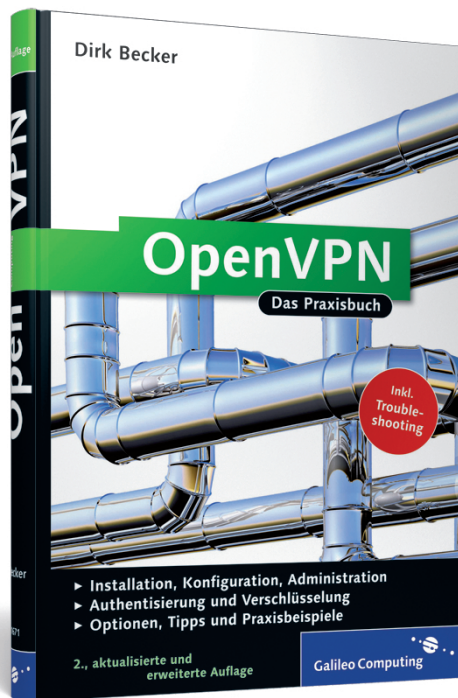


Dirk Becker

# OpenVPN

Das Praxisbuch



# Auf einen Blick

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>Netzwerkgrundlagen</b> .....	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>Software</b> .....	<b>87</b>
<b>4</b>	<b>Authentisierung und Verschlüsselungsarten</b> .....	<b>105</b>
<b>5</b>	<b>OpenVPN konfigurieren</b> .....	<b>135</b>
<b>6</b>	<b>Plugins</b> .....	<b>189</b>
<b>7</b>	<b>Weitere Konfigurationen</b> .....	<b>193</b>
<b>8</b>	<b>Tipps</b> .....	<b>219</b>
<b>9</b>	<b>Fehlersuche und Probleme</b> .....	<b>237</b>
<b>10</b>	<b>Optionen</b> .....	<b>247</b>
<b>11</b>	<b>Skripte</b> .....	<b>283</b>

# Inhalt

Vorwort .....	11
---------------	----

## **1 Einführung ..... 17**

1.1 VPN (Virtual Private Network) .....	18
1.2 Alternativen zu einem VPN .....	21
1.2.1 Telnet .....	22
1.2.2 File Transfer Protocol – FTP .....	23
1.2.3 Secure Shell – SSH .....	24
1.2.4 Sonstige .....	25
1.3 IPSec, FreeS/WAN & Co. ....	26
1.3.1 Internet Protocol Security – IPSec .....	26
1.3.2 FreeS/WAN, Openswan und strongSwan .....	27
1.4 OpenVPN .....	28
1.4.1 Informationen zu OpenVPN .....	28
1.4.2 Verschlüsselung bei OpenVPN .....	29
1.4.3 Verbindungsarten .....	30
1.4.4 Sonstiges .....	31
1.5 Szenario .....	32
1.5.1 Hintergründe .....	33
1.5.2 Netzwerkdaten .....	35
1.6 Weitere Dokumentationen .....	38
1.7 Newsgroups .....	39

## **2 Netzwerkgrundlagen ..... 41**

2.1 ISO/OSI-Schichtenmodell .....	42
2.2 Topologien .....	46
2.3 Ethernet .....	52
2.4 LAN & WAN .....	54
2.5 Protokolle .....	55
2.6 TCP/IP – das Internetprotokoll .....	58
2.6.1 DoD-Schichtenmodell .....	58
2.6.2 IP (Internet Protocol) .....	60
2.6.3 TCP (Transmission Control Protocol) .....	64
2.6.4 UDP (User Datagram Protocol) .....	65
2.6.5 DNS (Domain Name System) .....	66
2.6.6 Routing .....	69
2.7 WLAN .....	71

2.8	Sicherheit im Netzwerk .....	75
2.9	Netzwerktools und Diagnose .....	77
2.9.1	ifconfig/ipconfig .....	77
2.9.2	ping .....	78
2.9.3	nslookup .....	79
2.9.4	netio .....	80
2.10	Einrichtung .....	81
2.10.1	Windows .....	82
2.10.2	Linux .....	83
2.10.3	Apple .....	84
2.11	Sonstiges .....	85

