährten Rechte dürfen nicht wieder zurückgenommen werden
 - Projekte unter GPL
 - * Linux
 - * mySQL
 - * gcc
 - * ...
- BSD-Lizenz
 - weniger weitreichend
 - verzichtet auf *Copyleft*
 - ermöglicht das Einbinden von BSD-Software in kommerzielle Projekte
- Apache-Lizenz: „irgendwo dazwischen“
- Bemerkungen
 - Um sich von dem elitären Freiheitsbegriff der FSF abzugrenzen, etablierte sich der allgemeinere Begriff *open source software*
 - Linux steht zwar wegen der Einbindung vieler GNU-Tools unter GPL. Die Linux-Gemeinde ist im Allgemeinen weniger ideologisch und hat keinerlei Berührungspunkte mit anderen Lizenzformen. Der Name „GNU/Linux“ konnte sich daher nicht durchsetzen.
 - Diese Verschiedenheit in den Grundsätzen zieht sich heute durch die Linux-Distributionen.

- Beispiele für open source software
 - LibreOffice (Basis: StarOffice/Openoffice von Star-Division/Sun/Oracle)
 - Mozilla-Suite (Netscape)
 - Eclipse (Basis: Visual Age von IBM)
 - MaxDB (Basis: SAP DB)

Die Entwicklung von Linux

- Situation 1991
 - x386 verfügbar (1985 - 2007)
 - * 32 Bit Daten-, Adressbreite
 - * *task switching*
 - * „Space-Shuttle-Prozessor“
 - DOS 5.x
 - Windows 3.x
 - Minix, eine zu Lehrzwecken abgespeckte UNIX-Variante
 - GNU tools ohne passenden Kernel
- Ankündigung in der Minix-Newsgroup (25.8.1991):

Hello everybody out there using minix – I'm doing a (free) operating system (just a hobby, won't be big and professional like gnu) for 386(486) AT clones. This has been brewing since april, and is starting to get ready. I'd like any feedback on things people like/dislike in minix, as my OS resembles it somewhat (same physical layout of the file system (due to practical reasons) among other things). I've currently ported bash (1.08) and gcc (1.40), and things seem to work. This implies that I'll get something practical within a few month, and I'd like to know what features most people would want. Any suggestions are welcome, but I won't promise I'll implement them :-)

Linus (torvalds@kruuna.helsinki.fi)

PS. Yes – it's free of any minix code, and it has a multi-threaded fs. It is NOT portable (uses 386 task switching etc), and it probably never will support anything other than AT-harddisks, as that's all I have :-)

- Die Idee: Neuer Kernel + GNU-Tools = Neues OS
- Name des neuen OS: freax (free / freak UNIX)
- Durchgesetzt hat sich Linus' UNIX: Linux
- Tux, das Maskottchen (1996)
 - Tux: Torvalds' UNIX
 - Tux: Abk. f. *tuxedo* (Smoking)

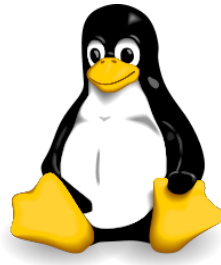


Abbildung 1: TUX, das Linux-Maskottchen {wiki}

Linux heute

- wird auf der ganzen Welt weiterentwickelt
 - von Unternehmen (z.B. Google)
 - von Non-Profit-Organisationen
 - von Einzelpersonen
- Einsatzbereich
 - Server (vom Router bis zum Supercomputer)
 - * Modularität ermöglicht schlanke, dezidierte Server
 - * Marktanteil zwischen 1/3 und 1/2 (je nach Schätzung)¹
 - * Linux – Apache – MySQL – PHP
 - * SAP R/3 - Installationen
 - Desktop
 - Embedded (Mobiltelefone, Switch)

Distributionen

- Anfangs „Linux für Informatik-Studenten“
 - „Was für Bastler“
 - erste Studenten-Distributionen auf CD mit Installationsprogramm
- Heute gibt es stabile Distributionen mit Langzeitsupport (LTS)
- Wichtige Distributionen
 - Slackware (1993)
 - * älteste, heute noch gepflegte Distribution
 - * baute auf der ältesten Linux-Distribution überhaupt auf: „Softlanding Linux System“, SLS)
 - * „spartanisch“

¹https://de.wikipedia.org/wiki/Linux-Einsatzbereiche#Marktanteile_2 (13.3.2019)

- RedHat Linux (in USA verbreitet)
 - * zwei Linien: RedHat (business), Fedora (privat)
 - * Schöpfer des RedHat Package Managers (RPM)
- Debian GNU/Linux
 - * nur SW unter GPL, auch das Installationsprogramm
 - * Stabilität vor Aktualität
 - * Mutter von Ubuntu, Knoppix, Mint, ...
- Mandriva Linux
 - * französisch/brasilianische Distribution
 - * umfangreich
- SuSE Linux (1994)
 - * Software und Systementwicklung GmbH, Nürnberg 1992
 - * großer Lieferumfang
 - * „Windows aus Nürnberg“
 - * 2001 SUSE Linux Enterprise Server (SLES)
 - * 2003 Übernahme durch Novell
 - * 2005 Umbenennung der „freien Linie“ in openSUSE
 - * 2014 Übernahme durch MicroFocus
 - * seit 2019 wieder selbständig
- Übersicht über verfügbare Distributionen: {distro}
- Kompatibilität
 - :-{(
 - Linux Foundation soll Situation verbessern
 - Linux Standard Base, LSB
 - wird von den Distributionen unterschiedlich stark beherzigt

Softwarepakete werden je nach Distribution in verschiedenen Formaten zur Verfügung gestellt:

- RPM: redhat package manager
- DEB: debian package manager
- SLP: slackware package manager
- TGZ: einfache Dateiarchieve
- FLATPAC: Anwendungen in abgeschotteter Umgebung²

²Linux Magazin 02/18, S. 8.

Aufgabe:

Ausflug nach <http://distrowatch.com>

2 Systeminstallation

2.1 Basisinstallation

Die verschiedenen Linuxdistributionen lassen sich heute über komfortable Installationsprogramme installieren. Grundsätzlich lassen sich dabei folgende Varianten unterscheiden:

- Reine Live-Systeme (z.B. Knoppix)
- Live-Systeme mit Installationsmöglichkeit (z.B. Linux-Mint)
- Systeme ohne Live-System (z.B. Debian-Linux)

Daneben gibt es noch die Unterscheidung zwischen Server- und Desktop-Systemen. Wichtige Serversysteme sind Server von Ubuntu und Debian.

Durch die Einführung von UEFI und *Secure Boot* ist die Installation etwas komplizierter geworden. Grundsätzlich gilt:

- UEFI verwenden, zusammen mit einer GPT-Partitionierung
- *Secure Boot* ausschalten: Dazu müsste ein Schlüssel des Bootloaders auf dem EPROM eingetragen sein. Nachdem es aber bei Linux nicht *den* Hersteller gibt, der diesen Schlüssel verwalten könnte (wie bei MS), ist es schwierig mit *Secure Boot*.

Aufgabe:

Erstellen Sie eine virtuelle Maschine mit einem der folgenden Systemen:

- Linux-Mint (Desktop)
- Debian-Server
- Ubuntu-Server

Dazu sind im VirtualBox-Manager folgende Schritte auszuführen:

- Neue Maschine anlegen
- Betriebssystem angeben, Speicher wählen, Festplatte (VDI) erzeugen.
- Maschine starten. Der Wizard fragt dann nach dem zu installierenden System (iso-Datei).

Loggt man sich auf Serversystemen ein, ist es oft von Interesse, vor welchem System man gerade sitzt. Die Information dazu findet sich in den Dateien `/etc/issue` und `/etc/os-release`.

Aufgabe:

Betrachten Sie diese Dateien.

Für den Bootprozess lassen sich Parameter mitgeben.³

- Ad hoc-Parameter im Bootmenu
 - Im Bootmenu `e` auf der gewünschten Konfiguration wählen
 - Zeile `linux ...` editieren
- Permanent Parameter ändern
 - In `/etc/default/grub GRUB_CMDLINE_LINUX_DEFAULT` anpassen

Typische Ubuntu-Bootparameter finden Sie hier.⁴

2.2 apt

Mit `apt` lässt sich das Debian-Paketsystem bedienen. Nach dem Kommando `apt` kommt der Befehl, den `apt` ausführen soll:

- `install`: Genanntes Paket aus dem Repository samt seiner Abhängigkeiten installieren
- `install -f`: Installiert „alles, was hängen geblieben ist“
- `remove`: Paket deinstallieren
- `purge`: Paket komplett entfernen

Weitere Befehle:

- `apt-cache showpkg PAKET` liefert Paketinformationen
- `apt-cache policy PAKET` zeigt Installationskandidaten (mit Version)
- `apt-cache search MUSTER` sucht nach Paketen, die dem `MUSTER` entsprechen
- `apt-mark hold PAKET`: Schließt Paket von der Aktualisierung aus

`apt` holt die Paketinformationen und Pakete aus den Debian-Repositories, die in `/etc/apt/sources.list`, sowie den Dateien unter `/etc/apt/sources.list.d/` definiert sind. In diesen Dateien gilt für eine Paketquelle folgendes Format:

```
deb <host-url> <release> <component> [component1, ...]
```

Über diese Angabe kann der Paketmanager Informationen über vorhandene Pakete und deren Abhängigkeiten vom Repository laden. Dies sollte von Zeit zu Zeit vorgenommen werden. Dies erfolgt über `apt-get update` oder den entsprechenden Menüpunkt im `aptitude`. Dazu ist es meist nötig den Schlüssel zur verschlüsselten Übertragung zu importieren. Hierfür gibt es grundsätzlich zwei Verfahren:

³<https://wiki.ubuntu.com/Kernel/KernelBootParameters>

⁴<https://wiki.ubuntuusers.de/Bootoptionen/>

- Ein „loser“ Schlüssel wird in das Verzeichnis `/etc/apt/keyring` gelegt und über `signed-by` in der `.list`-Datei mit dem betreffenden Repository verknüpft.
`deb [signed-by=/etc/apt/trusted.gpg.d/KEY] ...`
- Der Schlüssel ist Teil eines Schlüsselbunds (`/etc/apt/trusted.gpg.d/*.gpg`) und darin mit der betreffenden Paketquelle verknüpft.

Aufgabe:

- Fügen das Repository `http://wagnertech.de/debian stable main` mit dem Schlüssel `http://wagnertech.de/debian/conf/wagnertech.key` hinzu.
- Aktualisieren Sie die Paketinformationen des Systems.
- Installieren Sie das Paket `mbuild`
- Betrachten Sie die Schlüssel eines Bundes in `/etc/apt/trusted.gpg.d/`
`gpg --no-default-keyring --list-public-keys --keyring RING`

2.3 dpkg

Mit `dpkg` lassen sich weitere Informationen zu Paketen gewinnen oder Pakete, die als Datei vorliegen, installieren:

- `dpkg -i <deb>`: Installiert das als Datei vorliegende Paket
- `dpkg-deb -I <deb>`: Liefert die Paketinformationen zu einem als Datei vorliegenden Paket
- `dpkg-deb -c <deb>`: Zeigt die in einem als Datei vorliegenden Paket enthaltenen Dateien
- `dpkg -S <datei>`: Zeigt das zu einer auf dem Server befindlichen Datei mit welchem Paket sie installiert wurde
- `dpkg -l`: Zeigt alle installierten Pakete
Die Bedeutung der führenden Buchstaben einer jeden Zeile sind in Abb. 2 gelistet.
- `dpkg -L <pkg>`: Zeigt alle zu einem installierten Paket gehörigen Dateien
- `dpkg-reconfigure <pkg>`: Führt die Installationsroutinen (`postinst`, ...) nochmal aus

Aufgaben:

Installation/Deinstallation mit `apt`

- Welche Dateien gehören zum Paket `apache2`? Schreiben Sie das Ergebnis in eine Datei.
- Deinstallieren Sie `apache2` mit `apt remove`.
- Überprüfen Sie erneut, welche Dateien zu diesem Paket auf dem System vorhanden sind.

⁵Kofler 2021, S. 696.

Code	Bedeutung
	Erster Buchstabe: gewünschter Zustand
u	unbekannt (unknown)
i	zu installieren (install)
r	zu löschen (remove)
p	komplett zu löschen (purge)
h	unverändert lassen (hold)
	Zweiter Buchstabe: tatsächlicher Zustand
n	nicht installiert (not)
h	teilweise installiert (half installed)
u	ausgepackt, aber nicht konfiguriert (unpacked)
f	installiert, aber nicht konfiguriert (failed config file)
i	vollständig installiert (installed)
c	Nur die Konfigurationsdateien sind installiert (config file).
t	wartet auf den Trigger eines anderen Pakets (trigger).
	Dritter Buchstabe (optional): Fehlercode
h	Paket soll nicht geändert werden (hold).
r	Neuinstallation erforderlich (reinstall required)

Abbildung 2: Buchstabencodes des »dpkg-list«-Ergebnisses⁵

- Löschen Sie nun mit `apt-get purge` auch die Konfigurationsdateien und überprüfen Sie das Ergebnis.

