



Jens MANIA

BSD-Praxis kompakt

FreeBSD, NetBSD & OpenBSD

HANSER

Mania
**BSD-Praxis kompakt –
FreeBSD, NetBSD & OpenBSD**



Blieben Sie auf dem Laufenden!

Der Hanser Computerbuch-Newsletter informiert Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der IT. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Jens Mania

**BSD-Praxis kompakt –
FreeBSD, NetBSD & OpenBSD**

HANSER

Der Autor:
Jens Mania, Bad Dürkheim

Print-ISBN: 978-3-446-48783-3
E-Book-ISBN: 978-3-446-48784-0
E-Pub-ISBN: 978-3-446-48807-6

Die allgemein verwendeten Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen für Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benützt werden dürften.

Die endgültige Entscheidung über die Eignung der Informationen für die vorgesehene Verwendung in einer bestimmten Anwendung liegt in der alleinigen Verantwortung des Nutzers.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Werkes, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Wir behalten uns auch eine Nutzung des Werks für Zwecke des Text und Data Mining nach § 44b UrhG ausdrücklich vor.

© 2026 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München
Vilshofener Straße 10 | 81679 München | info@hanser.de
www.hanser-fachbuch.de
Lektorat: Brigitte Bauer-Schiewek, Kristin Rothe
Herstellung: Grazyna Lada
Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München
Covergestaltung: Thomas West
Titelmotiv: © Thomas West - genAI
Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten
Druck: Elanders Waiblingen GmbH, Waiblingen
Printed in Germany

Inhalt

Über das Buch	XXVII
1 Einführung	1
1.1 Die Geschichte von BSD – von Unix zur BSD-Familie	1
1.1.1 Ursprung und frühe Entwicklung	1
1.1.2 Wichtige technische Beiträge	1
1.1.3 Lizenzkonflikte und Code-Bereinigung	2
1.2 Die BSD-Nachfolger: Projekte im Überblick	2
1.2.1 386BSD (1992–1995)	2
1.2.2 FreeBSD	2
1.2.3 NetBSD	2
1.2.4 OpenBSD	3
1.2.5 Logos & Maskottchen	3
1.2.6 Fazit	3
1.3 Die BSD-Lizenz – Freiheit für Entwickler und Unternehmen	3
1.3.1 Grundprinzipien der BSD-Lizenz	4
1.3.2 Vorteile der BSD-Lizenz	4
1.3.3 Varianten der BSD-Lizenz	4
1.3.4 Vergleich mit anderen Open-Source-Lizenzen	5
1.3.5 BSD-Lizenz und proprietäre Software	6
1.3.6 Fazit	6

2	Installation FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	9
2.1	BIOS und UEFI	9
2.1.1	BIOS	9
2.1.2	UEFI	10
2.2	Installation von FreeBSD	10
2.2.1	Überblick über die Installationsvarianten	10
2.2.2	Hardware- und Systemvoraussetzungen	11
2.2.3	Unterstützte Architekturen (Auswahl)	12
2.2.4	Vorbereitung der Installation	13
2.2.5	Integritätsprüfung der Installationsdateien	15
2.3	Prüfsumme unter FreeBSD oder Linux ermitteln	15
2.3.1	Schreiben des Installationsmediums auf USB-Stick	15
2.3.2	Schreiben unter FreeBSD, Linux oder macOS	16
2.3.3	Schreiben unter Windows	16
2.4	Start der Installation	17
2.4.1	Systemstart (Boot-Vorgang) (Einleitung und Abbildungsverweis)	17
2.5	FreeBSD-Installer	19
2.6	Installationsvorgang	19
2.7	Abschluss der Installation und erster Neustart	20
2.8	Fehlerbehebung bei der Installation	21
2.9	Verwendung einer Live-CD	22
3	Installation von NetBSD – Portabilität und Plattformvielfalt	25
3.1	Start der Installation	25
3.1.1	Sprache und Tastaturbelegung	26
3.1.2	Hauptmenü des Installationsprogramms	26
3.1.3	Auswahl des Ziel-Datenträgers	27
3.1.4	Überprüfung der Festplattengeometrie	27
3.1.5	MBR-Partitionierung	27
3.1.6	Anlegen einer neuen NetBSD-Partition	28
3.1.7	BSD-Disklabel	28
3.1.8	Dateisysteme und Mountpunkte	29
3.1.9	Schreiben der Partitionstabelle	29
3.1.10	Auswahl der Installationssets	30

3.1.11	Grundkonfiguration des Systems	31
3.1.12	Benutzerkonten	31
3.1.13	Abschluss der Installation	32
3.2	Installation von OpenBSD – sicherheitsorientierter Systementwurf	33
3.2.1	Installationsvorbereitung	33
3.2.2	Start der Installation	34
3.2.3	Sprache, Tastatur und Konsoleneinstellungen	35
3.2.4	Partitionierung	36
3.2.5	Auswahl der Systemsets	37
3.2.6	Netzwerkconfiguration und Hostname	38
3.2.7	Benutzer- und Root-Konfiguration	39
3.2.8	Zeitzone und grundlegende Systemkonfiguration	39
3.2.9	Abschluss der Installation und erster Neustart	40
3.3	Benutzerverwaltung	41
3.4	Benutzerkonten und Kontotypen	42
3.4.1	Systemkonten	42
3.4.2	Benutzerkonto	43
3.4.3	Superuser-Konto (root)	45
3.4.4	Konten verwalten	46
3.5	Benutzerkonto hinzufügen	47
3.5.1	adduser unter FreeBSD und OpenBSD	47
3.5.2	useradd unter NetBSD und OpenBSD	49
3.5.3	Fazit	50
3.5.4	Systembenutzer anlegen mit pw unter FreeBSD	51
3.6	Benutzerkontodetails ändern (FreeBSD, NetBSD, OpenBSD)	52
3.7	Benutzerkontoinformationen anzeigen	55
3.8	Gruppenverwaltung	56
3.9	Gruppenverwaltung unter NetBSD und OpenBSD	58
3.10	Benutzerkonten sperren und reaktivieren	60
3.10.1	Benutzerkonto sperren/aktivieren (NetBSD und OpenBSD)	60
3.10.2	Benutzerkonto sperren/aktivieren (FreeBSD)	60
3.11	Benutzerkonten entfernen (FreeBSD, NetBSD, OpenBSD)	61

4	Zugriffsrechte unter FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	63
4.1	Die Berechtigungen setuid, setgid und Sticky Bit	63
4.1.1	Dateirechte verändern mit chmod	64
4.1.2	Zugriffsrechte über Gruppen steuern	65
4.2	Besitzer- und Gruppenzugehörigkeit ändern mit chown	65
4.2.1	Optionen des chown-Befehls	66
4.2.2	Anwendungsbeispiele	67
4.3	ACL (Access Control Lists) FreeBSD & NetBSD	67
4.3.1	ACLs unter FreeBSD	67
4.3.2	ACLs unter NetBSD	69
4.3.3	Wichtige ACL-Befehle	69
4.3.4	Fazit	70
4.4	Dateisysteme und Dateien FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	70
4.4.1	Dateisysteme in den BSD-Derivaten	70
4.5	UFS2-Dateisystem	73
4.5.1	Aufbau und Organisation	73
4.5.2	UFS2 – die Weiterentwicklung	74
4.5.3	Vorteile von UFS2	75
4.5.4	Verwaltung und Werkzeuge	75
4.6	Journaling und Wiederherstellung	76
4.7	ZFS (Z File System)	76
4.8	Die BSD-Verzeichnishierarchie	79
4.9	Festplattenpartitiondefinition	81
4.9.1	Festplatten, Slices und Partitionen	81
4.9.2	Verzeichnis- und Dateisysteme	82
4.9.3	Dateisystemtypen	82
4.9.4	Mounten und Unmounten FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	82
4.9.5	Automatisches Mounten /etc/fstab	83
4.9.6	Beispiele für /etc/fstab	83
4.10	Das Kommando mount	85
4.10.1	Beispiele für mount(8)	85
4.10.2	Automatisches Mounten /etc/fstab	87
4.10.3	Beispiele für /etc/fstab	88
4.11	Das Kommando mount	89