### **3 Software ..... 87**

3.1	OpenVPN .....	88
3.1.1	Installation unter Linux .....	88
3.1.2	Installation unter Windows .....	92
3.1.3	Installation unter Mac OS X .....	95
3.2	bridge-utils .....	95
3.2.1	Installation unter Linux .....	95
3.2.2	Installation unter Windows .....	96
3.3	OpenSSL .....	97
3.3.1	Installation unter Linux .....	97
3.3.2	Cygwin – OpenSSL unter Windows .....	98
3.4	Grafische Oberflächen .....	100
3.4.1	OpenVPN GUI für Windows .....	100
3.4.2	OpenVPN Control .....	101
3.4.3	OpenVPN-Admin .....	101
3.4.4	Tunnelblick für Mac OS X .....	102
3.4.5	Viscosity .....	102
3.5	Sonstiges .....	102
3.5.1	Weitere Quellen .....	103
3.5.2	Virtuelle Maschinen .....	103

### **4 Authentisierung und Verschlüsselungsarten ..... 105**

4.1	SSL/TLS .....	106
4.1.1	Authentisierung .....	108
4.1.2	Schlüsselaustausch .....	108
4.1.3	Verschlüsselung .....	108
4.1.4	Sonstiges .....	108

4.2	Symmetrische Verschlüsselung (statischer Schlüssel) .....	109
4.3	Asymmetrische Verschlüsselung (zertifikatbasiert) .....	113
4.3.1	Digitale Zertifikate .....	113
4.3.2	Ablauf bei Verwendung eines Zertifikates .....	115
4.3.3	Ablauf bei der Erstellung eines Zertifikates .....	116
4.4	Zertifizierungsstelle mit OpenSSL .....	117
4.4.1	Eigene Zertifizierungsstelle (Certification Authority) .....	117
4.4.2	Zertifikate erstellen .....	121
4.4.3	Zertifikate zusammenfassen (PKCS#12) .....	122
4.4.4	Zertifikate übergeben .....	123
4.4.5	Zertifikatssperrliste (Certificate Revocation List – CRL) .....	124
4.5	Zertifikate mit OpenVPN – Easy-RSA .....	126
4.5.1	Mini-Zertifizierungsstelle .....	127
4.5.2	Zertifikate erstellen .....	129
4.5.3	Zertifikate übergeben .....	130
4.5.4	Zertifikate im PKCS#12-Format .....	130
4.5.5	Zertifikate sperren .....	131
4.6	Zertifikate mit einer GUI .....	131
4.7	Zusammenfassung .....	132
4.7.1	Statischer Schlüssel .....	132
4.7.2	Zertifikate .....	133

## **5 OpenVPN konfigurieren .....** **135**

5.1	Netzwerkschnittstellen .....	136
5.1.1	Punkt-zu-Punkt-Verbindungen .....	137
5.1.2	Multi-Client-Verbindungen .....	138
5.2	Firewall und Routing .....	138
5.2.1	Internetrouter .....	139
5.2.2	Portfreigabe .....	140
5.2.3	IP-Forwarding .....	140
5.2.4	Firewall auf dem Tunnel .....	141
5.3	Testverbindung .....	142
5.4	Verbindungsarten .....	145
5.5	Die Konfigurationsdatei .....	147
5.6	Verbindungen mit statischem Schlüssel .....	149
5.6.1	Gateway-to-Gateway-Verbindung (G2G) .....	149
5.6.2	Client-to-Gateway-Verbindung (C2G) .....	154
5.6.3	Debug-Level .....	159
5.7	Zertifikatbasiert .....	163
5.7.1	Client-to-Gateway-Verbindung .....	163