2.4 Software-Update

Zu einem Software-Update gehören folgende Schritte:

- Mit `apt update` werden die Paketinformationen aus den Paketquellen neu geholt
- `apt upgrade` aktualisiert das System. Dabei werden keinesfalls bestehende Pakete entfernt.
- `apt dist-upgrade` aktualisiert das System. Gegebenenfalls werden auch bestehende Pakete entfernt.

Dieses Vorgehen aktualisiert alle aktualisierbaren Pakete. Will man, gerade bei einem automatisierten Aktualisierung, den Umfang einschränken, bietet sich die Funktionalität *unattended upgrade* an. Hier werden nur ausgewählte Paketquellen für den Upgrade berücksichtigt. Die Auswahl erfolgt in der Datei `/etc/apt/apt.conf.d/50unattended-upgrades`, eingeschaltet wird die Aktualisierung in `20auto-upgrades`. Die Frequenz bestimmt der Timer des `systemd` (s. Kap. 4.2).

Manuell kann die Aktualisierung über `sudo unattended-upgrade -d`

Aufgabe:

- Führen Sie einen Software-Update Ihres Systems durch
- Überprüfen Sie die Systemdateien für den *unattended upgrade*.
- Führen Sie einen *unattended upgrade* durch.

Weitere Paketmanager.⁶

2.5 Paketerstellung

Grundlagen

Debian-Pakete bestehen aus zwei Teilen, einem Verwaltungsteil und dem Paketinhalt. Zur Erstellung müssen Dateien in folgender Weise in einem Verzeichnis \$VERZ angeordnet werden:

```
DEBIAN/  
  control  
  postinst  
usr/  
  bin/  
    mein-prog
```

Der Befehl `fakeroot dpkg-deb --build $VERZ` baut dann ein Debian-Paket

Aufgabe:

- Installieren Sie `mbuild` aus der Paketquelle `http://wagnertech.de/debian main`.
- Schreiben Sie zwei Skriptdateien: `mein-prog` und `postinst` mit jeweils einer Konsolenausgabe.
- Erstellen Sie ein Paket
- Installieren und testen Sie das Paket.

Paketerstellung mit `mbuild`

Das Paket `mbuild`⁷ bietet für die Paket erstellung folgende Unterstützung:

- Zusammenspiel mit den Versionierungswerkzeugen `svn` und `git`:
 - Überprüfung, dass alle Dateien mit dem gewünschten Tag versioniert sind
- Überprüfung des Vorhandenseins eines *changelog*

⁶<https://de.wikipedia.org/wiki/Paketverwaltung>

⁷Paketquelle: `http://wagnertech.de/debian main`

- C++ - Build
- Cross Compiling
- Dokumentation in den *man pages*
- Unterstützung alter Paketformate (bis Debian 7)

Aufgabe:

- Erstellen Sie ein git-Repository mit `git init DIR`.
- Legen Sie Verzeichnisse und Dateien gemäß der `mbuild`-Dokumentation an.
- Taggen Sie den Stand mit einem Tag des Formats `PAKET_VERSION` (`git tag PAKET_VERSION`).
- Erstellen Sie das Paket mit dem Befehl `mconfigure PAKET`.
- Installieren und testen Sie das Paket.

Erstellung eines eigenen Repositories

Mit selbsterstellten Paketen lässt sich ein eigenes Debian-Repository aufbauen. Dazu wird auf der einen Seite ein Webserver, auf der anderen Seite das Repository benötigt.

Für den `apache2` kann ein Link vom Basisverzeichnis des Repositories zur `DocumentRoot` erstellt werden.

Das Repository wird dann mit folgenden Befehlen erstellt:

- GnuPG-Schlüssel zum Signieren anlegen
 - In `~/gnupg/gpg.conf` die Zeile `digest-algo sha256` hinzufügen
 - Schlüssel anlegen: `gpg --gen-key`
 - Name des öffentlichen Schlüssels ermitteln: `gpg -k`
- Wenn die Ausgabe etwa so aussieht,

```

/home/michael/.gnupg/pubring.gpg
-----
pub  2048R/F9D5412B 2017-07-03
uid                          WagnerTech UG <mail@wagnertech.de>
sub  2048R/C1C27368 2017-07-03
  
```

ist `c1c27368` der Schlüsselname.

- Schlüssel exportieren: `gpg --armor --export SCHLUSSEL_NAME > SCHLUSSEL_DATEI`
- `SCHLUSSEL_DATEI` zum Download bereitstellen (z.B. im `conf`-Verzeichnis, s.u.)
- Verzeichnisstruktur anlegen:

```
$DEBIAN/
conf/
distributions
```

- Inhalt von distributions:

```
Origin: VENDOR
Label: PROJEKT
Codename: RELEASE
Architectures: i386 amd64
Components: main
Description: DESCRIPTION
SignWith: SCHLUSSEL_NAME
```

Dieser Block tritt für mehrere Releases (z.B. testing, stable) mehrfach auf.

- Paket hinzufügen: `reprepro includedeb RELEASE DEB_FILE`
- Weitere reprepro-Befehle:
 - Alle Pakete eines RELEASE anzeigen: `reprepro list RELEASE`
 - Vorhandene Versionen eines Pakets anzeigen: `reprepro ls PAKET`
 - Paket entfernen: `reprepro remove RELEASE PAKET`
 - Paket von einem Release zu einem anderen kopieren: `reprepro copy ZIEL QUELLE PAKET`

Aufgabe:

- Erstellen Sie ein Repository.
- Fügen Sie Ihr Paket hinzu.
- Fügen Sie das Repository Ihres Nachbarn^(mwd) zu Ihren Paketquellen hinzu.
- Installieren Sie das Paket Ihres Nachbarn.

3 Festplatten und Dateisysteme

3.1 Dateisystem

- Alles ist eine „Datei“
- Wurzel des Verzeichnisbaums ist / (absolute Pfade).
- Darunter liegen:
 - `bin` (binaries): Dieses Verzeichnis enthält die Systemprogramme, also Standardkonsolekommandos wie `ls` (Verzeichnisinhalt anzeigen) oder `cat` (Textdateien ausgeben).

- `sbin` (start binaries): Dieses Verzeichnis enthält weitere Dienstprogramme, vor allem Initialisierungsprogramme, die beim Systemstart aufgerufen werden.
- `dev` (devices): Dort werden die Gerätedateien abgelegt, d.h. Dateien, die auf die einzelnen Hardwarekomponenten verweisen. Damit lässt sich der Zugriff auf Geräte genau wie bei einzelnen Dateien über Benutzerrechte regeln.
- `usr` (user, unix system resources): Hier finden Sie diverse Unterverzeichnisse für die Komponenten der wichtigsten Anwendungsprogramme. Beispiele: Unter `/usr/bin` befinden sich die ausführbaren Dateien, `/usr/lib` ist das Verzeichnis für gemeinsam genutzte Bibliotheken, `/usr/include` enthält die C-Header-Dateien des Systems und der Bibliotheken – wichtig für die Kompilierung gängiger Open Source-Software, die im Quellcode geliefert wird. In ganz frühen UNIX-Systemen waren darin auch Benutzerdaten gespeichert, woran das *user* noch erinnert.
- `opt` (optional): Enthält zusätzliche Anwendungen, die weniger häufig benötigt oder aber nachträglich installiert werden.
- `proc`: Spezielles Verzeichnis, das Informationen über laufende Prozesse, sowie weitere Systeminformation enthält. Das Verzeichnis ist hierarchisch angelegt und ermöglicht es auf einheitliche Weise Prozessinformationen abzufragen, ohne direkt an den Kernel zu müssen.
- `etc`: Das Verzeichnis `etc` enthält die meisten systemweiten Konfigurationsdaten, sowohl für das Betriebssystem selbst als auch für viele Serverdienste und Anwendungen. Eine besondere Bedeutung haben/hatten z.B. die Init-Skripte unter `/etc/init.d`, die für den automatischen Start von Programmen beim Booten zuständig sind (System V-Init). Zusätzlich zu den globalen Einstellungen gibt es bei vielen Programmen auch benutzerspezifische Konfigurationsdaten. Diese werden in den Home-Verzeichnissen der jeweiligen Benutzer gespeichert; ihre Namen beginnen meist mit einem Punkt.
- `var`: Dieses Verzeichnis enthält variable Daten, vor allen Dingen Logdateien, in die Fehlermeldungen und Hinweise vom Betriebssystem und aus anderen Quellen eingetragen werden.
- `home`: enthält für jeden (menschlichen) Benutzer, der dem System bekannt ist, ein Home-Verzeichnis. Hier werden alle Anwendungsdaten dieses Benutzers abgelegt. Zusätzlich werden hier auch seine persönlichen Einstellungen für die verschiedenen Anwendungs- und Systemprogramme gespeichert. Gewöhnliche Benutzer haben außerhalb ihres Home-Verzeichnisses in aller Regel keine Schreibrechte, so dass sie weder vorsätzlich noch aus Unkenntnis das System oder die Dateien anderer User beschädigen können.
- `root`: Dieses Verzeichnis ist das spezielle Home-Verzeichnis des gleichnamigen Superusers. Es liegt nicht im Verzeichnis `/home` wie die anderen Benutzerverzeichnisse. `/home` wird nämlich oft so eingerichtet, dass es auf einem anderen physikalischen Datenträger oder zumindest in einer anderen Partition liegt als der Rest des Betriebssystems. Möglicherweise steht es also nicht zur Verfügung, wenn ein Fehler auftritt, den `root` beheben muss. Da Sie normale Aufgaben am Rechner aus Sicherheitsgründen nicht als `root` erledigen sollten, dient dieses Verzeichnis in der Regel nicht der Speicherung

von Arbeitsdateien, sondern beherbergt vor allem die persönlichen Konfigurationseinstellungen von root.

- tmp: Dieses Verzeichnis enthält temporäre Dateien. Dieses Verzeichnis wird bei jedem Systemstart gelöscht. Da bei Linux-Servern Systemstarts sehr selten sein können, ist darauf zu achten, dass dieses Verzeichnis nicht zu voll wird.
- boot: Enthält den Kernel und das Verzeichnis für das Bootmenu (grub)
- Relative Pfade werden relativ zum aktuellen Verzeichnis interpretiert.
- Besondere Kürzel:
 - ~: Home-Verzeichnis des aktuellen Benutzers
 - .: Aktuelles Verzeichnis
 - ..: Verzeichnis oberhalb des aktuellen Verzeichnis
- `ls -l` zeigt auch die Zugriffsrechte an (z.B. `-rwxr-xr-x`), sowie die Anzahl der Hardlinks
- `ls -la` zeigt alle Dateieinträge
- `ls -li` zeigt INode-Nummern
 - Auf Dateien wird nicht über den Namen, sondern über eine beim Namen hinterlegte Nummer (inode) zugegriffen: Abbildung 3.
 - `ln` erstellt einen Verzeichnis-Eintrag zu einem bestehenden Inode-Eintrag.
 - Mit `find -inum NUM` kann nach Verzeichniseinträgen zu einer bestimmten Inode-Nummer gesucht werden.

Aufgabe:

```
> echo Test >otto # schreibt Test in otto
> ln otto anna # legt weiteren Verzeichniseintrag an
> ls -li # gibt das Verzeichnis aus
> nano anna # anna wird verändert
> less otto # gibt otto aus
> rm otto # löscht otto
> less anna # gibt anna aus
> rm anna # löscht anna
```

- Symbolische Links (`ln -s`) verweisen auf Dateien. Sie können auch ins „Nirvana“ zeigen. `ln -sf` überschreibt ggf. einen bereits bestehenden Link.