4.11.1	Beispiele für mount(8)	89
4.11.2	Das Kommando umount	91
4.11.3	Typische Anwendungsbeispiele umount	91
4.11.4	Ressourcen (Ergänzung)	92
5	Dateien und Verzeichnisse unter BSD/Unix	93
5.1	Allgemeines	93
5.2	Wichtige Dateioperationen im Überblick	94
5.2.1	pwd(1) – aktuelles Verzeichnis anzeigen	94
5.2.2	ls(1) – Dateien und Verzeichnisse auflisten	95
5.2.3	mv(1) – Dateien verschieben oder umbenennen	96
5.2.4	cp(1) – Dateien kopieren	96
5.2.5	rm(1) – Dateien und Verzeichnisse löschen	98
5.2.6	ln(1) – Links erstellen	99
5.2.7	cat(1) – Dateien anzeigen	100
5.2.8	Dateien seitenweise anzeigen – more und less	100
5.2.9	Weitere Dateibearbeitungen	101
5.2.10	diff(1) – Dateien vergleichen	101
5.2.11	grep(1) – Textsuche in Dateien	102
5.3	Reguläre Ausdrücke	102
5.3.1	Listen – Bracket Expressions	103
5.3.2	Syntax von grep	103
5.4	Auffinden von Dateien und Verzeichnissen	104
5.4.1	find(1) – Dateien und Verzeichnisse suchen	104
5.4.2	locate(1) – schnelle Dateisuche über Index	105
5.4.3	Benutzung von locate	106
5.4.4	whereis(1) – Programme, Quelltexte und Manpages finden ...	106
5.4.5	which(1) – Pfad zur ausführbaren Datei anzeigen	107
5.4.6	Kommando: type	108
5.5	Dateimanager unter FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	108
5.5.1	Dateimanager allgemein	108
5.5.2	Konsolenbasierte Dateimanager (ohne GUI)	112
5.6	BSD/Unix Shell	119
5.6.1	Grundlagen der Shell	119
5.6.2	Geschichte der Unix-Shell	120

5.6.3	Standard-Shells unter BSD	120
5.6.4	Verfügbare Shells	120
5.6.5	Unterschiede zwischen verschiedenen Shells	121
5.7	Arbeiten in der Shell	122
5.7.1	Variablen	122
5.7.2	Pfadvariablen (\$PATH)	123
5.7.3	Aliase	123
5.7.4	Befehlshistory	124
5.7.5	Funktionen in der Shell	124
5.8	Hintergrundprozesse (&)	124
5.9	Ein- und Ausgabelogik	125
5.9.1	Umleitungen	125
5.9.2	Pipes ()	127
5.9.3	Kontrollstrukturen (if, for, while)	127
5.9.4	case-Anweisung	128
5.9.5	Testen von Bedingungen (test, [], [[]])	128
5.9.6	Rechenoperationen	129
5.10	Nützliche Ressourcen	129
5.11	BSD/Unix-Editoren	130
5.11.1	Gedit (GNOME)	130
5.11.2	Kate (KDE)	130
5.11.3	Pluma (MATE)	131
5.11.4	Vi/Vim	131
5.11.5	Emacs	132
5.11.6	ee (Easy Editor)	132
5.12	Textbearbeitung unter BSD-Systemen	133
5.12.1	Verfügbare Editoren in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	133
5.12.2	Der Editor vi – Grundlagen und wichtige Befehle	133
5.12.3	Einfügen von Text	133
5.12.4	Löschen von Text	134
5.12.5	Navigation im Text	134
5.12.6	Beenden & speichern	134
5.13	Der Editor ed – zeilenorientierter Texteditor	135
5.13.1	Grundlagen	135

5.13.2	Eingaben	135
5.13.3	Nützliche Ressourcen	135
6	BSD-Manpages (Hilfeseiten)	137
6.1	Einleitung	137
6.1.1	Manpages durchsuchen	138
6.1.2	Abschnitte (Sections)	139
6.1.3	Mark-up-Formate	139
6.1.4	Struktur einer Manpage	140
6.2	Zusätzliche Ressourcen	140
6.3	Prozessverwaltung in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	141
6.4	Laufende Prozesse anzeigen mit ps (process status)	142
6.4.1	Prozesse in Echtzeit überwachen mit top	143
6.4.2	Prozessprioritäten verwalten mit nice und renice	144
6.4.3	Prozesse steuern mit kill	144
6.4.4	Prozesse beenden mit pkill und killall	145
6.5	Das rc.d-System	146
6.5.1	Starten und Stoppen von Diensten mit rc-Skripten	147
6.5.2	Grundlagen des Startsystems	147
6.5.3	Dienststeuerung mit service FreeBSD und NetBSD	149
6.5.4	Weitere Ressourcen	150
6.6	Installation von vorkompilierten Binärpaketen	151
6.7	Pakete allgemein	151
6.7.1	Anwendungssuche unter FreeBSD	151
6.7.2	FreeBSD: Paketverwaltung mit pkg	152
6.7.3	Paketpflege mit pkg (FreeBSD)	153
6.7.4	Quarterly vs. Latest Branch (FreeBSD)	153
6.8	NetBSD: Verwaltung mit pkgin	154
6.8.1	Einführung in pkgin	154
6.8.2	Wichtige pkgin-Befehle (NetBSD)	154
6.9	Verwaltung von Binärpaketen mit dem Paketmanager (OpenBSD)	156
6.9.1	Einführung	156
6.10	FreeBSD Ports – Verwaltung und Anwendung	159
6.10.1	Einführung in die Ports-Sammlung	159
6.10.2	Aufbau der Ports-Sammlung	160

6.10.3	Installation der Ports-Sammlung	160
6.10.4	Anwendungen mit Ports installieren	161
6.10.5	Installation anpassen	161
6.10.6	Installierte Ports anzeigen	162
6.10.7	Ports aktualisieren	162
6.11	Aktualisierung mit Portmaster	162
6.11.1	Aktualisierung mit Portupgrade	163
6.11.2	Speicherplatzverwaltung bei Ports	163
6.12	Installation von Anwendungen unter NetBSD und OpenBSD mit pkgsrc ..	164
6.12.1	Einführung	164
6.12.2	Vorteile von pkgsrc	164
6.12.3	Wichtige Begriffe	165
6.12.4	Installation von pkgsrc	165
6.12.5	Pakete aus dem Quellcode erstellen	166
6.12.6	Distfiles abrufen (Quellcodes)	166
6.12.7	pkgsrc konfigurieren	166
6.12.8	Verwendung unter OpenBSD	167
6.12.9	Aktualisierung von pkgsrc	168
7	Audio und Multimedia unter FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	169
7.1	Konfiguration von Audiogeräten in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	169
7.1.1	FreeBSD	170
7.1.2	Testen der Tonausgabe	170
7.1.3	Mixer	171
7.1.4	Audio über Grafikkarten	171
7.1.5	Automatisches Umschalten auf Kopfhörer	171
7.1.6	Fehlerbehebung bei Audiowiedergabe	172
7.2	Audio unter NetBSD	172
7.2.1	Konfigurieren des Standard-Audiogeräts	172
7.2.2	Mixer und Lautstärke konfigurieren	173
7.2.3	Standard-Mixereinstellungen beim Booten	173
7.2.4	Audioaufnahme und -wiedergabe	173
7.2.5	audioctl(1)	173
7.2.6	MIDI-Unterstützung	174
7.2.7	Intel HD-Audio	174

7.2.8	Audio unter OpenBSD	174
7.2.9	mixerctl(1)	174
7.2.10	Audioaufnahme aktivieren	175
7.2.11	Wichtige Mixer-Einstellungen	175
7.2.12	Audiopegel anpassen mit sndioctl(1)	175
7.2.13	USB-Audio-Interface	175
7.2.14	Audio abspielen und aufnehmen	176
7.2.15	Monitormix aufnehmen	176
7.2.16	Reduzierung der Audiolatenz	176
7.2.17	Fehlerbehebung	176
7.3	Audioplayer	177
7.4	Elisa	177
7.4.1	GNOME Music	177
7.5	Videoplayer	178
7.5.1	Kodi (XBMC)	178
7.5.2	MPlayer	178
7.5.3	SMPlayer	179
7.5.4	VLC Media Player	179
7.6	Konferenzen und Meetings (FreeBSD, NetBSD, OpenBSD)	179
7.7	Webcam unter NetBSD	180
7.7.1	Erkennung	180
7.8	Webcam unter OpenBSD	180
7.9	Unterstützte Hardware	181
7.9.1	Aufnahme mit ffmpeg	181
7.9.2	Webcam-Einstellungen anpassen	181
7.9.3	Webcam-Zugriff im Browser	182
7.10	Scanner	182
7.10.1	SANE	182
7.10.2	Bildscanner unter FreeBSD	182
7.10.3	Überprüfung des Scanners	182
7.11	SANE-Konfiguration unter FreeBSD	183
7.12	Scanner unter NetBSD	183
7.12.1	Einrichtung	183
7.12.2	Benutzerzugriff	184