5.7.2	Client-to-Network-Verbindung (C2N) .....	168
5.7.3	Network-to-Network-Verbindung (N2N) .....	175
5.7.4	Ethernet-Tunnel .....	179
5.8	Server-Login .....	184
5.8.1	Eigene Benutzerverwaltung unter Linux .....	185
5.8.2	Eigene Benutzerverwaltung unter Windows .....	187

## **6 Plugins ..... 189**

6.1	auth-pam-Plugin .....	190
6.2	Quellcode .....	190
6.3	Einsatz .....	190

## **7 Weitere Konfigurationen ..... 193**

7.1	Management-Interface .....	193
7.1.1	Management-Interface konfigurieren .....	194
7.1.2	Interface-Befehle .....	195
7.2	WLAN absichern .....	199
7.2.1	Szenario .....	200
7.2.2	Konfiguration .....	201
7.2.3	Verbindungsaufbau .....	203
7.2.4	Wichtige Optionen .....	204
7.3	Sichere Remotesteuerung .....	205
7.3.1	Firewall-Einstellungen .....	205
7.3.2	Konfiguration .....	207
7.3.3	Remotezugriff .....	208
7.4	OpenVPN auf einem PocketPC oder Smartphone .....	209
7.4.1	Installation .....	210
7.4.2	Konfiguration .....	213
7.4.3	Einschränkungen .....	216

## **8 Tipps ..... 219**

8.1	Sicherheiten .....	220
8.1.1	Server-Zertifikate .....	220
8.1.2	Zertifikate mit gleichem »Common Name« .....	221
8.1.3	OpenVPN-Benutzer .....	222
8.1.4	Verschlüsselung deaktivieren .....	224
8.2	Optimierungen .....	224
8.2.1	OpenVPN als Dämon .....	224

8.2.2	comp-lzo .....	229
8.2.3	Limitierte Bandbreite .....	230
8.2.4	Mehrere Server .....	230
8.3	Sonstige .....	231
8.3.1	Normaler Benutzer .....	231
8.3.2	push-Optionen .....	232
8.3.3	VPN-Gateway und Standardgateways .....	233
8.3.4	DNS unter Linux .....	233
8.3.5	IP-Forward per Skript .....	235

## 9 Fehlersuche und Probleme ..... 237

9.1	OpenVPN startet nicht .....	238
9.1.1	Syntax- bzw. Parameterfehler .....	238
9.1.2	TUN-/TAP-Device wurde nicht gefunden .....	238
9.2	OpenVPN startet .....	239
9.2.1	Systemzeit .....	240
9.2.2	Zugriffsprobleme .....	240
9.2.3	Ein Ping kommt an, eine Datenübertragung ist jedoch nicht möglich .....	241
9.2.4	Die Verbindung bricht ständig ab .....	242
9.2.5	Unter Windows XP wird keine IP-Adresse zugewiesen ....	242
9.3	Fehler- und Warnmeldungen .....	242
9.3.1	Fehlermeldungen .....	243
9.3.2	Warnmeldungen .....	244

## 10 Optionen ..... 247

10.1	Allgemeine Optionen .....	248
10.2	Tunnel .....	249
10.3	Server .....	268
10.4	Client .....	272
10.5	Data Channel Encryption .....	273
10.6	TLS-Mode .....	274
10.7	SSL-Informationen .....	277
10.8	Statischer Schlüssel .....	278
10.9	Windows-spezifische Optionen .....	278
10.10	Signale .....	282

<b>11 Skripte .....</b>	<b>283</b>
11.1 Zertifizierungsstelle erstellen .....	283
11.2 Zertifikate erstellen .....	285
11.3 Zertifikate sperren .....	286
 Index .....	 289



*In diesem Kapitel erfahren Sie, welche Software Sie zum Testen der späteren Beispiele benötigen und wie Sie diese installieren.*

## 3 Software

Damit Sie später sämtliche Beispiele testen können, müssen Sie einige Vorkehrungen treffen. Das bedeutet in erster Linie: Sie müssen Software installieren.