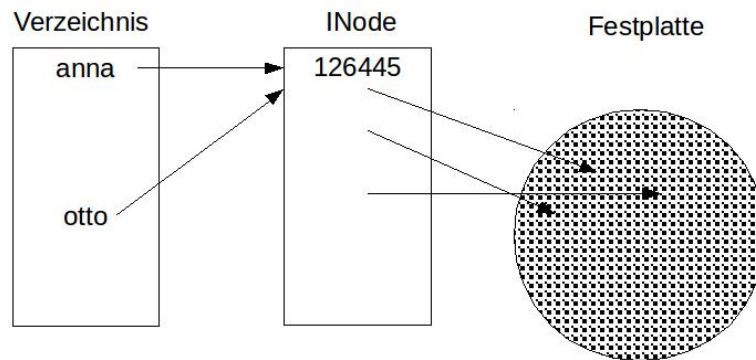


Abbildung 3: Inodes

Aufgabe:

```

> echo Test >otto # schreibt Test in otto
> ln -s otto anna # legt symbolischen Link an
> ls -li          # gibt das Verzeichnis aus
> nano anna      # anna wird verändert
> less otto      # gibt otto aus
> rm otto        # löscht otto
> less anna      # gibt anna aus
> rm anna        # löscht anna

```

- Dateien, Verzeichnisse, die mit einem Punkt beginnen sind „versteckte“ Dateien/Verzeichnisse.
 - Sie werden in den üblichen Dateibrowsern nicht angezeigt.
 - Sie werden bei `ls -l` nicht angezeigt.
 - Sie werden mit `ls -la` angezeigt.
 - Beispiele: `~/.profile` `~/.ssh`

3.2 Festplatten

Partitionen und *mount*

- Partitionierung ist Unterteilung der Festplatte
 - Trotz „Volllaufen“ einzelner Partitionen kann Betriebssicherheit gewährleistet werden (wenn man es richtig macht :-)
 - `df` (disk free) gibt Auskunft über die Belegung der Dateisysteme
 - `lsblk` listet alle *block devices*

Aufgabe:

Betrachten Sie die Plattenpartitionierung (*df* oder in der Systemüberwachung).

- Partitionen werden entweder als *swap* oder als Dateisystem verwendet, wobei viele Systeme aufgrund der oft großen zur Verfügung stehenden RAM-Speicher gar keinen *swap* mehr vorsehen oder diesen als Auslagerungsdatei vorsehen. Um eine solche anzulegen sind folgende Befehle nötig:

```
sudo dd if=/dev/zero of=/swapfile bs=1024 count=4194304
sudo mkswap /swapfile
sudo chmod 600 /swapfile
sudo swapon /swapfile
/swapfile - swap - 0 0 in /etc/fstab
```

Ob ein *swap* vorhanden ist und dieser auch verwendet wird, lässt sich mit dem Befehl `free -m` ermitteln.

Wenn ein Rechner länger läuft, wird er früher oder später den Swap-Speicher selbst dann nutzen, wenn sehr viel RAM zur Verfügung steht. Der Grund: Der Kernel verwaltet einen Cache für Lesezugriffe auf Dateien. Wird eine Datei später wieder benötigt, kann sie aus dem Cache gelesen werden. Sobald der Cache größer ist als das ansonsten freie RAM, lagert Linux seit langer Zeit nicht mehr genutzte Speicherblöcke in die Swap-Partition aus. Das ist durchaus kein Zeichen dafür, dass zu wenig RAM zur Verfügung steht. Linux versucht lediglich, den verfügbaren Speicher möglichst effizient zu nutzen. ...

Wenn der Speicher im RAM knapp wird, entscheidet der Linux-Kernel nach einem relativ komplexen Algorithmus, ob Cache-Speicher zugunsten anderer Speicheranforderungen freigegeben wird oder ob zuletzt ungenutzte Speicherbereiche in die Swap-Partition ausgelagert werden sollen. Mit dem Kernelparameter `/proc/sys/vm/swappiness` können Sie selbst einstellen, ob der Kernel nach Möglichkeit eher den Cache verkleinert oder Daten auslagert. ...

Immer wieder taucht die Frage auf, ob man ganz auf eine Swap-Partition verzichten kann bzw. sollte, wenn man eine Menge RAM hat. Grundsätzlich funktioniert Linux auch ohne Swap-Speicher; ein Argument spricht aber für eine Swap-Partition: Sollte eines Ihrer Programme außer Kontrolle geraten oder aus anderen Gründen mehr Speicher brauchen als erwartet, ist der verfügbare Speicher irgendwann erschöpft. Das kann zum Absturz des nächsten Prozesses führen, der weiteren Speicher anfordert. Das kann irgendein Prozess sein, nicht unbedingt Ihr außer Kontrolle geratenes Programm.

Grundsätzlich ändert eine Swap-Partition nichts an diesem Problem – auch der Swap-Speicher ist ja begrenzt. Durch die immer intensivere Nutzung des Swap-Speichers laufen alle Programme aber immer langsamer, sodass Sie rechtzeitig bemerken, dass auf Ihrem Rechner etwas nicht stimmt.⁸

⁸Kofler 2021, Kap. 22.16.

- Wichtige Dateisysteme:
 - Ext3/4 (Linux Extended File System 3/4)
 - * Mit Journalfunktion für die Wiederherstellung nach Stromausfall o.ä.
 - FAT16: für Disketten
 - FAT32/vfat: Altes Windows-Dateisystem, z.B. für USB-Sticks
 - exfat: Weiterentwicklung des vfat-Dateisystems für große Flash-Datenträger
 - NTFS: Aktuelles Windows-Dateisystem
 - * Kann auch unter Linux zugegriffen werden
 - * Kennt, im Gegensatz zu den FAT-Systemen, auch Zugriffsrechte und Benutzer
 - ISO 9660: CD-ROM
 - Swap: Die „Auslagerungsdatei“, kann mit `swapon` (ggf. `/sbin/swapon`) abgefragt werden.

Weitere Infos unter Wikipedia.⁹

- `mount` dient zum Einhängen von Dateisystemen in den Verzeichnisbaum.
- Mit `mount` können auch entfernte Dateisysteme (Samba, NFS) eingehängt werden.

Verschiedene `mount`-Befehle:

- Befehl zum Einhängen eines Windows-Laufwerks/Freigabe:

```
> mount -t cifs //WinServer/Freigabe /mnt -o username=name -o password=pass \  
-o uid=UID,gid=GID
```

UID, GID sind *user id* und *group id* des Benutzers, der nach dem Einhängen die Daten benutzen können soll.

Ob in Windows Verzeichnisse freigibt, können Sie lokal mit der Eingabe von `\\localhost` im Windowsexplorer herausfinden.

- Eine weitere Möglichkeit entfernte Dateisysteme einzuhängen ist der *ssh mount*. Dazu muss auf dem Server ein ssh-Server laufen:

```
> sshfs [user@]host:[dir] mountpoint
```

- Loop-Devices

Einzelne Dateien können als Dateisysteme gemounted werden (ISO-Dateien als `iso9660`).

```
sudo losetup /dev/loop0 IMAGE_NAME.iso # create loop device  
sudo mount -t iso9660 /dev/loop0 /mnt # mount loop device
```

- Befehl zum Aushängen eines Dateisystems

```
> umount /mnt
```

⁹https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_file_systems (17.10.2023)

Aufgabe:

- Legen Sie in `/mnt` eine Datei an (`sudo touch /mnt/otto`)
- Überprüfen Sie das Ergebnis (`ls -l /mnt`)
- Mounten Sie ein `sshfs`, `loop device` oder eine Windows-Freigabe auf `/mnt`.
- Überprüfen Sie das Ergebnis (`ls -l /mnt`)
- Lösen Sie den `mount`
- Überprüfen Sie das Ergebnis (`ls -l /mnt`)

Dieses Beispiel zeigt, wie ein `mount` Inhalte des Dateisystems überdecken kann.

- Datei `/etc/fstab` enthält die standardmäßig eingehängten Dateisysteme.

Aufgabe:

- Betrachten Sie mit `mount`, welche Dateisysteme in den Verzeichnisbaum eingehängt sind.
- Betrachten sie die Datei `/etc/fstab`.
- Überprüfen Sie mit `df` die Belegung der Dateisysteme

Partitionierung von Platten

Es gibt aktuell zwei Verfahren zur Verwaltung der Partitionierungsinformationen auf der Festplatte:

- MBR: Die Partitionierungskonzepte auf Basis der MBR-Partitionstabellen reichen bis in die DOS-Zeit zurück, und entsprechend angestaubt wirken manche Regeln und Einschränkungen. Mit MBR kommen Sie heute fast nur noch in virtuellen Maschinen oder bei externen Datenträgern in Kontakt (USB-Sticks, SD-Karten).
- GPT: Um die vielen MBR-Einschränkungen zu umgehen, gibt es seit vielen Jahren die viel moderneren GUID Partition Tables. Apple ist schon 2005 auf GPT umgestiegen. Der PC-Markt hat diesen Schritt im Herbst 2012 mit der Markteinführung von Windows 8 vollzogen.¹⁰

Aktuelle Linux-Distributionen unterstützen GPT mit UEFI-Boot.

`sudo cfdisk DEVICE` startet ein interaktive Konsolenanwendung.

Eine neu erstellte Partition muss dann mit einem Dateisystem initialisiert werden: `mkfs.SYSTEM PART`

SYSTEM: Filesystemtyp, z.B. `mkfs.ext4`

PART: Partition, z.B. `/dev/sdb2`

¹⁰Kofler 2021, S. 48f.

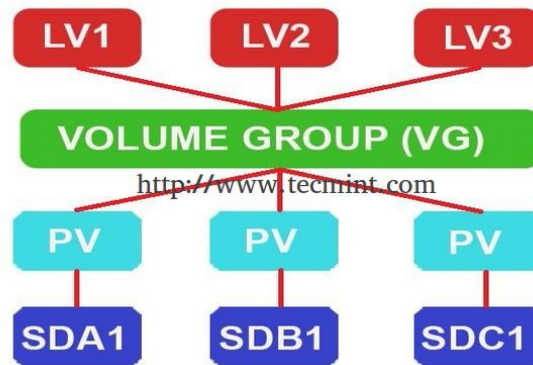


Abbildung 4: Logical Volume Manager

Aufgabe:

Mounten eines Dateisystems:

- Legen Sie mit Hilfe von VirtualBox eine weitere Festplatte an.
- Fügen Sie die Platte dem System hinzu (im ausgeschalteten Zustand)
- Überprüfen Sie mit `lsblk` das Ergebnis.
- Legen Sie mit `fdisk` zwei Partitionen an.
- Legen Sie auf den Partitionen ein Dateisystem an:
`mkfs.ext4 PART`
- Legen Sie zwei Mountpoints an (`/mnt/p1`, `/mnt/p2`)
- Mounten Sie die Partitionen auf die zwei Mountpoints und fügen Sie Dateien hinzu.
- Hängen Sie `/mnt/p2` wieder aus und mounten Sie die Partition (irrtümlich) auf `/mnt`. Was ist mit `/mnt/p1` passiert?
- Ergänzen sie die `fstab` so, dass nach einem Neustart die Partitionen richtig eingehängt sind.

Logical Volume Manager (LVM)

Um eine größere Flexibilität bei der Verwendung von Festplatten zu erreichen, kann ein *Physical Volume Manager* verwendet werden. Dazu werden die Partitionen, die über mehrere Festplatten verteilt sein können (*Physical Volumes*, PV) zu einer *Volume Group* (VG) zusammengefasst. Eine VG stellt eine große virtuelle Festplatte dar. Diese kann nun ihrerseits wieder partitioniert werden. Die Partitionen der VG heißen *Logical Volumes* (LV) (s. Abb. 4¹¹).

¹¹<https://www.tecmint.com/wp-content/uploads/2014/07/Create-Logical-Volume-Storage.jpg> (7.9.2020)

Vergrößern einer LVM-Partition¹²:

- Vergrößern der Platte im VirtualBox-Manager für virtuelle Medien oder neue virtuelle Platte anlegen
- Kontrolle mit `sudo cfdisk`: Hier muss *free space* erscheinen.
- *free space* auswählen, neue (physische) Partition anlegen, Partitionen festschreiben
- Mit `sudo partprobe` Partitionstabelle neu einlesen und mit `ls -l /dev/sd*` prüfen.
- *Physical Volume* erstellen `sudo pvcreate /dev/sdaX` und mit `sudo pvs` prüfen.
- Mit `sudo vgs` den VG-Namen ermitteln
- Mit `sudo vgextend VG_NAME PYS_PART` neue Partition der VG hinzufügen.
- Mit `df` den Namen der logischen Partition ermitteln
- Mit `sudo lvextend -L 20G LOG_PART` logische Partition vergrößern. Kontrolle mit `lvdisplay`
- Mit `sudo resize2fs -p LOG_PART` Dateisystem vergrößern und mit `df` überprüfen.

Aufgabe:

Mounten Sie die oben erstellten Partitionen nicht direkt, sondern vergrößern Sie damit die Rootpartition.

Hat Ihr System noch kein LVM, so kann in dieser Übung auch ein solches Schritt für Schritt angelegt werden. In diesem Fall müssen statt den `extend`-Befehlen die jeweiligen `create`-Befehle verwendet werden.