7.13	Scanner unter OpenBSD	184
7.13.1	Pakete installieren	184
7.13.2	USB-Gerät erkennen	185
7.13.3	SANE konfigurieren	185
7.13.4	Scanner testen	185
7.13.5	Rechte prüfen	185
7.13.6	Benutzerzugriff	185
7.14	Nützliche Ressourcen	186
8	Kernelkonfiguration FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	187
8.1	Gründe für einen benutzerdefinierten Kernel	187
8.2	Kernelkonfiguration in FreeBSD	188
8.2.1	Anzeigen von System- und Hardwareinformationen	188
8.2.2	Die Kernel-Konfigurationsdatei	191
8.3	FreeBSD-Quellbaum erstellen	191
8.3.1	Erstellen und Installieren eines benutzerdefinierten Kernels ...	192
8.3.2	Der Kernel bootet nicht – Gründe und Ursachen	192
8.4	Kompilieren des NetBSD-Kernels	193
8.4.1	Voraussetzungen und Vorgehensweise	193
8.4.2	Konfigurationsverzeichnis vorbereiten	193
8.4.3	NetBSD-Quellen herunterladen (Tarballs)	194
8.4.4	Manuelle Konfiguration des Kernels	194
8.4.5	Abhängigkeiten generieren und Kernel bauen	195
8.4.6	Kernel bauen mit build.sh (empfohlen)	195
8.4.7	Fehlerbehandlung: Wenn der Kernel nicht bootet	196
8.4.8	Patches und Erstellen eines Kernels unter OpenBSD	196
8.5	OpenBSD-Patches anwenden	197
8.5.1	Kernelkonfiguration und Kompilierung	197
8.5.2	Eigene Kernelkonfiguration	197
8.5.3	Installation des neuen Kernels	198
8.5.4	Rückkehr zum alten Kernel bei Problemen	198
8.5.5	Hinweise zur Stabilität und Sicherheit	198
8.5.6	Nützliche Ressourcen	199

9	Drucken – Grundlagen	201
9.1	Schnellstart FreeBSD	201
9.1.1	Druckergeräte und Schnittstellen	202
9.1.2	Treiber und Filter	202
9.1.3	Testausdruck direkt über die Konsole	203
9.1.4	Einrichtung über lpd	203
9.1.5	Druckaufträge verwalten und Fehler beheben	203
9.2	Häufig verwendete Seitenbeschreibungssprachen	204
9.2.1	Konvertieren von PostScript® in andere PDLs	205
9.2.2	Zusammenfassung	205
9.2.3	Direktdruck	206
9.3	Filter	207
9.3.1	Verhindern von „Treppenstufen“ bei Nur-Text-Druckern	208
9.3.2	Klartext auf PostScript®-Druckern mit print oder encrypt	209
9.3.3	PostScript® auf PCL-Druckern mit Ghostscript	209
9.3.4	Mehrere Warteschlangen für denselben Drucker	210
9.4	Überwachen und Steuerung des Drucks	211
9.4.1	pq(1) – Warteschlange anzeigen	211
9.4.2	lprm(1) – Druckaufträge entfernen	211
9.4.3	lpc(8) – Druckdienst steuern	212
9.4.4	Gemeinsame Nutzung von Druckern	213
9.4.5	Kopfseiten (Bannerseiten)	213
9.5	CUPS – das Common UNIX Printing System	214
9.6	Installation und Konfiguration unter FreeBSD	215
9.6.1	Aktivierung und Start von CUPS	215
9.6.2	Einrichtung des CUPS-Druckerservers unter FreeBSD	215
9.6.3	MIME-Typen anpassen für Windows-Kompatibilität	216
9.7	NetBSD	216
9.7.1	Ändern der rc.conf	216
9.7.2	PPD-Sammlung	217
9.7.3	Installation der Foomatic-PPD-Sammlung	217
9.7.4	CUPS einrichten in NetBSD	217
9.8	Drucken unter OpenBSD	218
9.9	Druckerverbindungen in OpenBSD	218

9.10	Konfiguration des Druckertreibers	219
9.10.1	Konfiguration der Drucker- und Netzwerkoptionen	219
9.10.2	Testdruck und Fehlerbehebung	219
9.10.3	Parallel (IEEE-1284)	219
9.10.4	Einrichtung eines IEEE-1284-Parallelanschlusses unter OpenBSD	220
9.10.5	Troubleshooting-Hinweise	220
9.10.6	Gängige Druckertreiber für BSD-Systeme	221
9.10.7	Nützliche Ressourcen	222
10	Linux-Binärkompatibilität BSD/Unix-Systeme	223
10.1	Einführung	223
10.1.1	Linux-Emulation	223
10.1.2	Konfigurieren der Linux-Binärkompatibilität unter FreeBSD ...	224
10.1.3	Linux-Userlands	225
10.1.4	Debian/Ubuntu-Basissystem mit Debootstrap	225
10.2	Linux-Emulation unter NetBSD	226
10.2.1	Kernel-Voraussetzungen	226
10.2.2	Installation der Linux-Bibliotheken	226
10.2.3	Verzeichnisstruktur	227
10.2.4	Installation und Ausführung von Linux-Programmen	227
10.2.5	Linux-Browser-Plug-ins unter NetBSD	227
10.3	Linux-Emulation unter OpenBSD	228
10.4	Weiterführende Ressourcen	230
11	Performance Tuning (Leistungsoptimierung)	231
11.1	Konfiguration und Tuning von FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	231
11.1.1	Kernel- und Sysctl-Parameter in FreeBSD	231
11.1.2	Verwendung von Sysctl	232
11.1.3	Prozesslimits	233
11.1.4	Virtueller Speicher	233
11.1.5	Netzwerk-Stack	234
11.1.6	Adaptive Replacement Cache (ARC) für ZFS	235
11.1.7	Seiten- und Puffercache	236
11.1.8	Speicher- und Dateisystemoptimierung	236
11.1.9	Festplattenmanagement und E/A-Warteschlangen	237

11.1.10	ZFS-spezifisches Tuning	238
11.1.11	UFS/FFS-Tuning	239
11.2	Weiterführende Ressourcen	241
11.3	Systemeinstellungen in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	242
11.4	Visuelle Überwachungstools	242
11.4.1	Der Top-Prozessmonitor	242
11.4.2	Prozesstabelle	243
11.4.3	Tabelle Prozesse top	244
11.4.4	Das Dienstprogramm systat	245
11.4.5	Kommandozeilenbasierte Tools	245
11.4.6	fstat – Offen-Datei-Analyse	246
11.4.7	iostat – Geräte-I/O analysieren	246
11.4.8	Netzwerk-Tools	247
11.4.9	ping – Erreichbarkeit & Latenz testen	247
11.4.10	traceroute – Verbindungsweg analysieren	248
11.5	Start von Diensten	248
11.5.1	Cronjob	249
11.5.2	Zweck von Cronjobs	249
11.5.3	Funktionsweise	249
11.5.4	Crontab-Syntax	250
11.5.5	Cron-Berechtigungen	251
11.5.6	Ausführen von Cronjobs	251
11.5.7	Crontab-Datei erstellen	252
11.5.8	Anzeige bestehender Jobs	252
11.5.9	Cronjobs mit Root-Rechten	252
11.5.10	Löschen von Cronjobs	252
11.6	Einmalige Aufgaben mit at planen	253
11.7	Wiederaufnahme von Aufgaben mit anacron	254
11.8	Zusätzliche Ressourcen	256
12	Netzwerk und Remote-Zugriff unter BSD	257
12.1	Einführung in Netzwerke unter BSD	257
12.1.1	Grundlagen der Netzwerkkonfiguration	258
12.1.2	Netzwerkschnittstellen	258
12.1.3	IP-Adressierung	258

