

Systemsoftware

Lehrbrief zum Modul
des Master-Verbundstudiengangs
„Angewandte Künstliche Intelligenz“

Hans-Georg Eßer

21. Juni 2024

Inhaltsverzeichnis

A	Einleitung	7
A.1	Aufbau und Gliederung	7
A.2	Notation	7
A.2.1	Allgemeines	7
A.3	Lernkontrollfragen, Kurswebseite	8
A.4	Über den Autor	8
1	Grundlagen Rechneraufbau, Betriebssysteme	9
1.1	Lernziele	9
1.2	Computer-Typen	9
1.2.1	Personal Computer (PCs)	10
1.2.2	Server	12
1.2.3	Mobilgeräte	13
1.2.4	Embedded Devices	13
1.2.5	Echtzeitsysteme	15
1.3	Computer-Komponenten	15
1.3.1	Hauptplatine	15
1.3.2	Busse für Erweiterungskarten: PCI und ISA	16
1.3.3	Prozessor	19
1.3.4	Chipsatz: North Bridge und South Bridge	19
1.4	Universalrechner (von Neumann, Harvard)	20
1.4.1	Eigenschaften des von-Neumann-Rechners	21
1.4.2	Alternatives Modell: Harvard	23
1.5	CPU-Architekturen, RISC vs. CISC	24
1.6	Aufgaben eines Betriebssystems (BS)	25
1.7	Typische Aufgaben eines Betriebssystems	27
1.8	Geschichte der Betriebssysteme	30
1.8.1	Ein Leben ohne Betriebssysteme	30
1.8.2	BIOS mit Funktionsbibliotheken	30
1.8.3	Kompatibilitätsfragen	31
1.8.4	Struktur für die Dateiablage	32
1.8.5	Mehr Struktur für große Datenträger	32
1.8.6	Multitasking	33
1.8.7	Mehrbenutzer-Betrieb	33
1.9	Schichten und Abstraktion: von der Hardware zum GUI-Programm	34
1.10	Lizenzmodelle: frei/proprietär, open/closed	35
1.11	Lernkontrollfragen	39
1.12	Lösungshinweise zu den Lernkontrollfragen	40
2	Linux-Installation und erste Schritte	41
2.1	Lernziele	41

2.2	Beispiel Linux	41
2.2.1	Kernel vs. Dienstprogramme	42
2.2.2	Linux-Distributionen	44
2.3	Vorbereitung und Voraussetzungen	45
2.4	Partitionierung	46
2.5	Installationsroutinen	49
2.6	Start und Anmeldung	50
2.6.1	Anmeldung	50
2.7	Die Shell	51
2.7.1	Elementare Shell-Befehle	52
2.7.2	Optionen, Argumente, Parameter	53
2.7.3	Dateioperationen	55
2.7.4	Verzeichnisoperationen	58
2.7.5	Versteckte Dateien und Ordner	63
2.7.6	Shell verlassen	63
2.7.7	Befehls-History	63
2.7.8	Als Administrator:in arbeiten	64
2.8	Lernkontrollfragen	65
2.9	Lösungshinweise zu den Lernkontrollfragen	66
3	Ausgewählte Standard-Anwendungen	67
3.1	Editoren	67
3.1.1	Gnome Texteditor und Kate	67
3.1.2	Vim	69
3.2	Secure Shell	74
3.2.1	Login auf entferntem Rechner	74
3.2.2	Dateitransfer	75
3.2.3	SSH ohne Passwort-Eingabe	75
3.2.4	SSH-Server unter Ubuntu 24.04	76
3.3	Software-Entwicklung	76
3.3.1	Praktisches Beispiel	77
3.4	Eingebaute Hilfe	79
3.5	Reguläre Ausdrücke	81
3.6	Ein- und Ausgabe-Umleitung und Pipe	85
3.7	Unix-Baukasten	88
3.7.1	Filtern mit grep	88
3.7.2	Ersetzen mit sed und tr	89
3.7.3	Sortieren mit sort	92
3.7.4	Spalten verarbeiten mit cut und column	92
3.8	Lernkontrollfragen	94
3.9	Lösungshinweise zu den Lernkontrollfragen	97
4	Linux-Administration	99
4.1	Benutzer und Gruppen	99