Weitere Beispiele:

- Verschlüsselte Partition: Auf der Partition `/dev/sdb2` soll die verschlüsselte Partition `lv2` angelegt werden.

```
lv1      | lv2      |          |
vg1      | vg2      |          |
         | sdb2_crypt |         |
pv1      | verschl. |          |
-----|-----|
sdb1     | sdb2     | sdb3     |
```

Nötige Kommandos:

```
apt install lvm2
pvcreate /dev/sdb1
pvs
vgcreate vg1 /dev/sdb1
lvcreate vg1 -l 100%FREE
lvdisplay
mkfs.ext4 /dev/vg1/lvol0
mount /dev/vg1/lvol0 /mnt/p1
```

¹²https://www.thomas-krenn.com/de/wiki/LVM_vergroessern (2.8.2020)

```

apt install cryptsetup
cryptsetup luksFormat /dev/sdb2
cryptsetup luksOpen /dev/sdb2 sdb2_crypt
pvcreate /dev/mapper/sdb2_crypt
vgcreate vg2 /dev/mapper/sdb2_crypt
lvcreate vg2 -l 100%FREE
lvdisplay
mkfs.ext4 /dev/vg2/lvol0
mount /dev/vg2/lvol0 /mnt/p2
/etc/crypttab: sdb2_crypt /dev/sdb2 none luks
/etc/fstab:
/dev/mapper/vg1-lvol0 /mnt/p1 ext4 defaults 0 1
/dev/mapper/vg2-lvol0 /mnt/p2 ext4 defaults 0 1

```

- Logische Partition vergrößern: lv1 soll um die physische Partition /dev/sdb3 vergrößert werden.

lv1		lv2			
vg1		vg2		vg1	
		vv1			
pv1		verschl.		pv3	

sdb1		sdb2		sdb3	

Nötige Kommandos:

```

pvcreate /dev/sdb3
vgextend vg1 /dev/sdb3
lvextend -l 100%FREE /dev/vg1/lvol0
resize2fs -p /dev/mapper/vg1-lvol0

```

Aufgabe:

Führen Sie diese Änderungen an Ihrem System durch.

3.3 Bootvorgang

Beim Bootvorgang muss man heute Altsysteme mit BIOS/GRUB und aktuelle System mit EFI/Secureboot unterscheiden. Da GRUB eine bewährte Methode ist, Linux-Systeme zu starten, wird diese nach wie vor auch in EFI-Systemen verwendet. Abbildung 5 zeigt die Zusammengänge.

Secureboot ist im Zusammenhang mit Linux problematisch: Da auf in den EFI-Systemen im Allgemeinen nur ein einziger Schlüssel (der von Microsoft) hinterlegt ist, gestaltete sich die Zusammenarbeit mit Linux schwierig.

GRUB bietet grundsätzlich die verschiedenen Linux-Kernel zur Auswahl an. Zu jedem Kernel gehört eine passende initrd-Datei, eine initiale RAM-Disk, die die für den Start benötigten Kernelmodule enthält.

¹³Kofler 2021, Abb. 23.1.

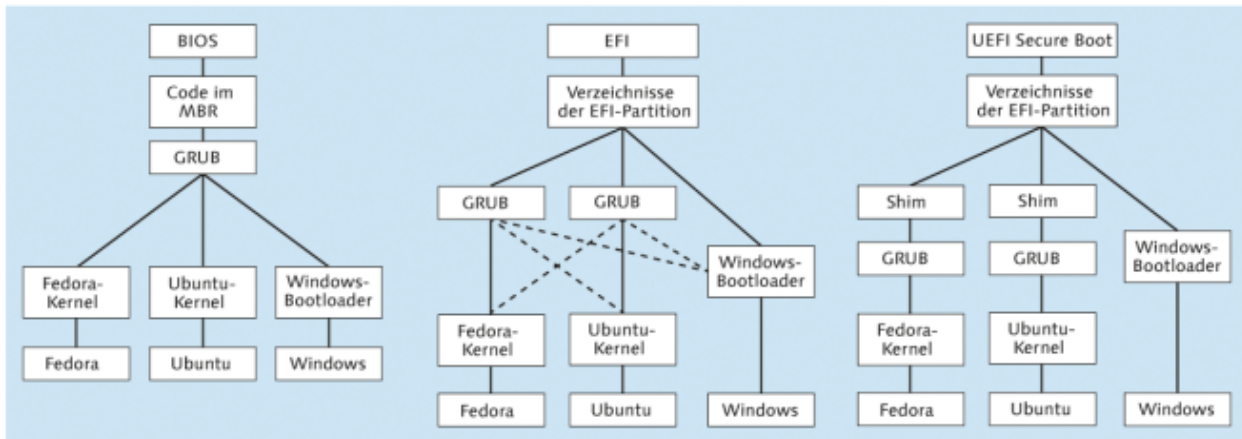


Abbildung 5: Boot-Vorgang mit BIOS, EFI und UEFI Secure Boot¹³

Viele Distributionen versuchen den GRUB zu verstecken, insbesondere, wenn Linux das einzige System am Rechner ist. Will man dennoch in den GRUB, muss rechtzeitig eine Taste gedrückt werden. Im Grafikmodus ist dies `ESC`, sonst die Umschalttaste (*shift*).

Ist beispielsweise nach einer Windows-Reinstallation auf einem Dual-Boot-System GRUB zerstört, muss GRUB neu installiert werden.

Eine manuelle Installation von GRUB auf einem EFI-Rechner ist denkbar einfach. Sie müssen an `grub-install` bzw. `grub2-install` keinerlei Parameter übergeben: Unter Fedora und RHEL müssen Sie allerdings das Paket `grub2-efi-modules` installieren.

```
root# grub-install # Debian, Ubuntu
root# grub2-install # Fedora, SUSE, RHEL
```

Durch dieses Kommando wird das Verzeichnis `/boot/efi/EFI/distributionsname` erzeugt. In dieses Verzeichnis wird eine neue Boot-Datei mit der Endung `.efi` geschrieben, die den GRUB-Code enthält. Außerdem wird die `.efi`-Datei in die Liste der EFI-Boot-Einträge aufgenommen und dort an den ersten Platz gestellt. ...

Damit `grub-install` erfolgreich ausgeführt werden kann, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die GRUB-Konfiguration in der Datei `/boot/grub[2]/grub.cfg` muss vorbereitet sein.
- Die EFI-Partition muss unter dem Pfad `/boot/efi` in den Verzeichnisbaum eingebunden sein.
- Das Kommando `efibootmgr` aus dem gleichnamigen Paket muss installiert sein.
- Das Kernelmodul `efivarfs` muss geladen oder in den Kernel kompiliert sein. `modprobe efivarfs` gelingt allerdings nur, wenn die Distribution im EFI-Modus gestartet wurde, nicht im BIOS-Modus.

Entscheidend für den Erfolg der GRUB-Reparatur ist, dass Sie das Live-System im EFI-Modus starten, nicht im BIOS-Modus. Anschließend wechseln Sie in den

root-Modus, binden die Systempartition und die aktiven `/dev-`, `/proc-` und `/sys-` Verzeichnisse in das Dateisystem ein und führen dann `chroot` aus. Gegebenenfalls binden Sie nun auch die Boot-Partition in das neue `root`-Dateisystem ein. Nun aktualisieren Sie die GRUB-Konfiguration und schreiben sie mit `grub-install` in die EFI-Partition. Vergessen Sie nicht, in den folgenden Kommandos `/dev/sda<n>` durch Ihre eigenen Device-Namen zu ersetzen!

```
root# mkdir /syspart
root# mount /dev/sda2 /syspart      # Systempartition
root# mount -o bind /dev /syspart/dev
root# mount -o bind /proc /syspart/proc
root# mount -o bind /sys /syspart/sys
root# chroot /syspart
root# mount /dev/sda1 /boot/efi    # EFI-Partition

root# update-grub                  # Debian/Ubuntu
root# grub2-mkconfig -o /etc/grub2-efi.cfg # Fedora
root# grub2-mkconfig -o /boot/grub2/grub.cfg # openSUSE
root# grub[2]-install
root# exit
```

14

Landet man bei einem Bootversuch im `grub>`-Prompt, kann das gewünschte System mit folgenden Befehlen gestartet werden:

```
grub> set root=(hd0,1)
grub> linux /vmlinuz root=/dev/sda1
grub> initrd /initrd.img
grub> boot
```

Statt `(hd0,1)` und `/dev/sda1` geben Sie den Namen Ihrer Linux-Systempartition an. Die Dateien `/vmlinuz` und `/initrd.img` verweisen bei den meisten Distributionen auf die aktuellste Kernel- und Initrd-Datei im Verzeichnis `/boot`. Sollte das bei Ihrer Distribution nicht der Fall sein, müssen Sie den Ort der Kernel- und der Initrd-Datei exakt angeben. GRUB unterstützt Sie bei der Eingabe mit der Eingabevervollständigung durch `TAB`.¹⁵

Aufgabe:

Sehen Sie sich auf Ihrem System in folgenden Verzeichnissen um:

- `/boot/efi`: Die EFI-Partition
- `/etc/grub.d`: Die GRUB-Konfiguration

¹⁴Kofler 2021, Kap. 23.4

¹⁵Kofler 2021, Kap. 23.4

4 Systemadministration

4.1 Systemstart (systemd)

Für den Start von UNIX-Systemen gibt es mittlerweile drei verbreitete Systeme. Das älteste ist das *System V Init*. Dieses startet zuerst den *init*-Prozess, der dann über viele, viele Skripte alle Dienste startet. System-V-Init ist robust und bewährt. Das Starten der vielen Skripte hat aber zur Folge, dass der Shell-Interpreter sehr oft gestartet werden muss, was entsprechend Zeit kostet. Canonical, die Firma hinter Ubuntu, hat daher mit *Upstart* ein eigenes Startsystem entwickelt. In den Ubuntu-Distributionen wird dies seit Version 6.10 verwendet {upstart} und wurde Schritt für Schritt weiter verbessert. Eine wichtige Neuerung gegenüber dem System-V-Init ist die Parallelisierung des Systemstarts, was bei Mehrkernsystemen eine deutliche Beschleunigung bringt.¹⁶

Mit *systemd* hat die Linux-Gemeinde auf ein neues Startsystem entwickelt, das mittlerweile in die meisten Distributionen Einzug gehalten hat {wiki}:

- Debian 8
- Ubuntu 15
- Red Hat RHEL 7
- openSUSE 12

Oftmals entstanden dann aber Abspaltungen, die auf den *systemd* verzichten, z.B. Devuan bei Debian.

systemd managed nicht nur Dienste, sondern auch Geräte und Mountpoints. All diese Dinge werden als *units* bezeichnet. Units werden durch *unit files* gesteuert. Sie sind der Nachfolger der Initskripte. Die Unitfiles stehen im Verzeichnis `/etc/systemd/system`. Unitfiles sind Konfigurationsfiles. Ein Beispiel findet sich in Abb. 6. Es zeigt den Start eines MySQL-Servers.

```

Listing 1: MySQL-Unitfile
01 [Unit]
02 Description=MySQL 5.6 database server
03 After=syslog.target
04 After=network.target
05
06 [Service]
07 Type=simple
08 User=mysql
09 Group=mysql
10
11 # Execute pre and post scripts as root
12 PermissionsStartOnly=true
13
14 ExecStartPre=/usr/libexec/mysql-check-socket
15 ExecStartPre=/usr/libexec/
16   mysql-prepare-db-dir %n
17 ExecStart=/usr/bin/mysqld_safe --basedir=/usr
18 ExecStartPost=/usr/libexec/mysql-wait-ready
19   mysql-check-upgrade
20 # Give a reasonable amount of time for the
21   server to start up/shut down
22 TimeoutSec=300
23 # Place temp files in a secure directory, not
24   /tmp
25 PrivateTmp=true
26 [Install]
27 WantedBy=multi-user.target
  
```

Abbildung 6: Unitfile für MySQL-Server [LM 02/2016]

Die Datei enthält folgende Informationen:

- [Unit]
 - Description: Klartextbeschreibung

¹⁶[LM 02/2016] S. 22 ff.

- After: Vorgabe, welche andere Dienste vorher gestartet sein müssen
- [Service]
 - Die Rechte (Benutzer/Gruppe), unter denen der Dienst laufen soll
 - Type=simple besagt, dass der zu startende Dienst unter ExecStart zu finden ist.
 - ExecStartPre: Skripte, die vor dem Dienst gestartet werden
 - ExecStartPost: Skripte, die nach dem Start des Dienstes ausgeführt werden
 - TimeoutSec: Maximale Startzeit des Dienstes
- Unter [Install] wird der MySQL-Server dem multi-user.target zugeordnet.

Über weitere Parameter in der [Service]-Sektion lassen sich Sicherheitsmerkmale steuern:

- PrivateTmp: Verwendung eines eigenen tmp-Verzeichnisses
- PrivateNetwork: Verhinderung eines Netzwerkzugriffs
- ReadonlyDirectories: Verzeichnisse, auf die nur lesend zugegriffen werden dürfen
- InaccessibleDirectories: Verzeichnisse, auf die nicht zugegriffen werden dürfen

Darüber hinaus lassen sich weitere Ressourcen, wie Dateigrößen oder die Anzahl der Kindprozesse beschränken.