12.1.4	Routing und Standard-Gateway	259
12.1.5	Namensauflösung	259
12.1.6	Netzwerkdienste und Abhängigkeiten	259
12.1.7	Grundlegende Sicherheitsaspekte	260
12.2	Netzwerkkonfiguration unter FreeBSD	260
12.2.1	Netzwerkschnittstellen identifizieren	260
12.3	Statische IP-Konfiguration	261
12.3.1	Dynamische Konfiguration mit DHCP	261
12.3.2	IPv6-Unterstützung	261
12.3.3	Namensauflösung konfigurieren	262
12.4	Netzwerkstatus prüfen und testen	262
12.5	Netzwerkkonfiguration unter NetBSD	262
12.6	Netzwerkkonfiguration unter OpenBSD	263
12.6.1	Vergleich der Netzwerkkonfigurationen: FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	265
12.7	FreeBSD – zentrale Steuerung über rc.conf	265
12.7.1	NetBSD – portabel und flexibel	266
12.7.2	OpenBSD – minimale Konfiguration mit maximaler Sicherheit	266
12.7.3	Gemeinsame Grundlagen	266
12.8	Netzwerkkonfiguration – Quickstart (Praxisüberblick)	267
12.8.1	FreeBSD – Quickstart Netzwerkkonfiguration	267
12.8.2	NetBSD – Quickstart Netzwerkkonfiguration	267
12.8.3	OpenBSD – Quickstart Netzwerkkonfiguration	268
12.9	Secure Shell (SSH) – Einrichtung und Absicherung unter BSD	269
12.9.1	Funktionsweise von SSH	269
12.9.2	SSH aktivieren und verwalten	270
12.10	Zentrale Konfigurationsdatei	271
12.11	Absicherung des SSH-Dienstes (Best Practices)	271
12.11.1	Root-Login deaktivieren	271
12.11.2	Passwortauthentifizierung einschränken oder deaktivieren ...	271
12.11.3	Zugriff auf bestimmte Benutzer beschränken	272
12.11.4	Protokollversion erzwingen	272
12.11.5	Port ändern (optional)	272
12.12	Authentifizierung mit SSH-Schlüsseln	272

12.12.1	Schlüsselpaar erzeugen (Client)	272
12.12.2	Schlüssel auf den Server übertragen	272
12.13	SSH-Zugriff testen	273
12.14	SFTP – sichere Datenübertragung und -verwaltung unter FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	273
12.14.1	Übertragung von Dateien mit SFTP	274
12.14.2	Datenübertragung mit SCP	275
12.15	NFS – Network File System	276
12.15.1	NFS-Server unter FreeBSD einrichten	277
12.15.2	Automatisches Einbinden von NFS-Freigaben	277
12.15.3	NTP – Network Time Protocol	277
12.15.4	NTP-Synchronisierung unter FreeBSD	278
12.15.5	NTP-Konfiguration unter NetBSD und OpenBSD	278
12.15.6	Weiterführende Ressourcen zu SFTP, SCP und NTP unter BSD/Unix	279
13	Firewall FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	281
13.1	Grundlagen von Firewalls	281
13.1.1	PF-Firewall unter FreeBSD	282
13.1.2	PF-Firewall unter NetBSD	282
13.1.3	PF-Firewall unter OpenBSD	282
13.1.4	PF-Konfiguration (plattformübergreifend)	283
13.2	Weiterführende Ressourcen	287
13.3	Systemprotokollierung und das Systemlogbuch unter BSD/Unix	287
13.3.1	Die Datei /etc/syslog.conf	288
13.3.2	Konfiguration der Systemprotokollierung	289
13.3.3	Management und Rotation von Logdateien	289
13.3.4	Ergänzende praxisnahe Beispiele	290
13.4	Weiterführende Ressourcen	291
14	Best Practices für die Sicherheit von FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	293
14.1	Sicherheitsgrundlagen und Maßnahmen BSD/Unix	294
14.1.1	Definition: Systemsicherheit	295
14.1.2	Ursachen für Sicherheitsprobleme	295
14.1.3	Verhindern der Benutzeranmeldung	296

14.1.4	Passwort-Hashes	297
14.1.5	Durchsetzung von Kennwortrichtlinien (FreeBSD und NetBSD)	298
14.2	Rootkits erkennen	299
14.3	Binärdateien und Systemintegrität überwachen	301
14.3.1	Systemoptimierung für mehr Sicherheit	302
14.3.2	TCP Wrapper: Zugriffskontrolle auf Netzwerkdienste	303
14.3.3	TCP Wrapper konfigurieren	304
14.4	Sicherheitshinweise für FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	306
14.4.1	FreeBSD-Sicherheit	306
14.4.2	NetBSD-Sicherheit	307
14.4.3	OpenBSD-Sicherheit	308
14.5	doas als Ersatz für sudo	309
14.5.1	Installation von doas	309
14.5.2	Konfiguration von doas	310
15	Der Bootvorgang FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	311
15.1	Einführung	311
15.1.1	Bootvorgang in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD verwalten	311
15.1.2	Einzelbenutzermodus (Single-User Mode)	311
15.1.3	Shutdown	312
15.1.4	Der Begrüßungsbildschirm	313
15.1.5	Funktionsweise des Begrüßungsbildschirms	314
15.1.6	Splash-Screen-Funktion aktivieren	314
15.1.7	Startphase und Betriebssysteminitialisierung	315
15.1.8	Systemstart: BIOS, Bootloader und Kernel	315
15.2	Partitionstabellen und Boot-Standards	316
15.2.1	Der FreeBSD-Bootmanager (boot0)	316
15.2.2	Die ersten beiden Phasen des Bootvorgangs	317
15.2.3	Die dritte Phase – der Loader	318
15.2.4	Letzte Phase des Bootvorgangs	319
15.3	Bootvorgang NetBSD	319
15.3.1	Bootvorgang im Überblick	319
15.3.2	Details zur Disklabel-Struktur	320
15.3.3	Aufbau des MBR	320
15.3.4	NetBSD-Bootprozess im Detail	321

15.3.5	Einführung – Bootloader allgemein	321
15.3.6	Ablauf des Bootvorgangs unter NetBSD	321
15.3.7	Long Mode	322
15.4	Bootvorgang von OpenBSD	322
15.4.1	Fehlerdiagnose und Debugging	324
16	Grafische Benutzeroberfläche in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	327
16.1	X Window System in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	328
16.1.1	X-Server	328
16.1.2	X-Server	329
16.1.3	X-Client	329
16.1.4	Window-Manager	329
16.1.5	Desktop-Manager	330
16.2	Installation des X Window Systems	330
16.2.1	Konfiguration von Xorg	330
16.2.2	Kernel Mode Setting (KMS)	331
16.2.3	Manuelle Konfiguration von Xorg	331
16.2.4	Schriftarten unter Xorg	332
16.2.5	Fernzugriff (X11 Forwarding)	333
16.3	Wayland unter BSD	333
16.4	Installation und Konfiguration von Xfce mit LightDM	335
16.5	Installation und Konfiguration von Mate	336
16.6	Installation und Konfiguration von KDE-Plasma FreeBSD	337
16.7	Installation und Konfiguration von GNOME	339
16.8	Installation und Konfiguration von Desktop-Umgebungen unter NetBSD	340
16.9	XFCE unter NetBSD	340
16.10	MATE unter NetBSD	341
16.11	KDE-Plasma unter NetBSD	341
16.12	Installation und Konfiguration von Desktop-Umgebungen unter OpenBSD	342
16.12.1	XFCE unter OpenBSD	343
16.12.2	MATE unter OpenBSD	343
16.13	KDE-Plasma unter OpenBSD	343
16.13.1	GNOME unter OpenBSD	344
16.13.2	Weiterführende Dokumentationen und Links	345

17	Virtualisierung unter FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	347
17.1	Hauptarten von Hypervisoren	347
17.1.1	Virtualisierungssoftware unter BSD	348
17.2	FreeBSD als Host-Betriebssystem	349
17.3	Konfiguration und Nutzung	349
17.4	Jails und chroot-Umgebungen	350
17.4.1	FreeBSD-Jails	350
17.4.2	Jail-Typen in FreeBSD	350
17.4.3	Einrichtung mit iocage	351
17.4.4	Konfiguration innerhalb der Jail	351
17.4.5	Thick (Classic) Jails	352
17.4.6	Fazit	353
17.4.7	chroot-Umgebungen	353
17.4.8	Weiterführende Ressourcen zur Virtualisierung unter BSD	354
17.5	Umgang mit Festplatten und Speichermedien unter BSD-Systemen	354
17.5.1	Grundlagen: Begriffe und Technologien im Überblick	354
17.5.2	Werkzeuge: zentrale Programme zur Speicherverwaltung in FreeBSD	355
17.5.3	Durchgehendes Beispiel: ZFS-Dateisystem unter FreeBSD einrichten	356
17.5.4	FreeBSD – Speicherverwaltung und Medienzugriff	357
17.5.5	Hinzufügen von Festplatten	358
17.5.6	Partitionierung	358
17.5.7	USB-Speichergeräte	358
17.5.8	CDs und DVDs	359
17.5.9	Backup-Lösungen	359
17.5.10	Festplattenverschlüsselung	359
17.5.11	Hochverfügbares Speichernetzwerk	361
17.6	NetBSD – Speicherverwaltung und Datenträgerintegration	361
17.6.1	Erkennen von Festplatten	361
17.6.2	Partitionierung mit fdisk und disklabel	362
17.6.3	Dateisystem erstellen und mounten	362
17.6.4	USB-Sticks und Wechseldatenträger	363
17.6.5	CD/DVD einbinden	363
17.6.6	Snapshots und Backups	363