4.2	Zugriffsrechte	99
4.3	Software-Verwaltung	99
4.3.1	Software-/Paket-Verwaltung	100
4.3.2	System-Aktualisierung	104
4.3.3	Snap-Pakete	106
4.4	Netzwerk-Basics	106
4.4.1	Internet Protocol (IP)	107
4.4.2	Portnummern: TCP und UDP	111
4.5	Lernkontrollfragen	113
4.6	Lösungshinweise zu den Lernkontrollfragen	115
5	Prozesse	117
5.1	Lernziele	118
5.2	Linux: Jobs	118
5.2.1	Vorder- und Hintergrund	119
5.2.2	Job-Verhalten beim Beenden der Shell	120
5.2.3	nohup und disown	121
5.3	Linux: Prozesse	122
5.3.1	Ansicht der Baumstruktur	125
5.3.2	Aktualisierte Liste	127
5.4	Prozess-Eigenschaften	128
5.5	Interrupts	130
5.6	System Calls	132
5.6.1	Schutz durch Syscall-Mechanismus	133
5.7	Multitasking und Scheduling	135
5.7.1	Kooperatives und unterbrechendes Scheduling	136
5.7.2	Round-Robin-Scheduler	137
5.8	Speicherverwaltung	141
5.8.1	Segmentierung	142
5.8.2	Paging	144
5.9	Lernkontrollfragen	149
5.10	Lösungshinweise zu den Lernkontrollfragen	150
6	Dateisystem	151
6.1	Lernziele	151
6.2	Allgemeine Dateisystem-Features	152
6.2.1	Unix-Dateisysteme	154
6.3	Festplatten-Verwaltung	159
6.3.1	Partitionierung mit fdisk	159
6.3.2	Formatierung mit mkfs	163
6.3.3	Dateisysteme mounten	164
6.3.4	Beliebte Mount-Optionen	167
6.3.5	Dateisysteme warten	169

6.4	Besondere Funktionen	170
6.4.1	Journaling	170
6.4.2	Einsatz von Image- und Swap-Dateien	171
6.4.3	Verschlüsselung	172
6.4.4	Dateisysteme fremder Betriebssysteme	175
6.5	FUSE: Filesystem in Userspace	177
6.6	Lernkontrollfragen	178
6.7	Lösungshinweise zu den Lernkontrollfragen	179
7	Zusatzthemen	181
7.1	Rechner-Arithmetik	181
7.1.1	Einführung	181
7.1.2	Fließkommazahlen	181
7.2	Docker-Container	185
7.3	Synchronisation und Deadlocks	186
7.3.1	Ein Synchronisationsproblem	186
7.3.2	Kritischer Bereich, gegenseitiger Ausschluss	192
7.3.3	Locking	193
7.3.4	Test-and-Set-Lock	194
7.3.5	Mutexe	195
7.3.6	Semaphore	197
7.3.7	Deadlocks	202
7.4	Lernkontrollfragen	210
7.5	Lösungshinweise zu den Lernkontrollfragen	211
Anhänge		213
Literaturverzeichnis		213
Abbildungsverzeichnis		214
Tabellenverzeichnis		215
Listing-Verzeichnis		215
Index		217

A Einleitung

Herzlich willkommen im Lehrbrief „Systemsoftware“. Der Studiengang „Angewandte Künstliche Intelligenz“ setzt keine Informatik-Vorkenntnisse voraus, die KI ist aber ein Zweig der Informatik, und deswegen geht es in den ersten Semestern (neben spezielleren Themen mit starkem KI-Bezug) auch um Grundlagen der Informatik. In diesem Modul stelle ich einige praxisnahe und einige theoretische Aspekte zu den Themen *Betriebssysteme* und *Rechnerarchitektur* vor. Dabei gehen wir nicht so sehr in die Tiefe, wie das in einem Informatik-Studiengang der Fall wäre.

Wenn Sie in die Modulbeschreibung geguckt haben, wissen Sie schon: Wenn das Semester zu Ende ist, haben Sie „die nötigen Kenntnisse erworben, um ein Linux-System einzurichten, aktuell zu halten, Software zu installieren und einfache Dateisystemaktivitäten sowie Systemverwaltungsaufgaben auszuführen. Sie können praktische Aufgabenstellungen am Rechner ausführen. Ergänzend dazu haben sie ein grundlegendes Verständnis für die Rolle von Linux (und anderen Betriebssystemen) als »Vermittler« zwischen Hard- und Software gewonnen und können die wichtigsten Probleme und Lösungsansätze in den Bereichen Scheduling, Speicherverwaltung, Dateisysteme und Synchronisation beschreiben und erläutern.“

Ergänzend kommen noch einige Grundlagen der Computer-Technik hinzu.