Eine Übersicht im laufenden System schafft der Befehl `systemctl`:

- `systemctl --state=failed`: Auflistung aller Dienste, die nicht gestartet werden konnten
- `systemctl status <service>`: Status des Dienstes
- `systemctl start|stop|kill|restart|reload <service>`: Startet/beendet einen Dienst
- `systemctl enable|disable <service>`: Nimmt einen Dienst in den/aus dem Systemstart

Aufgabe:

- Betrachten Sie das Unitfile des `sshd`.
- Prüfen Sie, ob beim Systemstart Dienste nicht gestartet werden konnten.
- Betrachten Sie die Statusinformationen der Dienste `sshd` und `nfs-kernel-server`.
- Starten Sie den `nfs-kernel-server` neu.
- Definieren Sie Ihren eigenen Dienst:
 - Legen Sie die Datei `dater` an und machen Sie diese ausführbar.

```
#!/bin/bash
while true
do
  date >> /tmp/dater.out
  sleep 10
done
```

- Legen Sie die Datei `/etc/systemd/system/dater.service` an.
- Starten Sie den Dienst und überprüfen Sie den Erfolg.
- Nehmen Sie den Dienst in den Systemstart
- Starten Sie den Server neu und prüfen Sie, ob der Dienst mit dem Systemstart gestartet wurde.

Neben kontinuierlich laufenden Diensten kann `systemd` auch periodisch laufende Dienste verwalten. Dazu muss `Type=oneshot` gesetzt und in einer `SERVICE.timer`-Datei bestimmt werden, wie oft der Dienst ausgeführt werden soll.

- Aufgabe:
- Betrachten Sie die Dateien `/lib/systemd/system/apt*`.
 - Wandeln Sie das `dater`-Beispiel so um, dass das Programm minütlich ausgeführt wird.

4.2 Zeitgesteuerte Abläufe

crontab

- Erstellen einer Benutzer-crontab (`crontab -e`)
- Eine Systemweite `crontab` befindet sich im Verzeichnis `/etc` (resp. Dateien unter `/etc/cron.d`). Diese Tabelle enthält zusätzlich ein Feld unter welchem Benutzer der Befehl ausgeführt werden soll.

Die `crontab` hat schematisch folgenden Aufbau: `Min Std Tag Mon Wochentag Kommando`

- Minute: 0-59
- Stunde: 0-23
- Tag des Monats: 1-31
- Monat: 1-12
- Wochentag: 0-6 (0=Sonntag, 1=Montag, ...)

Die Felder können mit folgenden Werten versorgt werden (hier als Beispiel im Feld „Wochentag“):

- 5: Nur Freitags
- Aufzählung: 1,2,3: Mo-Mi
- *: An allen Tagen
- */2: an geraden Tagen

Aufgabe:

Legen Sie mit dem `crontab`-Befehl eine Aufgabe an, die minütlich das aktuelle Datum an eine Datei anhängt.

systemd

Bei neueren Systemen können zeitgesteuerte Abläufe auch durch den `systemd` gesteuert werden. Dazu müssen folgende Dateien vorhanden sein:

- `/lib/systemd/system/SERVICE.service`: Diese Datei definiert, was ausgeführt werden soll.
- `/lib/systemd/system/SERVICE.timer`: Diese Datei definiert, wann der Service ausgeführt werden soll.

Zur Verwaltung der `systemd timer` stehen folgende Kommandos zur Verfügung:

- `systemctl enable SERVICE.timer` aktiviert den Timer.
- `systemctl list-timers --all` zeigt alle Timer.
- `systemctl daemon-reload`: Aktualisiert den `timer daemon` nach Änderungen an den Konfigurationsdateien.
- `man systemd.time`: Informiert über die Möglichkeiten des `systemd timers`.

Aufgabe:

- Betrachten Sie die Dateien `/lib/systemd/system/apt*`.
- Führen Sie eine minütliche Systemaktualisierung durch und lassen Sie sich eine *e-mail* zustellen.

4.3 Benutzer und Gruppen

- Benutzer sind in `/etc/passwd` abgelegt.

Hier ist auch hinterlegt mit welcher Shell in welchem Verzeichnis sich der Benutzer im System nach dem Login befindet. Bei einem Login werden als erstes in der Shell Konfigurationsdateien ausgeführt, darunter die persönliche Steuerdatei `~/.profile`.

- Passwörter in `/etc/shadow`
- Benutzergruppen in `/etc/group`

Die Gruppen, zu denen ein Benutzer gehört, sind auf folgende Weise festgelegt:

- Jeder Benutzer gehört zu einer *Primärgruppe*. Deren Gruppennummer ist in `/etc/passwd` an 4. Position festgelegt, ihr Name in `/etc/group`.

- Ein Benutzer kann weiteren Gruppen zugeordnet werden, indem in `/etc/group` hinter der Gruppendefinition weitere Benutzernamen kommasepariert angefügt werden.

Mit dem Befehl `groups` kann die aktuelle Gruppenzuordnung eines Benutzers überprüft werden.

Aufgabe:

- Betrachten die die oben genannten Systemdateien.
- Legen Sie einen neuen Nutzer mit der grafischen Oberfläche an (falls vorhanden).
- Legen Sie einen neuen Nutzer auf der Kommandozeile mit dem Befehl
`sudo adduser <user> an.`
- Betrachten Sie erneut die Systemdateien

Weitere Administrationsbefehle:

- `deluser`: Löscht einen Benutzer
- `passwd`: Ändert das Passwort des aktuellen Benutzers
- `sudo passwd USER` setzt das Kennwort des Benutzers `USER`.
- Um nicht in den Dateien selbst Benutzerinformationen ändern zu müssen existiert der Befehl `usermod`. Seine Verwendung kann auf der *man page* angeschaut werden.

4.4 Rechteverwaltung

Der Befehl `ls -l` zeigt auch die Zugriffsrechte von Dateien und Verzeichnissen an (z.B. `-rwxr-xr-x`).

Die erste Stelle gibt den Dateityp an: `'-'` für eine gewöhnliche Datei, `'d'` für ein Dateiverzeichnis oder `'l'` für einen Symlink. Die neun nachfolgenden Stellen zeigen in Dreiergruppen die Zugriffsrechte an. Ein Buchstabe steht dafür, dass ein Zugriffsrecht gewährt wird, ein Strich bedeutet dagegen, dass es nicht gewährt wird. Im vorliegenden Fall darf der Eigentümer (die ersten drei der neun Zeichen) die Datei lesen, schreiben (dazu gehören in der Regel auch Löschen und Umbenennen) und ausführen. Die Gruppe (die nächsten drei Zeichen) und der Rest der Welt (die letzten drei) dürfen nur lesen und ausführen, aber keinerlei Änderungen durchführen. Das Recht der Ausführung ist nur für Programme und für Verzeichnisse sinnvoll. Letztere lassen sich zwar natürlich nicht wie ein Programm ausführen, aber wenn das `x` nicht gesetzt ist, können sie nicht als Arbeitsverzeichnis ausgewählt werden.

Intern werden die Zugriffsrechte übrigens als dreistellige Oktalzahl gespeichert. Die erste Stelle enthält die Benutzerrechte des Eigentümers, die zweite die der Gruppe und die dritte die der anderen Benutzer. Der Wert jeder Stelle ist die Summe aus den gewährten Benutzerrechten: 4 steht für Lesen, 2 für Schreiben und 1 für Ausführen. Das Zugriffsrecht `rwxr-xr-x` lässt sich also als 755 darstellen. [S10]

Bei Debian/Ubuntu/Mint hat jeder Nutzer seine eigene Gruppe. Standardmäßig kann also kein Nutzer die Dateien eines anderen Nutzers ändern, auch wenn dieser die Rechte für die Gruppe freigegeben hat. Damit ist eine sehr feingranulare Rechteverwaltung möglich.

Bei der Neuanlage von Dateien/Verzeichnissen bestimmt die `umask`, welche Rechte das neue Objekt *nicht* hat. Der Standardwert von `0022` legt Objekte ohne Schreibrecht für Gruppe und Welt an.

Eigentumsverhältnisse und Zugriffsrechte können mit den Befehlen `chown`, `chgrp` und `chmod` geändert werden.

Beispiele:

- `chown michael DATEI` ordnet die Datei dem Benutzer `michael` zu.
- `chown michael:user DATEI` ordnet die Datei dem Benutzer `michael` und der Gruppe `user` zu.
- `chgrp user DATEI` ordnet die Datei der Gruppe `user` zu.
- `chmod 775 DATEI` setzt die entsprechenden Dateirechte (oktale Interpretation)
- `chmod a+w DATEI` setzt für alle Schreibrechte. (u: Benutzer, g: Gruppe)

Welche Rechte für welche Dateioperationen benötigt werden, ist in Abb. 7 dargestellt.

Aktion	Kommando	Datei	Verzeichnis
In Verzeichnis wechseln	<code>cd verzeichnis</code>	–	x
Liste der Dateien ermitteln	<code>ls verzeichnis/*</code>	–	r
Dateiinformationen lesen	<code>ls -l verzeichnis/*</code>	–	rx
Neue Datei erzeugen	<code>touch verzeichnis/neuedatei</code>	–	wx
Datei lesen	<code>less verzeichnis/datei</code>	r	x
Vorhandene Datei ändern	<code>cat >> verzeichnis/datei</code>	w	x
Datei löschen	<code>rm verzeichnis/datei</code>	–	wx
Programm ausführen	<code>verzeichnis/programm</code>	x	x
Script-Datei ausführen	<code>verzeichnis/script</code>	rx	x

Abbildung 7: Erforderliche Zugriffsrechte für Standardaktionen¹⁷

Aufgabe:

- Erstellen Sie eine Datei in Ihrem Verzeichnis

¹⁷Kofler 2021, S. 399.

- Wechseln Sie zu einem der neu angelegten Nutzer: `su <user>`
- Versuchen Sie die gerade angelegte Datei zu editieren
- Geben Sie als Besitzer der Datei der Gruppe Schreibrechte:
`chmod g+w <datei>` oder `chmod 664 <datei>`
- Versuchen Sie erneut als anderer Nutzer auf Ihre Datei zuzugreifen
- Nehmen Sie den neuen Nutzer in Ihre Gruppe
`sudo vi /etc/group`
`<owner>:x:1000:<new user>`
Alternativ können Sie den Befehl `usermod` verwenden.
- Prüfen Sie mit dem Befehl `groups` zu welchen Gruppen der neue Nutzer nun gehört. Hinweis: Erst bei einem erneuten Login wird die Gruppenzugehörigkeit eines Benutzers neu vergeben.
- Versuchen Sie erneut als anderer Nutzer auf Ihre Datei zuzugreifen
- Nun versuchen Sie die Sache umgekehrt: Der neue Nutzer legt eine Datei in seinem Verzeichnis an und gibt der Gruppe Schreibrechte. Sie versuchen diese Datei zu ändern.

Ein weiteres Instrument der Rechteverwaltung ist das S-UID-Bit. Ist bei einer ausführbaren Binärdatei dieses Bit gesetzt, so nimmt der Nutzer während der Ausführung die Identität des Eigentümers der ausführbaren Datei an.

Aufgabe:

- Versuchen Sie als gewöhnlicher Benutzer mit dem Editor `nano` die Datei `/etc/passwd` zu editieren (`nano /etc/passwd`).
- Setzen Sie das s-Bit: `sudo chmod u+s /usr/bin/nano`.
Falls sich `nano` an einem anderen Ort befindet, kann dies mit `which nano` herausgefunden werden.
- Versuchen Sie erneut die Datei `/etc/passwd` zu editieren.
- Machen Sie die Änderungen wieder rückgängig.

Weitere Spezial-Bits:

Das Setgid-Bit hat bei Programmen eine ähnliche Wirkung wie Setuid. Allerdings wird nun während der Ausführung des Programms die Gruppen-Identifikationsnummer der Datei verwendet, nicht die GID des aktuellen Benutzers.

`ls -l` zeigt bei derartigen Programmen für die Gruppen-Zugriffsbits, also in der zweiten `rwx`-Gruppe, den Buchstaben `s` oder `S` anstelle des `x` an. Der Oktalwert dieses Bits beträgt 2000.

Bei Verzeichnissen hat das Setgid-Bit eine ganz andere Bedeutung: Wenn es gesetzt ist, wird neu erzeugten Dateien innerhalb dieses Verzeichnisses die Gruppe des Verzeichnisses zugeordnet – anstatt, wie sonst üblich, die Gruppe desjenigen, der die Datei erzeugt.

In der Praxis wird das Setgid-Bit eingesetzt, wenn mehrere Benutzer ein Verzeichnis gemeinsam benutzen sollen: Dann ist es nämlich zweckmäßig, dass neue Dateien der gemeinsamen Gruppe zugeordnet werden und nicht der gerade aktiven Gruppe desjenigen Benutzers, der die Datei erzeugt. ...