17.6.7	OpenBSD – Speicherverwaltung mit Sicherheitsfokus	364
17.6.8	Erkennen von Festplatten	364
17.6.9	Partitionierung mit fdisk und disklabel	365
17.6.10	Dateisysteme und Mountpunkte	365
17.6.11	USB-Sticks und optische Datenträger	365
17.6.12	Backup und Wiederherstellung	366
17.6.13	Festplattenverschlüsselung mit softraid	366
17.6.14	Netzwerkbasierte Speicherlösungen	368
17.7	Einbindung von USB-Sticks unter FreeBSD	369
17.7.1	Manuelles Mounten eines USB-Sticks	369
17.7.2	Ordnungsgemäßes Aushängen (Umounten)	369
17.7.3	Automatisches Mounten mit autofs	370
17.7.4	Neustart der relevanten Dienste	370
17.7.5	Aktivierung beim Systemstart	370
17.7.6	Verhalten und Verwaltung	371
17.7.7	Anwendungsbereich	371
17.7.8	Erstellen und Verwenden von CD-Medien unter FreeBSD	371
17.7.9	Unterstützte Geräte	371
17.7.10	Gerät erkennen	372
17.7.11	Brennen einer ISO-Datei	372
17.7.12	Erstellung einer ISO-Datei mit mkisofs	373
17.7.13	Bootfähige CD mit mkisofs erstellen	373
17.7.14	ISO-Image mounten (ohne Brennen)	373
17.7.15	Erstellen eines ISO-Image von einer CD	374
17.7.16	Grafische CD-Brennprogramme	374
17.8	CD- und DVD-Medien unter FreeBSD	374
17.8.1	Mounten von Daten-CDs	374
17.8.2	Fehlerbehandlung beim Mounten	375
17.8.3	Rippen und Duplizieren von Audio-CDs	375
17.9	Arbeiten mit DVD-Medien	376
17.9.1	DVD-Formate im Überblick	376
17.9.2	DVD-Brennen mit growisofs	376
17.9.3	Brennen von DVD-Video	377
17.9.4	Verwendung von DVD+RW/DVD-RW	377

17.9.5	Multisession-DVDs	378
17.9.6	Medieninformationen abrufen	378
17.10	Erstellen und Verwenden von Disketten	378
17.10.1	Disketten unter NetBSD	379
17.10.2	ZIP-Disketten unter NetBS	379
17.11	Wechselmedien unter NetBSD:	380
17.11.1	USB-Sticks	380
17.11.2	Lesen von Daten-CDs	381
17.11.3	Lesen von Multisession-CDs mit NetBSD	382
17.11.4	Mounten eines ISO-Image in NetBSD	383
17.11.5	Verwenden von Video-CDs NetBSD	384
17.11.6	Audio-CDs unter NetBSD	385
17.11.7	CD-R-Brenner mit Daten-CDs	386
17.11.8	Verwenden eines CD-R-Brenners zum Erstellen von Audio-CDs	387
17.11.9	Erstellen einer Audio-CD aus MP3 s	387
17.11.10	Kopie einer Audio-CD	388
17.11.11	Verwenden von wiederbeschreibbaren CD-RWs	388
17.11.12	Nutzung eines CD-RW-Laufwerks in NetBSD	389
17.11.13	DVD-Unterstützung in NetBSD	389
17.11.14	Erstellung von ISO-Images von einer CD	390
17.12	Wechselmedien mounten OpenBSD	391
17.13	Multimedia unter OpenBSD	394
17.13.1	Audio-Subsystem	395
17.13.2	Wiedergabe von Audiodateien	396
17.13.3	Audioaufnahme	396
17.13.4	Videowiedergabe	397
17.13.5	Webcam-Unterstützung	397
17.13.6	Bluetooth-Audio	398
17.13.7	CD-Audio und -Rippen	398
17.13.8	DVDs und Video-Discs	398
17.13.9	Heim-Medienstreaming (DLNA, UPnP)	398
17.13.10	Live-Streaming (Twitch, YouTube)	399
17.13.11	ffmpeg für Streaming	399
17.13.12	Medien konvertieren	399

17.13.13	Optimierung von sndiod	399
17.13.14	Fehlerbehebung	400
17.14	Zusätzliche Ressourcen	400
18	Locale und Zeiteinstellungen unter BSD/Unix	403
18.1	Locale (Regionale Einstellungen)	403
18.1.1	ASCII-Standard	404
18.1.2	UTF-8	404
18.2	Systemzeit konfigurieren	405
18.2.1	Zeitzone unter FreeBSD mit tzsetup	405
18.2.2	Zeitzone unter NetBSD und OpenBSD mit zic	405
18.2.3	Zeitzone manuell setzen	406
18.2.4	Zeitzoneinformationen durchsuchen	406
18.3	Nützliche Ressourcen	406
18.4	Backup und Wiederherstellung in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	407
18.4.1	Notwendigkeit und Strategien einer Datensicherung	407
18.4.2	Zentrale Fragestellungen	407
18.4.3	Überblick: Backup-Typen	408
18.4.4	Vollbackup	409
18.4.5	Differenzielles Backup	409
18.4.6	Inkrementelles Backup	409
18.4.7	Spiegelbackup	409
18.4.8	Cloud-Backup	410
18.4.9	Backup mit tar	410
18.4.10	Backup mit rsync unter FreeBSD, NetBSD und OpenBSD	411
18.4.11	Image-Erstellung mit ZFS Snapshots	413
18.4.12	Snapshot erstellen	413
18.4.13	Snapshot wiederherstellen	414
18.4.14	Snapshot löschen	414
18.5	Weiterführende Ressourcen – Datensicherung auf BSD-Systemen	416
	Glossar	419
	Stichwortverzeichnis	427

Über das Buch

BSD/Unix souverän meistern – mit einem kompakten, praxisorientierten Handbuch für FreeBSD, NetBSD und OpenBSD.

Die BSD-Familie leistungsfähiger Unix-Betriebssysteme zeichnet sich durch Stabilität, Sicherheit und eine klare Systemarchitektur aus. Während für andere Betriebssysteme umfangreiche deutschsprachige Dokumentationen verfügbar sind, erfordert der Einstieg in BSD-Systeme häufig eine zeitaufwendige Recherche in englischsprachigen Quellen. Auch mit modernen grafischen Oberflächen bleibt die Einarbeitung in ein anspruchsvolles Unix-System eine Herausforderung.

Dieses Handbuch von Jens Mania bietet eine strukturierte Einführung in FreeBSD, NetBSD und OpenBSD. Es verbindet theoretische Grundlagen mit praxisnahen Schritt-für-Schritt-Anleitungen und richtet sich sowohl an Einsteiger als auch an erfahrene Anwender und Systemadministratoren. Ziel ist es, den sicheren und effizienten Umgang mit BSD-Systemen im Alltag zu vermitteln und als zuverlässige Referenz zu dienen.

- Das Handbuch begleitet Anwender vom Einstieg bis zur fortgeschrittenen Nutzung.
- Die klare Struktur ermöglicht ein schnelles Auffinden relevanter Informationen.
- Praxisorientierte Beispiele erleichtern die unmittelbare Umsetzung.
- Behandelt werden alle wesentlichen Aspekte von der Installation über die Netzwerkkonfiguration bis zur Systemadministration.
- Die Darstellung erfolgt vollständig in deutscher Sprache.



Alle im Buch genannten Marken, darunter FreeBSD, GNU/Linux sowie die Logos von FreeBSD, NetBSD und OpenBSD, sind eingetragene und rechtlich geschützte Marken. Ergänzend werden die offiziellen Handbücher der jeweiligen Projekte empfohlen.



Alle im Buch beschriebenen Kommandos wurden auf Testsystemen geprüft. Dennoch können Fehler oder hardwareabhängige Reaktionen auftreten. Der Autor übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit der Inhalte. Die Anwendung der beschriebenen Verfahren erfolgt auf eigene Verantwortung. Schäden an Systemen, Daten oder Hardware liegen in der Verantwortung des Anwenders. Das Lesen der jeweiligen Manpages und der offiziellen Dokumentation bleibt unerlässlich.