Die wichtigste Installation ist selbstverständlich die von *OpenVPN*. Sie sollten, wenn möglich, eine ähnliche Versuchsanordnung, wie ich sie Ihnen in Abschnitt 1.5, »Szenario«, beschrieben habe, verwenden. Es sollte auch ein VPN-Gateway mit Linux als Betriebssystem existieren. Windows- und Apple-Systeme sollten nur VPN-Clients sein. Dies ist zwar nicht zwingend notwendig, es erspart Ihnen aber häufig das »Umdenken«, da ich hier nicht stets auf alle Einstellungen für sämtliche Systeme eingehen kann.

### Hinweis

Die aktuellen Versionen von OpenVPN können Sie sich unter <http://openvpn.net> herunterladen.



Ein *VPN-Gateway* muss auch zwei Netzwerkinterfaces (meist Internet und Netzwerkkarte) benutzen, da Sie ansonsten die Netzwerkverbindungen nicht so einfach testen können. Hier möchte ich Sie auch wieder an die Möglichkeit erinnern, alles zunächst mit virtuellen Maschinen unter VirtualBox oder VMware Server zu testen. Dort haben Sie auch eine (fast) unbegrenzte Auswahl an virtuellen Netzwerkkarten.

*OpenSSL* wird normalerweise nicht unbedingt benötigt. Da ich Ihnen jedoch auch zeige, wie Sie eine Zertifizierungsstelle verwalten, sollten Sie es installieren. Für den Fall, dass Sie dies nicht wollen, können die Zertifikate jedoch auch mithilfe von OpenVPN erstellt werden.

## 3.1 OpenVPN

OpenVPN ist inzwischen als Paket bei fast allen Linux-Distributionen enthalten. Falls Ihr Paketmanager noch eine ältere Version anbietet, sollten Sie auf die Installation des Quellcodes zurückgreifen.

Unter Windows wird eine typische Setup-Routine verwendet. Hier sind nur einige zusätzliche Punkte wegen des Pfades und eines Treibers zu beachten.

### 3.1.1 Installation unter Linux

Wenn der Linux-Rechner bereits einen Internetzugang besitzt und das Netzwerk läuft, müssten fast alle benötigten Pakete installiert sein.

#### Installation mit einem Paketmanager

Die Installation mit einem Paketmanager können Sie entweder in der grafischen Oberfläche oder wie in Tabelle 3.1 dargestellt in einer Konsole als root vornehmen.

System	Befehl
SUSE/openSUSE	<code>yast -i openvpn</code>
Debian	<code>apt-get install openvpn</code>
Ubuntu	<code>apt-get install openvpn</code>
Gentoo	<code>emerge openvpn</code>
FreeBSD	<code>pkg_add -r openvpn</code>
Fedora	<code>yum install openvpn</code>

**Tabelle 3.1** OpenVPN-Installation auf UNIX/Linux-Systemen

Bei fehlenden Abhängigkeiten kümmern sich die meisten Manager automatisch um die Installation der notwendigen Pakete.

#### Installation des Quellcodes

Linux-Profis (oder die, die es werden wollen) können sich auch die aktuelle Version als Quellcode unter <http://openvpn.net> herunterladen. Um diesen Quellcode zu installieren, stehen Ihnen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- ▶ Kompilieren des Quellcodes
- ▶ Installation mit *rpmbuild*

Die Installation mit *rpmbuild* sollte nur bei Distributionen, die den Paketmanager RPM verwenden, eingesetzt werden!