Das Sticky-Bit bewirkt bei Verzeichnissen, in denen alle die Dateien ändern dürfen, dass jeder nur seine eigenen Dateien löschen darf und nicht auch Dateien anderer Benutzer. Das Bit ist beispielsweise beim `/tmp`-Verzeichnis gesetzt. In diesem Verzeichnis darf jeder Benutzer temporäre Dateien anlegen. Es soll aber vermieden werden, dass auch jeder Benutzer nach Belieben fremde Dateien umbenennen oder löschen kann.

Is -l zeigt bei derartigen Programmen für alle gültigen Zugriffsbits den Buchstaben t anstelle des x an. Der Oktalwert dieses Bits beträgt 1000. Die Bedeutung des Sticky-Bits ist Linux-spezifisch! Bei anderen Unix-Varianten kann das Bit eine andere oder gar keine Bedeutung haben. ...

Am einfachsten gelingt die Einstellung der Spezialbits durch `chmod`, wenn Sie mit Oktalcodes arbeiten – also z. B. `chmod 2770 verzeichnis`. Aber natürlich ist auch eine Veränderung in der `chmod`-üblichen Syntax `owner+-bit` möglich:¹⁸

```
u+s, u-s: setuid
g+s, g-s: setgid
+t, -t: sticky
```

4.5 Systemprotokollierung

Der Linuxkernel selbst und die diversen Daemons, die in einem Linux-System laufen, protokollieren ihren Betriebszustand in Logdateien. Die Programme schreiben dabei nicht selbst in Dateien, sondern bedienen sich dabei eines Dienstes, des Syslog.

Die traditionelle Implementierung ist `rsyslogd`, die nach und nach vom Logger des `systemd` (`systemd-journald`) abgelöst wird.

syslog

Syslog empfängt die Meldungen und schreibt sie in die verschiedenen Logdateien. Eine Logmeldung besteht aus drei Teilen:

- der Quelle (*facility*). Folgende Quellen sind definiert:

```
auth authpriv cron daemon kern lpr mail mark news security syslog
user uucp ftp local0 local1 local2 local3 local4 local5 local6 local7
```

¹⁸Kofler 2021, Kap. 11.6.

- der Dringlichkeit (*priority*). Folgende Stufen sind definiert:

```
emerg alert crit error warn notice info debug
```

- dem Meldungstext.

Die Regeln, die die Nachrichten auf die Dateien verteilen, sind in der Konfigurationsdatei `/etc/rsyslog.conf` zu finden. Das `sysklogd`-Format sieht dabei folgendermaßen aus:

```
<facility>.<priority> <file>
```

Für *facility* bzw. *priority* kann dabei auch der „*“ als *wildcard* eingesetzt werden. Ein „-“ vor dem Dateinamen sagt, dass nicht jeder Eintrag geflasht werden muss.

Die Log-Dateien werden regelmäßig abgeschlossen und umgespeichert. Diese Aufgabe übernimmt `logrotate`. `logrotate` wird über den `cron`-Dienst regelmäßig aufgerufen. Es prüft anhand der Einträge in `/etc/logrotate.conf`, ob eine der Dateien „rotiert“ werden muss. Eine Rotation umfasst folgende Schritte:

- Löschen der ältesten Logdatei
- Erhöhung der Versionsnummern größer 2
- Kompression der Version 1 und Umbenennung auf 2
- Kopieren der aktuellen Datei auf Version 1

Ein nützliches Kommando, um sowohl kompromierte als auch nicht kompromierte Dateien zu durchsuchen, ist `zgrep`.

Aufgabe:

- Betrachten Sie die Logging-Regeln in `/etc/rsyslog.conf`, resp. `/etc/rsyslog.d/*`.
- Schreiben Sie einen Logeintrag unter Zuhilfenahme des Programms `logger`:

```
logger -t <process> -p <facility>.<priority> <message>
```
- Suchen Sie den Logeintrag. In welche Dateien wurde er geschrieben?
- Ergänzen Sie die Konfigurationsdatei um einen Eintrag für `news.info`.
- Starten Sie `rsyslog` neu und testen Sie die neue Konfiguration.

systemd-journald

Das Init-System `systemd`, das in Abschnitt 4.1 beschrieben wird, enthält eigene Logging-Funktionen, das sogenannte Journal. Für die Protokollierung ist der Hintergrundprozess `systemd-journald` verantwortlich. Im Vergleich zu traditionellen Syslog-Diensten gibt es drei fundamentale große Unterschiede:

- Das Journal wird platzsparend in einem binären Format gespeichert. Dieses Format ist aber auch der größte Nachteil des Journals: Unzählige Tools setzen voraus, dass die Logging-Dateien im Textformat vorliegen und unkompliziert mit `grep` ausgewertet werden können.

- Das Journal ist gegen nachträgliche Änderungen geschützt. Damit ist es für einen Einbrecher unmöglich, seine Spuren zu beseitigen.
- Das gesamte Journal wird an einem Ort gespeichert. Die bei Syslog übliche Trennung in mehrere Logging-Dateien entfällt (und damit auch die entsprechende Konfiguration). Die Extraktion bestimmter Meldungen erfolgt mit `journalctl`.

Davon abgesehen ist das Journal aber Syslog-kompatibel. Alle Dienste, die bisher Syslog zum Protokollieren verwendet haben, können ohne Änderungen das Journal nutzen. Auch das im vorigen Abschnitt beschriebene Kommando `logger` kooperiert problemlos mit dem Journal.

Wenn das Verzeichnis `/var/log/journal` existiert, speichert das Journal seine Protokolle dort. Existiert dieses Verzeichnis hingegen nicht, kommt `/run/log/journal` als Speicherort zur Anwendung. Auf den ersten Blick scheint das kein großer Unterschied zu sein, allerdings ist `/run` üblicherweise ein temporäres Dateisystem. Dort gespeicherte Protokolle gehen daher mit jedem Neustart verloren!¹⁹

Mit folgenden Optionen lässt sich die Ausgabe von `journalctl` einschränken:

- `-b` zeigt nur die Nachrichten seit dem letzten Neustart des Rechners.
- `-t PROCESS`: Name des Prozesses
- `-p PRIORITY`: Priorität
- `--facility FACILITY`: Quelle
- `-k` zeigt nur Kernelnachrichten.
- `-n N` zeigt nur die letzten `N` Zeilen.
- `-f` startet `journalctl` im Dauerbetrieb, wobei ständig die gerade eintreffenden Nachrichten angezeigt werden. `(Strg) + (C)` beendet das Kommando.

Ähnlich wie die Rechte beim Lesen von Dateien, muss auch der Benutzer ausreichend Rechte haben, um alle Einträge sehen zu können. `root` und die `adm`-Gruppe haben dazu ausreichend Rechte, andere Benutzer dürfen nur eingeschränkt auf das Log zugreifen.

Das Journal wird durch `/etc/systemd/journald.conf` sowie durch die folgenden Konfigurationsdateien gesteuert:

```

/etc/systemd/journald.conf.d/*.conf
/run/systemd/journald.conf.d/*.conf
/usr/lib/systemd/journald.conf.d/*.conf
```

Details zu den dort zulässigen Einstellungen können Sie mit `man journald.conf` nachlesen. Ich konzentriere mich hier auf einige ausgewählte Parameter:

- `ForwardToSyslog` gibt an, ob durch das Journal protokollierte Nachrichten auch an einen traditionellen Syslog-Dienst weitergegeben werden sollen.

¹⁹Kofler 2021, Kap. 18.13

- `MaxFileSec` gibt an, nach welcher Zeit spätestens eine neue Logging-Datei gestartet werden soll. Die Defaulteinstellung sieht einen Monat vor. Diese Einstellung ist nur relevant, wenn die Logging-Dateien langsamer wachsen, als die Limits `SystemMaxUse`, `SystemMaxFileSize` und `SystemKeepFree` vorgeben.
- `MaxLevelStore` gibt die Prioritätsstufe an, bis zu der Nachrichten im Journal gespeichert werden. Die Defaulteinstellung lautet `debug`.
- `SystemMaxUse` gibt an, wie viel Prozent des Dateisystems die Logging-Dateien maximal beanspruchen können. Bevor dieses Limit überschritten wird, werden alte Logging-Dateien gelöscht. Die Defaulteinstellung beträgt 10 %.
- `SystemMaxFileSize` gibt die maximale Größe einer Logging-Datei an. Die Defaulteinstellung beträgt ein Achtel von `SystemMaxUse`. Das führt zu einem automatischen »Rotating«, wobei neben der aktuellen Logging-Datei maximal sieben ältere Dateien entstehen.
- `SystemKeepFree` gibt an, wie viel Prozent des Dateisystems frei bleiben müssen. Die Defaulteinstellung beträgt 15 %.²⁰

Aufgabe:

- Schreiben Sie einen Logeintrag unter Zuhilfenahme des Programms `logger`:
`logger -t <process> -p <facility>.<priority> <message>`
- Suchen Sie `journalctl` den Logeintrag.

4.6 Kernel²¹

Aufgaben des Kernels

Der Kernel eines Betriebssystems bildet die hardwareabstrahierende Schicht, das heißt, er stellt der auf dieser Basis aufsetzenden Software eine einheitliche Schnittstelle (API) zur Verfügung, die unabhängig von der Rechnerarchitektur ist. Die Software kann so immer auf die Schnittstelle zugreifen und braucht die Hardware selbst, die sie nutzt, nicht genauer zu kennen. Der Linuxkernel stellt folgende Funktionalität zur Verfügung:

- Speicherverwaltung
- Prozessverwaltung, Multitasking, Lastverteilung
- Sicherheitserzwingung
- Eingabe/Ausgabe-Operationen auf verschiedenen Geräten
- Virtualisierung
- Routing

²⁰Kofler 2021, S. 621.

²¹[https://de.wikipedia.org/wiki/Linux_\(Kernel\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Linux_(Kernel)) (3.1.2018)

Funktionsweise

Bei einem strikt monolithischen Kernel wird der gesamte Quellcode inklusive aller Treiber in das Kernel-Image (den ausführbaren Kernel) kompiliert. Im Gegensatz dazu kann Linux Module benutzen, die während des Betriebs geladen und wieder entfernt werden können. Damit wird die Flexibilität erreicht, um unterschiedlichste Hardware ansprechen zu können, ohne sämtliche (auch nicht benötigte) Treiber und andere Systemteile im Speicher halten zu müssen (modular monolithischer Kernel). Nahezu jeder Treiber kann allerdings auch als Modul zur Verfügung stehen und vom System dann dynamisch nachgeladen werden. Ausgenommen davon sind Treiber, die für das Starten des Systems verantwortlich sind, bevor auf das Dateisystem zugegriffen werden kann. Der Kernel besteht aus mehreren Tausend Quelldateien mit Millionen Zeilen C-Code.

Der Kernel ist ein Betriebssystemkern und darf nicht als das eigentliche Betriebssystem verstanden werden. Dieses setzt sich aus dem Kernel und weiteren grundlegenden Bibliotheken und Programmen (die den Computer erst bedienbar machen) zusammen.

Architektur

Da der Kernel für viele Systeme kompiliert wurde, ist Linux heute das meist-portierte Betriebssystem:

- Intel 80386
- Intel 8086
- Intel IA-64 (Itanium)
- AMD64 (Athlon, Opteron)
- PowerPC
- Alpha
- Sun SPARC, UltraSparc
- Motorola 68020
- MIPS (RISC von Silicon Graphics)
- HP PA-RISK
- IBM zSeries
- Embedded Prozessoren, (Realtime bis etwa 20 ms)

Entwicklungsprozess

Die Entwicklung von Linux liegt durch die GNU General Public License und durch ein sehr offenes Entwicklungsmodell nicht in der Hand von Einzelpersonen, Konzernen oder Ländern, sondern in der Hand einer weltweiten Gemeinschaft vieler Programmierer, die sich hauptsächlich über das Internet austauschen. Bei der Entwicklung kommunizieren die Entwickler fast ausschließlich über E-Mail, da Linus Torvalds behauptet, dass so die Meinungen nicht direkt aufeinander prallen. In vielen Mailinglisten, aber auch in Foren und im Usenet besteht für jedermann die Möglichkeit, die Diskussionen über den Kernel zu verfolgen, sich daran zu beteiligen und auch aktive Beiträge zur Entwicklung zu leisten. Durch diese unkomplizierte Vorgehensweise ist eine schnelle und stetige Entwicklung gewährleistet, die auch die Möglichkeit mit sich bringt, dass jeder dem Kernel Fähigkeiten zukommen lassen kann, die er benötigt.

Eingegrenzt wird dies nur durch die Kontrolle von Linus Torvalds und einigen besonders verdienten Programmierern, die das letzte Wort über die Aufnahme von Verbesserungen und Patches in die offizielle Version haben. Manche Linux-Distributoren bauen auch eigene Funktionen in den Kernel ein, die im offiziellen Kernel (noch) nicht vorhanden sind.

Die Versionskontrolle des Kernels unterliegt dem Programm Git. Dies wurde speziell für den Kernel entwickelt und auf dessen Bedürfnisse hin optimiert.