Weiterführende Online-Dokumentation

Die folgenden offiziellen Online-Dokumentationen bieten weiterführende und stets aktuelle Informationen zu den jeweiligen BSD-Systemen:

<https://docs.freebsd.org/en/books/handbook/>

<https://www.netbsd.org/>

<https://www.openbsd.org/>

1

Einführung

Dieses Kapitel bietet einen grundlegenden Überblick über die BSD-Familie von Unix-Betriebssystemen. Es stellt die Geschichte, Philosophie und Besonderheiten von FreeBSD, NetBSD und OpenBSD vor und erläutert ihre Einsatzgebiete im Vergleich zu anderen Unix-Derivaten.

1.1 Die Geschichte von BSD – von Unix zur BSD-Familie

1.1.1 Ursprung und frühe Entwicklung

- Ursprung von UNIX bei den Bell Laboratories (1969)
- Entwicklung bei AT&T
- Verbreitung über akademische Lizenzen, insbesondere UNIX-Version 6 und 7
- Universitäten erhielten den Quellcode zum Selbstkostenpreis.
- Beginn der Weiterentwicklung an der University of California, Berkeley ab 1977
- Entstehung der „Berkeley Software Distribution (BSD)“

1.1.2 Wichtige technische Beiträge

- Entwicklung des TCP/IP-Stacks
- Einführung von Werkzeugen wie vi und csh
- Verbesserungen zentraler Systemprogramme wie ps und ls
- Job-Control und virtuelle Terminals

1.1.3 Lizenzkonflikte und Code-Bereinigung

- AT&T durfte lange Zeit nicht kommerziell auftreten, wovon BSD profitierte.
- Ab 1982 Kommerzialisierung von UNIX (System V)
- Entfernung von AT&T-Code in Berkeley
- Veröffentlichung von BSD 4.4-Lite im Jahr 1994

1.2 Die BSD-Nachfolger: Projekte im Überblick

1.2.1 386BSD (1992 – 1995)

- Erstes freies BSD ohne AT&T-Code
- Kurzlebig – aber Basis für spätere Forks

1.2.2 FreeBSD

- Seit 1993 aktiv entwickelt
- Schwerpunkt auf Stabilität, Sicherheit und Performance
- Hohe Hardwareunterstützung
- Bekannte Technologien: pkg, ZFS, Jails, pf

1.2.3 NetBSD

- Seit 1993
- Leitmotiv: „Of course it runs NetBSD.“
- Ziel: maximale Portabilität
- Unterstützung zahlreicher Plattformen (u. a. x86, ARM, MIPS, SPARC, PowerPC)

1.2.4 OpenBSD

- Seit 1995
- Gegründet von Theo de Raadt
- Fokus auf Sicherheit, Codequalität und Auditierbarkeit
- Ursprung wichtiger Projekte wie OpenSSH, pf, LibreSSL und unveil

1.2.5 Logos & Maskottchen

Tabelle 1.1 Logos & Maskottchen FreeBSD, NetBSD & OpenBSD

Projekt	Maskottchen/Logo	Bedeutung
FreeBSD	„Beastie“	Phonetik: „BSD“ → Beastie
NetBSD	Rote Flagge	Stabilität, technische Klarheit
OpenBSD	„Puffy“ (Kugelfisch)	Symbolisiert Blowfish-Krypto

1.2.6 Fazit

BSD ist mehr als nur „ein Unix“: Es ist eine eigenständige, familienartige Systemlinie mit langer Geschichte, starker Community und bedeutendem Einfluss auf heutige Betriebssysteme (u. a. macOS, iOS, PlayStation OS, JunOS).

1.3 Die BSD-Lizenz – Freiheit für Entwickler und Unternehmen

Die BSD-Lizenz zählt zu den bekanntesten und zugleich permissivsten Open-Source-Lizenzen. Sie entstand im Umfeld der Berkeley Software Distribution (BSD) an der University of California, Berkeley, und verfolgt einen bewusst pragmatischen Ansatz: maximale Freiheit bei minimalen Auflagen.

Im Kern erlaubt die BSD-Lizenz die freie Nutzung, Modifikation und Weitergabe von Software – sowohl im Quellcode als auch in kompilierter Form. Dabei stellt sie nur wenige Bedingungen und verzichtet vollständig auf Copyleft-Mechanismen.

1.3.1 Grundprinzipien der BSD-Lizenz

Die Lizenz gewährt weitreichende Rechte, sofern folgende Anforderungen eingehalten werden:

- Beibehaltung des Copyright-Hinweises
- Beibehaltung des Haftungsausschlusses
- Kein Haftungsanspruch gegenüber den ursprünglichen Entwicklern

Eine Verpflichtung zur Offenlegung von Änderungen oder zur Weitergabe unter gleicher Lizenz besteht nicht.

1.3.2 Vorteile der BSD-Lizenz

Die Offenheit der BSD-Lizenz bringt insbesondere für Entwickler und Unternehmen entscheidende Vorteile:

- Keine Copyleft-Pflicht
- Modifikationen müssen nicht unter derselben Lizenz veröffentlicht werden.
- Uneingeschränkte kommerzielle Nutzung
- Der Einsatz in proprietären Produkten ist ohne Offenlegung des Quellcodes möglich.
- Hohe Lizenzkompatibilität
- Die BSD-Lizenz lässt sich problemlos mit anderen Open-Source- und proprietären Lizenzen kombinieren.
- Rechtliche Einfachheit
- Die Lizenz ist kurz, verständlich und vermeidet juristische Komplexität.

1.3.3 Varianten der BSD-Lizenz

Im Laufe der Zeit haben sich mehrere, eng verwandte Varianten der BSD-Lizenz etabliert:

Tabelle 1.2 BSD-Lizenzvarianten

Lizenzvariante	Bedeutung
2-Klausel-BSD	Beinhaltet Copyright-Hinweis und Haftungsausschluss; auch als „FreeBSD License“ bekannt
3-Klausel-BSD	Enthält zusätzlich eine Klausel, die die Verwendung der Namen der Autoren/Organisation zur Bewerbung oder Empfehlung ohne Zustimmung untersagt.

Ältere Versionen mit Werbeklauseln (z. B. 4-Klausel-BSD) gelten heute als veraltet und werden nicht mehr empfohlen.

Tabelle 1.3 Vergleich: BSD-Lizenz und GNU GPL

Bedeutung	BSD-Lizenz	GNU GPL (v2/v3)
Copyleft	nein	ja
Kommerzielle Nutzung	uneingeschränkt	nur unter GPL-Bedingungen
Integration in proprietäre Software	erlaubt	nicht erlaubt
Weitergabe von Modifikationen	optional	verpflichtend
Lizenzkompatibilität	sehr hoch	eingeschränkt
Grundidee	Freiheit der Entwickler	Schutz der Nutzerfreiheit

1.3.4 Vergleich mit anderen Open-Source-Lizenzen

Tabelle 1.4 BSD mit anderen Open-Source-Lizenzen im Vergleich

Lizenztyp	Copyleft	Kommerzielle Nutzung	Kompatibilität
BSD	nein	uneingeschränkt	sehr hoch
MIT	nein	uneingeschränkt	sehr hoch
Apache 2.0	nein	uneingeschränkt	hoch
LGPL	schwach	eingeschränkt	hoch
GPL v2/v3	stark	eingeschränkt	mittel

1.3.5 BSD-Lizenz und proprietäre Software

Tabelle 1.5

Merkmal	BSD-Lizenz	Proprietäre Lizenz
Quellcode verfügbar	ja	nein
Modifikation erlaubt	uneingeschränkt	meist nicht erlaubt
Weitergabe erlaubt	ja	nur mit Genehmigung
Kostenpflichtig	nein	häufig
Integration in kommerzielle Produkte	problemlos	lizenzabhängig

1.3.6 Fazit

Die BSD-Lizenz steht für Offenheit, Pragmatismus und Vertrauen. Sie gewährt Entwicklern, Unternehmen und Anwendern größtmögliche Freiheit und verzichtet bewusst auf restriktive Lizenzmechanismen. Gerade deshalb ist sie besonders in Industrie, Netzwerktechnik, Embedded-Systemen und sicherheitskritischer Infrastruktur weit verbreitet.

Die Möglichkeit, BSD-Software ohne Lizenzbindung in proprietäre Produkte zu integrieren, hat maßgeblich zur Verbreitung von BSD-Technologien beigetragen – unter anderem in Betriebssystemen und Plattformen von Apple, Sony, Juniper, Netflix und vielen weiteren.