### Kompilieren

Den ersten Schritt der Installation können Sie als normaler Benutzer vornehmen. Nur die Installation muss der root-Benutzer durchführen. Zum Kompilieren wird der Gnu C++ 4.1-Compiler (oder höher) benötigt. Stellen Sie vorher sicher, dass dieser auch installiert ist. Lesen Sie sich auch beim Ausführen von `configure` eventuell auftretende Fehlermeldungen genau durch, und verzweifeln Sie nicht! Bei manchen Distributionen fehlen nur bestimmte Pakete, die zum Kompilieren benötigt werden. Zu den notwendigen Paketen zählen u. a.:

- ▶ *openssl* und *openssl-devel* (auch *libssl-dev*)
- ▶ *lzo* und *lzo-devel* (auch *liblzo-dev*)
- ▶ *pam* und *pam-devel* (auch *libpam0g-dev*)

Bei mir fehlten unter *Debian 5.0* zusätzlich noch die Pakete *build-essential*, *make* und *bin86*.

Laden Sie nun den Quellcode von der OpenVPN-Homepage herunter. Im ersten Schritt muss dieser zunächst entpackt werden:

```
tar -x -z -f openvpn-2.1.3.tar.gz
```

Danach wechseln Sie in das neue Verzeichnis und kompilieren den Code:

```
cd openvpn-2.1.3/
./configure
make
```

Nach dem erfolgreichen Kompilieren können Sie OpenVPN als root-Benutzer installieren:

```
make install
```

Bis auf die gerade genannten kleinen Probleme wegen fehlender Pakete funktioniert bei mir die Installation des Quellcodes unter *Debian* und *Gen-too* ohne Weiteres.

**[!] Achtung**

Beim Entpacken des Quellcodes wurden auch Beispielskripte und andere Tools entpackt (unter `sample-...`). Diese können Ihnen später noch hilfreich sein. Löschen Sie sie daher vorläufig nicht.

**rpmbuild**

Die Installation mit *rpmbuild* ist ebenfalls simpel. Zunächst werden die gleichen Pakete wie auch beim Kompilieren benötigt. Dann wird der Quellcode zunächst übersetzt und mit *rpm* installiert. Hierfür benötigt man root-Rechte:

```
rpmbuild -tb openvpn-2.1.3.tar.gz
rpm -ivh openvpn-2.1.3.rpm
```

Wie bereits erwähnt, sollte diese Routine allerdings nur bei RPM-basierten Distributionen eingesetzt werden.

Nach der Installation befinden sich die Konfigurationsdateien unter */etc/openvpn*. Falls dieser Ordner nach der Installation nicht vorhanden ist, müssen Sie ihn mit root-Rechten selbst anlegen.

**Kernel**

Um Verbindungen herzustellen, wird das sogenannte *TUN-* oder *TAP-Device* benutzt. Dieses muss vom Kernel unterstützt werden oder als Modul vorhanden sein. In den meisten Distributionen ist es standardmäßig mit eingebunden. Wenn Sie einen eigenen Kernel benutzen oder bei Problemen müssen Sie (natürlich als root) die im Folgenden beschriebene Einstellung aktivieren.

Zunächst rufen Sie das Konfigurationsmenü für den Kernel auf:

```
cd /usr/src/linux
make menuconfig
```

Wechseln Sie nun in den Unterpunkt **DEVICE DRIVERS • NETWORK DEVICE SUPPORT** und aktivieren Sie dort den Eintrag **UNIVERSAL TUN/TAP DEVICE DRIVER SUPPORT** als Modul (empfohlen) oder bauen ihn fest in den Kernel ein (siehe Abbildung 3.1).

```
.config - Linux Kernel v2.6.24-gentoo-r8 Configuration

-- Network device support --
Arrow keys navigate the menu. <Enter> selects submenus --->.
Highlighted letters are hotkeys. Pressing <Y> includes, <N> excludes,
<M> modularizes features. Press <Esc><Esc> to exit, <?> for Help, </>
for Search. Legend: [*] built-in [ ] excluded <M> module < >

-- Network device support
[*] Netdevice multiple hardware queue support
< > Dummy net driver support
< > Bonding driver support
< > MAC-VLAN support (EXPERIMENTAL)
< > EQL (serial line load balancing) support
<M> Universal TUN/TAP device driver support
< > Virtual ethernet pair device
< > General Instruments Surfboard 1000
< > ARCnet support --->
< > PHY Device support and infrastructure --->
v(+)
```

Abbildung 3.1 Wichtig ist die Einstellung Universal TUN/TAP ...