Eine eigene Geschichte ist die Nummerierung der Kernelversionen. Im Lauf der nun mehrere Jahrzehnte dauernden Kernelentwicklung wurden die Schemata der Nummerierung immer wieder verändert. Hier eine Aufstellung der Historie:

Linux kernel version history²²

Logging

Die Meldungen des Kernel werden über zweierlei Wege festgehalten. Der Kernel schreibt Meldungen

- in einen Ringspeicher, der mit `dmesg` ausgelesen werden kann.
- über den Logging-Dienst des Systems

Da während des Bootvorgangs der Logging-Dienst erst gestartet wird, können frühe Meldungen nur über den Ringspeicher ausgelesen werden.

Aufgabe:

- Welche Kernel-Version läuft auf Ihrem System (`uname -a`)
- Welche Module hat der Kernel geladen (`lsmod`)
- Betrachten Sie die Kernel-Logs `dmesg` und `cat /var/log/syslog / journalctl -k`.

²²https://en.wikipedia.org/wiki/Linux_kernel_version_history

Kernelmodule

Zum manuellen Nachladen von Kernelmodulen stehen folgende Befehle zur Verfügung:

- `insmod MODPATH`: Lädt das unter dem Pfad `MODPATH` liegende Modul in der Kernel.
- `modprobe MOD`: Lädt das Modul `MOD`. `modprobe` berücksichtigt Modulabhängigkeiten und sucht sich den Pfad selbst.
- `lsmod` liefert eine lange Liste der geladenen Kernelmodule.
- `lspci -k` liefert die Liste der PCI-Geräte zusammen mit den geladenen Modulen²³

Die Modulabhängigkeiten sind in `/etc/modprobe.d/` abgelegt.

Wie man bei einem WLAN-Adapter schrittweise von der Hardwareerkennung über das Laden der Treiber zum Netzwerk kommt, ist hier²⁴ beschrieben.

4.7 Drucken unter Linux

Unter UNIX/Linux gibt es für das Drucken ein eigenes Protokoll: CUPS (*common unix printing system*).

Kern dieses Systems ist der *scheduler*, der die verschiedenen Druckaufgaben entgegennimmt und in die Warteschlangen der verschiedenen Drucker stellt. CUPS enthält einen eigenen HTTP-Server (Port 631), über den es vom Netz aus ansprechbar und über einen Browser administrierbar ist.²⁵

Der Betrieb eines reinen Druckerservers unter Linux gestaltet sich hingegen oft als schwierig: Die Druckertreiber sind oft proprietäre Software, die erst mal für Windows implementiert wird und dann auf Linux portiert wird. Dabei ist es (z.B. bei HP) so, dass der Treiber zur Installation eine graphische Oberfläche benötigt.

Umgekehrt bieten viele Netzdrucker selbst eine CUPS-Schnittstelle an, so dass das Drucken aus Linux-System heraus gut unterstützt wird. Diese Drucker werden von Linux-Desktop-Systemen automatisch erkannt und stehen sofort zur Verfügung.

Für einen automatischen Druck steht das Kommando `lp` zur Verfügung. Da die meisten Drucker postscriptfähig sind, lassen sich Postscriptdateien direkt an den Drucker schicken. Der Befehl dafür lautet:

```
lp -d DRUCKERNAME PS_DATEI
```

Ein Druck über die durch `ghostscript` realisierte Umwandlung in Postscript erfolgt über:

```
lpr -P DRUCKERNAME PS_DATEI
```

²³Kofler 2021, Kap. 25.1.

²⁴<https://hilfe.wagnertech.de/index.php/wlan-analyse/> (7.12.2023)

²⁵[S:260.]

Die Druckerverwaltung unter Linux erfolgt durch einen Netzwerkdienst. Jeder unter Linux eingerichtete Drucker kann bei entsprechender Konfiguration von allen anderen Rechnern im lokalen Netzwerk genutzt werden.

Die gesamte Druckphilosophie unter Unix/Linux basiert ursprünglich auf PostScript-Druckern. PostScript ist eine Programmiersprache zur Beschreibung von Seiteninhalten. PostScript-Drucker erwarten Druckdaten in diesem Format. Fast alle Linux-Programme mit Druckfunktionen senden PostScript-Daten an das Drucksystem.

Seit einigen Jahren vollzieht sich ein Wandel vom PostScript- zum PDF-Format. Salopp formuliert ist PDF eine komprimierte Darstellung einer PostScript-Datei mit einigen Zusatzfunktionen. Da mittlerweile immer mehr Programme PDF-Dateien erzeugen können und immer mehr Drucker PDF-Dateien direkt verarbeiten können, versucht CUPS zunehmend, den Zwischenschritt PostScript zu vermeiden. ...

Bis jetzt habe ich vorausgesetzt, dass Sie einen Drucker einsetzen, der PostScript oder möglicherweise sogar PDF direkt unterstützt. In der Praxis kommen aber häufig Drucker zur Anwendung, die nicht PostScript- oder PDF-kompatibel sind. Damit auch solche Drucker unter Linux funktionieren, ist eine Umwandlung der PostScript- oder PDF-Daten in das jeweilige Druckerformat erforderlich. Intern kommt dabei das Programm Ghostscript zum Einsatz (Kommando `gs`).

Um den Aufruf von `gs` kümmert sich ein sogenannter Filter. Das ist ein Programm (ein Script), das Eingabedaten verarbeitet und Ausgabedaten liefert. Der Filter für den Druckprozess muss insbesondere die richtigen Parameter an `gs` weitergeben, also den Namen des Druckermodells, die gewünschte Auflösung, die gewünschte Seitengröße etc. Er wandelt die PostScript-Daten seitenweise in Bitmaps um und gibt diese – zusammen mit den Druckbefehlen des jeweiligen Druckers – weiter. Ghostscript greift bei seiner Arbeit auch auf externe Druckertreiber zurück. Das wichtigste Treiberprojekt für Linux ist Gutenprint (ehemals GIMP-Print). ...

Sie haben auf Ihrem Rechner einen Tintenstrahldrucker richtig konfiguriert. Der Druckername sei `pluto`. Nun möchten Sie die Grafikdatei `mypicture.png` ausdrucken und führen das folgende Kommando aus:

```
user$ lpr -Ppluto mypicture.png
```

Jetzt laufen die folgenden Operationen ab:

- `lpr` gibt die Datei an das Spooling-System CUPS weiter.
- Dieses gibt die Datei an das Filtersystem weiter.
- Der Filter erkennt den Dateityp (PNG) und wandelt die Bitmap je nach CUPS-Version in eine PostScript- oder PDF-Datei um.
- Diese Datei wird an Ghostscript weitergegeben, das sie in das herstellerspezifische Format des Druckers `pluto` umwandelt.
- Nachdem der Drucker `pluto` alle zuvor gestarteten Druckjobs verarbeitet hat, druckt er `mypicture.png` aus. ...

Für CUPS sieht jeder Drucker wie ein PostScript- oder PDF-Drucker aus. Drucker-spezifische Details wie die Größe des nicht bedruckbaren Seitenrands, die Druckerauflösung, Kommandos für bestimmte Zusatzfunktionen wie den Papiereinzug, Besonderheiten wie der Duplex-Druck etc. werden in PPD-Dateien gespeichert (*PostScript Printer Definition*). Das PPD-Format wurde von Adobe definiert und kommt auch unter Windows und macOS zum Einsatz.

Da natürlich nicht jeder Drucker tatsächlich ein PostScript- oder PDF-Drucker ist, enthalten CUPS-PPD-Dateien in Form von Kommentaren auch das erforderliche Ghostscript-Kommando inklusive aller Optionen, damit `gs` die Druckdaten in das Format des Druckers umwandeln kann. Die folgenden Zeilen zeigen einige Auszüge aus einer PPD-Datei für einen Tintenstrahldrucker:

```
*PPD-Adobe: "4.3"
...
*Manufacturer: "HP"
*ModelName: "HP Deskjet 6980 Series hpijs"
*FoomaticIDs: "HP-DeskJet_6980 hpijs"
*FoomaticRIPCommandLine: "gs -q -dBATCHE -dPARANOIDSAFER -dQUIET -dNOPAUSE
-sDEVICE=ijs -sIjsServer=hpijs%A%B%C -dIjsUseOutputFD%Z -sOutputFile=- -"
...
```

Diese Informationen stammen aus der Datenbank `ppds.dat`, die PPD-Einträge für alle Drucker enthält, die CUPS bekannt sind. Die binäre Datei `ppds.dat` befindet sich je nach Distribution z.B. im Verzeichnis `/var/cache/cups`. Wenn Ihr Drucker in dieser Datenbank fehlt und Sie auch kein kompatibles Modell finden, hilft vielleicht eine passende `*.ppd`-Datei aus dem Internet weiter.

Beim Ausdruck extrahiert CUPS aus der `*.ppd`-Datei die Ghostscript-Parameter für den gewünschten Drucker, ruft damit `gs` auf und wandelt so die PostScript-Daten in das Format des jeweiligen Druckers um. Die resultierenden Daten werden dann an das Drucker-Device gesendet.

HP entwickelt im Rahmen des Projekts *HP Linux Imaging and Printing* (kurz HPLIP) selbst freie Druckertreiber für viele seiner Drucker, Scanner und Multifunktionsgeräte. Als Lizenz kommt überwiegend die GPL zum Einsatz, teilweise auch die MIT- oder BSD-Lizenz. HP ist mit dieser aktiven Open-Source-Unterstützung ein leuchtendes Vorbild in der Computer-Industrie. Da viele HP-Drucker auch ohne HPLIP direkt von CUPS unterstützt werden, ist der Einsatz der HPLIP-Funktionen zumeist optional. Weitere Informationen zu HPLIP finden Sie hier:

<https://developers.hp.com/hp-linux-imaging-and-printing>

Zu HPLIP gibt es die grafische Benutzeroberfläche `hplip-toolbox`, die sich bei vielen Distributionen in einem eigenen Paket befindet (z.B. `hplip-gui` bei Ubuntu) und extra installiert werden kann. Das Programm erkennt selbstständig angeschlossene HP-Geräte und hilft bei deren Konfiguration und Anwendung. `hp-toolbox` kann unter anderem den Füllstand der Tintenpatronen vieler HP-Tintenstrahldrucker anzeigen – eine Funktion, die CUPS von sich aus nicht bietet. ...

CUPS unterstützt das *Internet Printing Protocol* (IPP, <https://pwg.org/ipp>). Dieses Protokoll vereinfacht die Nutzung von Druckern im Netzwerk über die Grenzen von

Linux hinweg ganz erheblich. IPP wird von allen gängigen Betriebssystemen unterstützt.

Grundsätzlich ist es möglich, die CUPS-Konfigurationsdateien mit einem Texteditor zu verändern. Wegen der großen Komplexität ist das aber selten zu empfehlen. Vernünftiger ist es zumeist, lokale Konfigurationswerkzeuge zu nutzen, also die Systemeinstellungen von KDE oder Gnome oder das SUSE-spezifische Programm YaST.

Bei Server-Installationen ohne grafische Benutzeroberfläche können Sie zur Konfiguration die CUPS-Webschnittstelle verwenden. Aus Sicherheitsgründen steht diese Schnittstelle nur auf dem lokalen Rechner zur Verfügung. Die folgende Adresse führt zur Startseite:

<http://localhost:631>²⁶

5 Shell-Programmierung

5.1 Grundlagen

Ein erstes Beispiel

```
#!/bin/bash
set -e # Abbruch bei einem Fehler (RC != 0)
set -x # debug mode

summe=0
for n in $*
do
  case $n in
    *[^0-9]*)
      echo "Keine Zahl: $n"
      ;;
    *)
      let summe=$summe+$n
      echo "Zahl: $n"
      ;;
  esac
done
echo "Summe: $summe"
```

Aufgabe:

- Skript in die Datei `summe.sh` tippen
- `summe.sh` ausführbar machen (`chmod a+x summe.sh`)
- `summe.sh` ausführen (mit verschiedenen Parametern)

²⁶Kofler 2021: Kap. 18.11.

Variablen

Die Zuweisung von Variablenwerten erfolgt mit `variable=<wert>` (kein Leerzeichen!). Die Werte, die in Variablen gespeichert sind, sind immer Zeichenketten. Sie werden in einem entsprechenden Kontext in Zahlen umgewandelt.