Zusätzliche Ressourcen

Für eine vertiefte Auseinandersetzung mit den BSD-Systemen stehen umfangreiche und frei zugängliche Online-Dokumentationen zur Verfügung. Die folgenden offiziellen Quellen bieten zuverlässige und stets aktuelle Informationen:

FreeBSD Handbook (deutsch)

Zentrale Einführung und Referenz für Installation, Konfiguration und Administration von FreeBSD

<https://docs.freebsd.org/de/books/handbook/>

NetBSD Documentation

Technische Dokumentation, FAQs und Plattformübersichten zu NetBSD

<https://www.netbsd.org/docs/>

OpenBSD FAQ

Offizielle Anleitungen zu Installation, Sicherheit und Systemdesign von OpenBSD

<https://www.openbsd.org/faq/>

OpenBSD Goals

Darstellung der Projektphilosophie und sicherheitsorientierten Entwicklungsziele

<https://www.openbsd.org/goals.html>

Diese Ressourcen ergänzen das vorliegende Handbuch und ermöglichen eine gezielte Vertiefung einzelner Themenbereiche.

2

Installation FreeBSD, NetBSD und OpenBSD

2.1 BIOS und UEFI

Das *BIOS* (*Basic Input/Output System*) und das *UEFI* (*Unified Extensible Firmware Interface*) bilden die grundlegenden Firmware-Schnittstellen eines Computers und sind für den Startvorgang eines Betriebssystems von zentraler Bedeutung. Sie initialisieren die Hardware, stellen grundlegende Systemdienste bereit und übergeben anschließend die Kontrolle an den Bootloader des Betriebssystems.

2.1.1 BIOS

Das klassische *BIOS* ist eine seit den frühen 1980er-Jahren eingesetzte Firmware, die im nichtflüchtigen Speicher des Mainboards abgelegt ist. Seine Hauptaufgabe besteht darin, die vorhandene Hardware zu initialisieren und anschließend das Betriebssystem von einem geeigneten Speichermedium zu laden.

Das BIOS arbeitet in einer stark eingeschränkten, realmodusnahen Umgebung und stellt lediglich grundlegende Funktionen zur Verfügung. Die Konfiguration erfolgt über ein textbasiertes Setup-Utility, in dem unter anderem die Bootreihenfolge, grundlegende Datenträgereinstellungen sowie einfache Energieoptionen angepasst werden können.

Im Laufe der Zeit wurden BIOS-basierte Systeme um Standards wie *ACPI* (*Advanced Configuration and Power Interface*) ergänzt, um eine verbesserte Energie- und Hardwareverwaltung zu ermöglichen. Dennoch weist das klassische *BIOS* konzeptionelle Einschränkungen auf. Dazu zählen insbesondere die Begrenzung auf maximal vier primäre Partitionen sowie die Unterstützung von Datenträgern mit einer Kapazität von bis zu etwa 2,2 TB bei Verwendung des MBR-Partitionsschemas.

2.1.2 UEFI

UEFI stellt den modernen Nachfolger des BIOS dar und wurde entwickelt, um dessen technische Beschränkungen zu überwinden. Es unterstützt sowohl 32-Bit- als auch 64-Bit-Architekturen, bietet eine erweiterbare Firmware-Umgebung und stellt in der Regel eine grafische Benutzeroberfläche zur Systemkonfiguration bereit.

Durch die Nutzung des *GPT-Partitionsschemas (GUID Partition Table)* können Datenträger mit sehr großen Kapazitäten verwaltet werden, die deutlich über die Grenzen des *MBR* hinausgehen.

Ein weiterer Vorteil von *UEFI* sind verkürzte Bootzeiten, da Treiber und Hardwarekomponenten parallel initialisiert werden können. Zusätzlich integriert *UEFI* Sicherheitsmechanismen wie *Secure Boot*, die sicherstellen, dass beim Systemstart ausschließlich signierte und autorisierte Software geladen wird.

Darüber hinaus unterstützt *UEFI* moderne Funktionen wie *Netzwerkboot (PXE)*, modulare Treibererweiterungen sowie zusätzliche Firmware-Applikationen. Auf aktuellen Systemen hat *UEFI* das klassische BIOS weitgehend ersetzt und bietet eine flexiblere, sicherere und leistungsfähigere Grundlage für den Systemstart moderner Betriebssysteme.

2.2 Installation von FreeBSD

Die Installation von FreeBSD kann auf unterschiedliche Weise erfolgen und richtet sich nach der geplanten Einsatzumgebung sowie den verfügbaren Systemressourcen. Neben klassischen Installationen auf physischer Hardware stehen auch vorgefertigte Systemabbilder für virtuelle, eingebettete und cloudbasierte Umgebungen zur Verfügung.

In diesem Kapitel werden zunächst die gängigen Installationsvarianten vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt anschließend auf der Standardinstallation mittels des textbasierten Installationsprogramms *bsdinstall*, wie sie typischerweise auf Desktop- und Serversystemen durchgeführt wird.

Die beschriebenen Verfahren gelten primär für die Architekturen *i386* und *amd64*. Abhängig von der jeweiligen Plattform können einzelne Schritte leicht abweichen. Die Angaben sind daher als allgemeiner Leitfaden zu verstehen.

2.2.1 Überblick über die Installationsvarianten

FreeBSD stellt für unterschiedliche Einsatzszenarien speziell angepasste Installations- und Systemabbilder bereit.

2.2.1.1 Virtuelle Maschinen

Für Virtualisierungsumgebungen stehen vorkonfigurierte FreeBSD-Abbilder zur Verfügung. Diese sind für verschiedene Plattformen optimiert, darunter *KVM (qcow2)*, *VMware (vmdk)*, *Hyper-V (vhd)* sowie *Raw-Images*. Es handelt sich um vorinstallierte, lauffähige Systeme, die unmittelbar gestartet und an die jeweilige Umgebung angepasst werden können.

2.2.1.2 Cloud-Plattformen

FreeBSD ist auf gängigen Cloud-Marktplätzen wie Amazon AWS, Microsoft Azure und der Google *Cloud Platform* verfügbar. Die dort angebotenen Images ermöglichen eine direkte Bereitstellung in der jeweiligen Cloud-Infrastruktur. Ergänzende Hinweise zur Einrichtung und Verwaltung finden sich in der Dokumentation der jeweiligen Anbieter.

2.2.1.3 Eingebettete Systeme (Embedded Systems)

Für Geräte wie den Raspberry Pi oder BeagleBone Black werden speziell angepasste SD-Kartenabbilder bereitgestellt. Diese liegen als komprimierte Raw-Images vor und müssen vor dem ersten Start auf eine SD-Karte geschrieben werden.

2.2.1.4 Desktop- und Server-Systeme (Standardinstallation)

Für klassische Installationen auf physischen Desktop-, Laptop- oder Server-Systemen stellt FreeBSD bootfähige Installations-ISOs bereit. Diese Variante wird in den folgenden Abschnitten detailliert beschrieben.

2.2.2 Hardware- und Systemvoraussetzungen

Die erforderlichen Hardwareressourcen hängen vom geplanten Einsatzzweck und der Systemarchitektur ab. Eine aktuelle Übersicht über unterstützte Plattformen, Treiber und empfohlene Konfigurationen ist auf der FreeBSD-Projektseite verfügbar.

Mindestanforderungen:

- Arbeitsspeicher (RAM): mindestens 96 MB
- Massenspeicher: mindestens 1,5 GB

Diese Werte sind lediglich für minimale oder eingebettete Installationen geeignet. Für produktive Desktop- oder Server-Einsätze werden mindestens 2–4 GB RAM sowie 8 GB freier Speicherplatz empfohlen.

2.2.3 Unterstützte Architekturen (Auswahl)

FreeBSD unterstützt eine Vielzahl unterschiedlicher Hardwarearchitekturen. Die folgenden Plattformen sind für klassische Installationen besonders relevant.

2.2.3.1 amd64 (x86-64)

Die *amd64-Architektur* ist die heute am weitesten verbreitete Plattform für FreeBSD-Installationen. Unterstützt werden moderne 64-Bit-Prozessoren der AMD- und Intel-Familien, einschließlich Mehrkernsystemen.

FreeBSD bietet auf dieser Architektur vollständige Unterstützung für *Symmetric Multiprocessing (SMP)* sowie moderne Hardwarefunktionen. Für die meisten Desktop- und Server-Einsätze stellt amd64 die empfohlene Standardarchitektur dar.

2.2.3.2 i386 (32-Bit x86)

Die *i386-Architektur* eignet sich insbesondere für ältere Systeme. Unterstützt werden Prozessoren ab der 486er-Generation mit integrierter Gleitkommaeinheit.

Optional kann *Physical Address Extension (PAE)* verwendet werden, um mehr als 4 GB Arbeitsspeicher zu adressieren. Dabei ist zu beachten, dass PAE die Unterstützung einzelner Gerätetreiber einschränken kann. Für neue Installationen wird i386 nur noch eingeschränkt empfohlen.