A.1 Aufbau und Gliederung

Passend zu den sieben Präsenzterminen im Semester gibt es sieben Kapitel in diesem Lehrbrief. Bitte lesen Sie jeweils zur Vorbereitung auf den n -ten Präsenztermin das Kapitel n :

1. Grundlagen Rechneraufbau, Betriebssysteme
2. Linux-Installation und erste Schritte
3. Ausgewählte Standard-Anwendungen
4. Linux-Administration
5. Prozesse
6. Dateisystem
7. Zusatzthemen (u. a. Rechner-Arithmetik, Docker)

A.2 Notation

Der Lehrbrief verwendet einige Notationen, Auszeichnungen und Standards, die wir im Folgenden kurz erklären.

A.2.1 Allgemeines

Wichtige Begriffe sind im Text *kursiv* hervorgehoben. Als Unterstützung für die Suche im Text tauchen sie zudem als Randnote am Anfang eines Absatzes auf (so wie das Wort „Randnote“ neben diesem Absatz).

Randnote

Datei- und Befehlsnamen sind in nicht-proportionaler Schrift (Code-Schrift) gedruckt, z. B. ping. Wird ein Dialog in der Shell (Eingabeaufforderung) gezeigt, sind zur besseren Unterscheidung von Ein- und Ausgabe die eingegebenen Kommandos blau und gefettet, wie im folgenden Beispiel:

```
[studi@mbp2:~]$ ping -c2 www.fh-swf.de
PING nessi.fh-swf.de (193.174.68.9): 56 data bytes
64 bytes from 193.174.68.9: icmp_seq=0 ttl=247 time=19.932 ms
64 bytes from 193.174.68.9: icmp_seq=1 ttl=247 time=19.073 ms

--- nessi.fh-swf.de ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 19.073/19.502/19.932/0.430 ms
```

Fette Schrift wird im Fließtext nur sparsam verwendet, z. B. zur Auflösung von Abkürzungen wie etwa „Prolog“ (**P**rogrammation en **L**ogique).

A.3 Lernkontrollfragen, Kurswebseite

Am Ende jedes Kapitels finden Sie einige Lernkontrollfragen (mit Antworten oder Lösungshinweisen auf der Folgeseite), mit denen Sie überprüfen können, ob Sie die Inhalte des Kapitels gut verstanden haben. Es ist empfehlenswert, diese Fragen zunächst ohne einen Blick in die Antworten eigenständig zu bearbeiten.

Zu jedem laufenden Modul finden Sie im zugehörigen Moodle-Kurs aktuelle Informationen. Zusätzlich biete ich unter <http://swf.hgesser.de/> eine Kursseite mit Videoaufzeichnungen der Präsenztermine (bzw. Onlinetermine) an, im Wintersemester 2024/25 unter <http://swf.hgesser.de/va-sy/ws2024/>.

A.4 Über den Autor



Ich bin Professor für Betriebssysteme an der FH Südwestfalen, habe an der RWTH Aachen Informatik und Mathematik studiert (→ Dipl.-Inform., Dipl.-Math.) und wurde an der FAU Erlangen-Nürnberg im Fach Informatik promoviert (→ Dr.-Ing.). Für meine Dissertation [Eße15] habe ich das Betriebssystem ULIX¹ entwickelt, das für Lehrzwecke (an Hochschulen) gedacht ist und dessen vollständiger Quellcode in einem Lehrbuch dokumentiert und erklärt ist.

Vor meiner Hochschul-Laufbahn war ich über 20 Jahre lang freier Autor zu Linux-Themen (ab 1997) und Chefredakteur für zwei Linux-Zeitschriften (2000–2004: LinuxUser; 2003–2018: EasyLinux²).

Außer im Verbund-Master *Angewandte Künstliche Intelligenz* bin ich auch in den Verbund-Bachelor- und Verbund-Master-Studiengängen *Angewandte Informatik* sowie im Präsenz-Bachelor-Studiengang *Informatik* aktiv. Ich bin gewähltes Mitglied im Fachbereichsrat Informatik und Naturwissenschaften der FH Südwestfalen und Mitglied mehrerer Fach- und Prüfungsausschüsse.

¹ ULIX: <http://www.ulixos.org/>

² <https://de.wikipedia.org/wiki/EasyLinux>