Werden in einem Shell-Skript auf Variablen zugegriffen, sollten diese immer in doppelte Anführungszeichen gesetzt werden, um bestimmte Laufzeitfehler zu vermeiden. Eine undefinierte Variable oder eine Variable, deren Wert Leerstellen enthält, wird nicht richtig aufgelöst, wenn sie nicht in doppelten Anführungszeichen steht.

```
a="Erster Fall"
if [ $a = "Erster Fall" ]; then echo "Erster Fall"; fi (Fehler!)
```

Falls ein Variablenname neben anderen Zeichen steht, muss er mit geschweiften Klammern umschlossen werden:

```
a=Apfel
echo "${a}ernte"
```

Booleans und Rückgabewerte

Für die Shell steht der Wert 0 für wahr oder Erfolg und alle anderen Werte für falsch oder Fehler. Außerdem gibt jeder Befehl beim Beenden einen Integerwert an die Shell zurück, der mit `$?` abgefragt werden kann:

```
who
echo $?
```

- Die Rückgabewerte eines Befehls sind normalerweise in dessen Manpage dokumentiert.
- Der Befehl `test`, der mit `[` abgekürzt werden kann, evaluiert einfache boolesche Ausdrücke.
`test 10 -lt 5` (Rückgabewert 1)
`[10 -lt 5]` (dasselbe; Achtung Leerstellen!)

Weitere Möglichkeiten siehe `man test`.

- Will ein Programm selbst mit einem Rückgabewert ungleich null enden:
`exit N`

Programmelemente

- `echo`: Standardausgabe
- `read`: Standardeingabe
- `let var=<wert>`: Zuweisung eines arithmetischen Wertes
- `for – do – done`: Schleife (`{bash}` Kap. 11.1)
- `while – do – done`: Schleife mit Abbruchbedingung (`{bash}` Kap. 11.1)

- case – esac: Fallunterscheidung ({bash} Kap. 11.4)
- if – else – fi: Fallunterscheidung ({bash} Kap. 7)
 - Achtung: Beim if statement sind Leerzeichen zu beachten!
- Aus Schleifen kann mit break herausgesprungen werden ([Lin] S. 189)

Syntaxbeispiel

- for statement

```
for var in 17 18 19
do
    echo $var
done
```

Hinweis: Normalerweise sind die Wörter durch Leerzeichen getrennt. Soll ein anderes Trennzeichen verwendet werden, kann dieses durch IFS festgelegt werden:

```
IFS=","
data="17,18,19"
for var in $data
do
    echo $var
done
```

- while statement

```
while read input
do
    echo "$input wurde eingegeben"
done
```

Soll zeilenweise aus einer Datei gelesen werden, wird der Dateiname als Eingabe hinter das done geschrieben:

```
done < FILE
```

Eine Eingabezeile kann auch gleich auf mehrere Variablen aufgeteilt werden:

```
while read v1 v2 v3
```

Die Aufteilung erfolgt beim \$IFS (default: Leerzeichen)

- case statement

```
case $var in
A)
    echo "A gefunden"
    ;;
B)
    echo "B gefunden"
    ;;
*)
    echo "Was anderes gefunden"
    ;;
esac
```

- if statement

```

if [ -f datei.txt ]
then
    echo "Es existiert die Datei datei.txt"
elif [ "$var" = "hallo" ]
then
    echo "Variable hat den Wert 'hallo'"
elif rm datei1.txt
then
    echo "Datei datei1.txt konnte geloescht werden."
elif [ $i -lt 100 ]
then
    echo "i ist kleiner 100"
else
    echo "Von obigen Bedingungen hat keine gepasst."
fi

```

Spezielle Variablen

- \$0: Name des gerufenen Skripts
- \$1 .. \$n: Aktualparameter 1 .. n
- \$*: Alle Parameter der Kommandozeile
- \$#: Anzahl der Parameter der Kommandozeile
- \$?: Rückgebewert des letzten Aufrufs

Funktionen

Die Parameterübergabe erfolgt in gleicher Weise, wie bei Skriptaufruf von der Kommandozeile.

```

Funktionsname()
{
    Befehle
}
#
# oder
#
function Funktionsname
{
    Befehle
}

```

Aufgabe:²⁷

Schreiben Sie das Skript `filetest.sh`, mit folgenden Eigenschaften:

- Das Skript muss mit 2 Parametern aufgerufen werden, der erste ist die Option, der zweite der Name einer Datei.

- Hat der erste Parameter den Wert
 - a: Prüfe, ob es sich beim 2. Parameter um eine Datei handelt. Hänge das aktuelle Datum (`date`) an die Datei.
 - d: Prüfe, ob es sich beim 2. Parameter um eine Datei handelt. Lösche die Datei.
 - v: Gib Programmname und Version aus

Aufgabe:²⁸

Schreiben Sie das Skript `uhr.sh`, das in Abhängigkeit von der Tastatureingabe folgendes ausführt:

d: Ausgabe des aktuellen Datums
 v: Ausgabe des aktuellen Verzeichnisses
 e: Skript wird beendet
 Andere Eingaben: Fehlermeldung

Aufgabe:

Schreiben Sie ein weiteres Skript `uhr1.sh`, das `uhr.sh` in drei Weisen mit Eingaben versorgt:

- Pipe: `cat input.txt | uhr.sh`
- Redirekt: `uhr.sh < input.txt`
- HERE-Dokument:

```
uhr.sh <<STOP
d
v
e
STOP
```

Zeichenketten

Ein weiteres nützliches Instrument bei der Shell-Programmierung ist das Abschneiden von Suffixes (%) und Präfixes (#). Werden die Zeichen einfach verwendet, wird die minimale Treffermenge abgeschnitten, werden sie doppelt verwendet (%% und ##), so wird die maximale Menge abgeschnitten.

```
name=MichaelWagner.txt
echo ${name%.txt}
echo ${name%.*}
```

²⁷[S10:795]

²⁸[S10:801]

```
# liefert MichaelWagner
echo ${name#Michael}
echo ${name#*l}
# liefert Wagner.txt
echo ${name#*e}
# liefert lWagner.txt
echo ${name##*e}
# liefert r.txt
```

Weitere Möglichkeiten der Zeichenketten-Verarbeitung unter `man bash` im Abschnitt „Parameter Expansion“.

Aufgabe:

Jedes Skript bekommt unter dem Parameter `$0` seinen Aufrufpfad übergeben.

- Schreiben Sie ein Skript `aufruf.sh`, das
 - diesen Aufrufpfad ausgibt.
 - den Dateipfad vorne abschneidet und nur den Skriptnamen ausgibt.
- Verlinken Sie das Skript auf einen anderen Namen (`ln -s`) und rufen Sie das Skript erneut auf.

Kommandozeilenargumente

Die Verarbeitung von Kommandozeilenargumenten kann auch über die `getopts`-Funktionalität realisiert werden. Die Aufrufsyntax lautet:

```
getopts <optstring> <var>
```

`<optstring>` beschreibt die möglichen Optionen (ohne '-'): Falls die Optionen `-d -e -f` möglich sind, lautet der String: "def". Optionen, die von einem Wert gefolgt werden (z.B. `-d wert`) erhalten im `optstring` ein ':', also "d:ef".

`<var>` ist der Name der Variablen, in die die Option geschrieben wird. Hat die Option einen Wert, wird dieser in die Variable `OPTARG` geschrieben.

Hier ein Beispiel:

```
while getopts d:ef o
do case "$o" in
  d) echo "Wert=$OPTARG";;
  e) echo "-e gesetzt";;
  f) echo "-f gesetzt";;
  [?]) echo "Usage: $0 [-d wert] [-e] [-f]" >&2
      exit 1;;
  esac
done
```


Aufgabe:

- Testen Sie das kleine Beispiel für `getopts`
- Setzen Sie das Beispiel `filetest.sh` auf `getopts` um.

Alternativ steht auch `getopt` zur Verfügung: Dies unterstützt auch alternative Langnamen. Eine Beschreibung findet sich in `/usr/share/doc/util-linux/examples`.

5.2 Ein größeres Beispiel

In diesem Beispiel soll mit Skripten eine Büchereiverwaltung simuliert werden. Als Datenbank dienen drei Dateien:

- `buch.csv`

```
<signatur>;<Autor>;<Titel>
```

- `benutzer.csv`

```
<benutzer-id>;<Nachname>;<Vorname>;<e-mail>
```

- `ausleihe.csv`

```
<ausleihe-id>;<signatur>;<benutzer-id>;<ausleihe-dat>; \\
  <rueckgabe-soll>;<rueckgabe-ist>
```

Ist ein Buch ausgeliehen, so fehlt der Eintrag für `<rueckgabe-ist>`. Als Datumsformat wird `YYYY-MM-DD` verwendet.

Elementare Funktionen

Aufgabe:

Schreiben Sie eine Datei `funktion.sh` mit folgenden Funktionen:

- `get_buch <signatur>`: Anhand der Signatur wird die entsprechende Zeile auf `stdout` ausgegeben. Falls die Signatur nicht gefunden wird, wird ein entsprechender Rückgabewert gesetzt.
- `insert_buch <signatur> <Autor> <Titel>` hängt nach einer Prüfung, ob die Signatur nicht schon in Verwendung ist, den Datensatz an `buch.csv` an.
- `delete_buch <signatur>` entfernt das Buch mit der gegebenen Signatur aus `buch.csv`.
- `get_ausleihen` liefert alle aktuellen Ausleihen auf `stdout`.
- `get_nutzer <nutzer-id>` liefert den angeforderten Nutzer auf `stdout`. Falls der Nutzer nicht gefunden wird, wird ein entsprechender Rückgabewert gesetzt.

- `get_value <pos> <datensatz>` liefert den Wert an Position `<pos>` aus dem kommasparierten Datensatz auf `stdout`.

Schreiben Sie eine Datei `buecherei.sh`, das die oben beschriebenen Funktionen testet. Die Datei mit den Funktionen wird über `. funktion.sh` geladen. Vergessen Sie nicht, die Rückgabewerte abzufragen.

Mahnmail

Aufgabe:

Schreiben Sie ein Skript, das eine Datei `mahn.csv` in folgendem Format erstellt:

```
<e-mail>;<Nachname>;<Vorname>;<Signatur>;<Autor>;<Titel>;<rueckgabe-soll>
```

Gehen Sie dazu in folgenden Schritten vor:

- Lesen Sie alle aktuellen Ausleihen.
- Überprüfen Sie, ob `<rueckgabe-soll>` bereits in der Vergangenheit liegt.
Hinweis: Der Befehl `date +%s -d DSTRING` wandelt die Datums-Zeichenkette `DSTRING` in Epochensekunden um.
- Falls ja, lesen Sie Buch und Nutzer und schreiben Sie eine Zeile in die Ausgabedatei.

Abverkauf von Büchern

Aufgabe:

Erstellen Sie sich eine Eingabedatei `verkauf.csv` mit folgendem Format:

```
<Signatur>;<preis>
```

Erstellen Sie ein Skript, das folgende Schritte ausführt:

- Titel und Autor holen, sowie das Exemplar in der Datenbank löschen
- Das Skript erstellt pro Buch eine `txt`-Datei, die Titel, Autor und Preis enthält.

6 Quellen

6.1 Literatur

Hildebrand (2008) Hildebrandt, Ralf; Koetter, Patrick Ben (2008): Postfix. Einrichtung, Betrieb und Wartung.

Kofler (2021) Kofler, Michael (2021): Linux. Das umfassende Handbuch, Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn 2021

[Lin] D.J. Barret, „Linux, kurz&gut“, O’Reilly 2004.

[S10] S. Kersken,“SUSE Linux 10.x“, Galileo Computing 2006.

[TCP/IP] ICN TI Enabling. Kurs ICP/IP Grundlagen. Siemens 1999.

6.2 Quellen im Internet

{apache} Apache-Foundation, <http://www.apache.org>

{awk} awk-Manual, <http://www.grymoire.com/Unix/Awk.html>

{bash} Bash-Manual, <http://tldp.org/LDP/abs/html>

{bashdb} <http://www.rodericksmith.plus.com/outlines/manuals/bashdbOutline.html>

{bounce} https://en.wikipedia.org/wiki/Bounce_message

{dhcp} https://wiki.debian.org/DHCP_Server

{dnsmasq} <https://wiki.debian.org/HowTo/dnsmasq>

{distro} Übersicht über Linux-Distributionen, <http://distrowatch.com>

{ibm} <http://www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-job-scheduling/index.html>

{ldap} <https://www.debian.org/doc/manuals/debian-handbook/sect.ldap-directory.en.html>

{lightsquid} <http://lightsquid.sourceforge.net/>

{linuxconfig} <https://linuxconfig.org/linux-dns-server-bind-configuration>

{masq} <http://tldp.org/HOWTO/IP-Masquerade-HOWTO/>

{mk} <http://mathias-kettner.de/>

{nfs} <http://thesystemadministrator.net/linux-administration/how-to-install-and-configure-nfs-server-and-client-on-linux-remote-disk-access-with-nfs>

{regex} Reguläre Ausdrücke, http://gnosis.cx/publish/programming/regular_expressions.html

{rsyslog} http://www.rsyslog.com/doc/v8-stable/configuration/basic_structure.html

{upstart} <https://wiki.ubuntuusers.de/Upstart/>

{wiki} Internet-Lexikon www.wikipedia.de. Stichworte: Linux, Apache Software Foundation