2.2.3.3 Powerpc

FreeBSD unterstützt ausgewählte *PowerPC-Systeme*, darunter Apple-Rechner mit New-World-ROM und integriertem USB-Controller. *Symmetric Multiprocessing (SMP)* wird unterstützt.

Bei Verwendung eines 32-Bit-Kernels ist die maximal adressierbare Speichermenge begrenzt. Die powerpc-Plattform eignet sich vor allem für spezielle Anwendungsfälle und bestehende Hardware.

2.2.3.4 sparc64

Die *sparc64-Architektur* wird für kompatible SPARC-Systeme unterstützt, wie sie in der Projektübersicht von FreeBSD dokumentiert sind. SMP ist verfügbar, allerdings gelten besondere Anforderungen an die Datenträgerkonfiguration.

Diese Plattform richtet sich primär an spezialisierte Umgebungen und ist für klassische Desktop-Installationen nicht vorgesehen.

2.2.4 Vorbereitung der Installation

Vor Beginn der Installation von FreeBSD sollten einige grundlegende Voraussetzungen geprüft und vorbereitet werden. Dazu zählen insbesondere eine funktionsfähige Netzwerkverbindung sowie die Bereitstellung eines geeigneten Installationsmediums. Eine sorgfältige Vorbereitung hilft, Installationsprobleme zu vermeiden, und sorgt für einen reibungslosen Ablauf.

2.2.4.1 Netzwerkparameter ermitteln

Bei bestimmten Installationsarten, etwa bei einer Netzwerk- oder Minimalinstallation, ist eine aktive Netzwerkverbindung erforderlich, um benötigte Installationsdateien während des Setups herunterzuladen. Auch nach der Grundinstallation ermöglicht das Installationsprogramm die Konfiguration der Netzwerkschnittstellen.

Ist im Netzwerk ein DHCP-Server vorhanden, werden IP-Adresse, Gateway und DNS-Parameter automatisch bezogen. Steht kein DHCP-Dienst zur Verfügung, müssen die folgenden Informationen manuell bereitgestellt werden, in der Regel durch den Netzwerkadministrator:

- **IP-Adresse des Systems**
- **Subnetzmaske**
- **Standard-Gateway**
- **Domainname des Netzwerks**
- **IP-Adressen der DNS-Server**

Aktuelle Informationen zu bekannten Problemen, Fehlerkorrekturen und sicherheitsrelevanten Hinweisen sind in den Errata der jeweiligen FreeBSD-Version dokumentiert:

<https://www.freebsd.org/releases/>

2.2.4.2 Vorbereitung der Installationsmedien

Die Installation von FreeBSD erfordert ein bootfähiges Installationsmedium, da das Installationsprogramm nicht aus einem laufenden Betriebssystem heraus gestartet werden kann. Stattdessen wird das System von einem vorbereiteten Medium wie einer DVD oder einem USB-Stick gebootet.

Die offiziellen Installationsabbilder stehen auf der FreeBSD-Webseite zum Download bereit:

<https://www.freebsd.org/where/>

Die Dateinamen der Installationsabbilder enthalten Informationen über:

- **die FreeBSD-Version**
- **die Systemarchitektur** (z. B. amd64, i386)
- **den Medientyp** (z. B. dvd1.iso, memstick.img)

Beispiel:

FreeBSD-14.1-RELEASE-amd64-dvd1.iso

→ vollständiges Installationsabbild für AMD64-basierte Systeme

2.2.4.3 Dateitypen der Installationsmedien

Tabelle 2.1 Dateitypen der Installationsmedien

Dateityp	Beschreibung	Internetverbindung erforderlich
bootonly.iso	Enthält nur das Installationsprogramm; alle übrigen Dateien werden während der Installation aus dem Internet heruntergeladen.	ja
disc1.iso	Umfasst alle erforderlichen Installationsdateien, Quellcode und Ports; geeignet für CD-Medien.	nein
dvd1.iso	Vollständiges DVD-Abbild mit Quellcode, Ports und populären Binärpaketen (z. B. Window-Manager); Installation ohne Internetverbindung möglich.	nein
memstick.img	Image-Datei für USB-Sticks; enthält sämtliche Installationsdateien, Quellcode und Ports.	nein
mini-memstick.img	Minimalversion, die nur das Setup enthält; lädt benötigte Dateien während der Installation herunter.	ja



Für Systeme mit UEFI-Firmware stehen zusätzliche Varianten zur Verfügung, deren Dateiname den Zusatz uefi enthält.

2.2.5 Integritätsprüfung der Installationsdateien

Nach dem Herunterladen der Installationsabbilder sollte deren Integrität überprüft werden. Dieser Schritt stellt sicher, dass die Dateien vollständig, unverändert und frei von Übertragungsfehlern oder Manipulationen sind. Eine fehlerhafte Installationsdatei kann zu Installationsabbrüchen, Systeminstabilitäten oder nicht reproduzierbaren Fehlern führen.

Das FreeBSD-Projekt stellt für jede Release-Version offizielle Prüfsummen bereit, üblicherweise in Form von *SHA256-Hashes*, beispielsweise:

```
CHECKSUM.SHA256-FreeBSD-14.3-RELEASE-amd64
```

2.3 Prüfsumme unter FreeBSD oder Linux ermitteln

Nach dem Wechsel in das Verzeichnis mit der heruntergeladenen Datei kann die Prüfsumme wie folgt berechnet werden:

```
$ cd ~/Downloads
$ sha256sum FreeBSD-14.3-RELEASE-amd64-dvd1.iso
```

Die Ausgabe besteht aus einem Hashwert und dem Dateinamen, zum Beispiel:

```
3e285faab79b139a8f75dfdc2650e6a79e68fdba0aa82645828de8f3cf584da1 FreeBSD-14.3-
RELEASE-amd64-dvd1.iso
```

Dieser Wert muss exakt mit der entsprechenden Prüfsumme in der offiziellen Datei *CHECKSUM.SHA256* übereinstimmen.

Stimmen beide Werte überein, gilt das Installationsabbild als korrekt. Bei Abweichungen sollte die Datei erneut heruntergeladen werden, da ein beschädigtes oder manipuliertes Image nicht weiterverwendet werden darf.

2.3.1 Schreiben des Installationsmediums auf USB-Stick

Schreiben des Installationsmediums auf USB-Stick

Die bereitgestellten Installationsabbilder im Format *.img* sind vollständige Abbilder des späteren USB-Sticks. Sie können daher nicht einfach auf das Medium kopiert werden, sondern müssen blockweise geschrieben werden. Anderenfalls ist das Installationsmedium nicht bootfähig.

Vorbereitung: Vor dem Schreiben des Abbilds sind folgende Punkte zu beachten:

- Sichern Sie alle wichtigen Daten auf dem USB-Stick, da diese während des Vorgangs vollständig gelöscht werden.

- Ermitteln Sie den korrekten Gerätenamen des USB-Sticks (z. B. `/dev/da0` unter FreeBSD).
- Stellen Sie sicher, dass der USB-Stick während des Schreibvorgangs nicht eingehängt ist.

2.3.2 Schreiben unter FreeBSD, Linux oder macOS

Für alle genannten Betriebssysteme eignet sich das universelle Werkzeug `dd(1)`. Im folgenden Beispiel wird ein FreeBSD-Installationsabbild auf das Gerät `/dev/da0` geschrieben:

```
# dd if=FreeBSD-14.3-RELEASE-amd64-memstick.img of=/dev/da0 bs=1M conv=sync
```

Der Schreibvorgang kann je nach Größe des Abbilds und Geschwindigkeit des USB-Sticks einige Minuten dauern. Währenddessen erfolgt in der Regel keine Fortschrittsanzeige.

Nach Abschluss des Schreibvorgangs kann mit dem Befehl `sync(8)` sichergestellt werden, dass alle Daten vollständig auf das Medium geschrieben wurden.

2.3.3 Schreiben unter Windows

Unter Windows empfiehlt sich der Einsatz des Programms *Win32 Disk Imager*. Nach dem Start des Programms wird die gewünschte `.img`-Datei ausgewählt und der korrekte Laufwerksbuchstabe des USB-Sticks wird angegeben. Anschließend wird der Schreibvorgang gestartet.

**Achtung:**

Die Auswahl eines falschen Laufwerks kann zu vollständigem Datenverlust führen. Überprüfen Sie den angegebenen Laufwerksbuchstaben daher sorgfältig, bevor Sie den Vorgang starten.