Falls Sie später nicht nur einfache Punkt-zu-Punkt-Verbindungen herstellen, sondern komplette Netzwerke *bridgen* (überbrücken) wollen, müssen Sie auch noch unter NETWORKING • NETWORKING SUPPORT • NETWORKING OPTIONS das 802.1D ETHERNET BRIDGING aktivieren (siehe Abbildung 3.2). Wie auch die TUN- und TAP-Devices ist diese Option in den meisten Standardkernen jedoch bereits aktiviert.

```
^(-)
< > The SCTP Protocol (EXPERIMENTAL) --->
< > The TIPC Protocol (EXPERIMENTAL) --->
< > Asynchronous Transfer Mode (ATM) (EXPERIMENTAL)
<M> 802.1d Ethernet Bridging
< > 802.1Q VLAN Support
< > DECnet Support
< > ANSI/IEEE 802.2 LLC type 2 Support
< > The IPX protocol
< > Appletalk protocol support
< > CCITT X.25 Packet Layer (EXPERIMENTAL)
< > LAPB Data Link Driver (EXPERIMENTAL)
v(+)
```

Abbildung 3.2 Ethernet Bridging

Nach der Einstellung müssen Sie, je nach Auswahl, entweder den kompletten Kernel oder aber nur die Module neu kompilieren.

Bei fester Implementierung im Kernel:

```
make bzImage
```

Vergessen Sie nicht die Integration des neuen Kernels in den Bootloader.

Als Modul: `make modules modules_install`

Benutzung als Modul: `modprobe tun`

Gelegentlich kommt es auch zu Problemen beim Erstellen von Modulen, wenn ein Standardkernel verwendet wird. In diesem Fall müssen Sie sich leider auch einen eigenen Kernel kompilieren, da die Module ansonsten nicht zum Kernel passen.

### 3.1.2 Installation unter Windows

Windows-Benutzer finden eine Version auf der OpenVPN-Homepage (<http://www.openvpn.net>).

#### [!] Hinweis

In diesem Buch verwende ich Windows 7. In der Erstauflage des Buches wurde noch Windows XP eingesetzt. Sie können daher davon ausgehen, dass es auch unter XP keine Probleme gibt.

Bei der Installation wird u. a. auch ein Eintrag in der Umgebungsvariable PATH vorgenommen. Dadurch müssen Sie bei späteren Aktionen in der Eingabeaufforderung keine kompletten Pfadangaben benutzen.

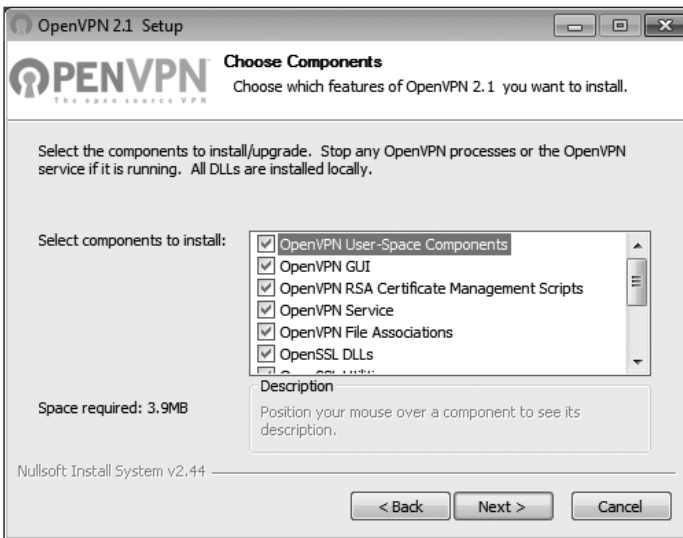


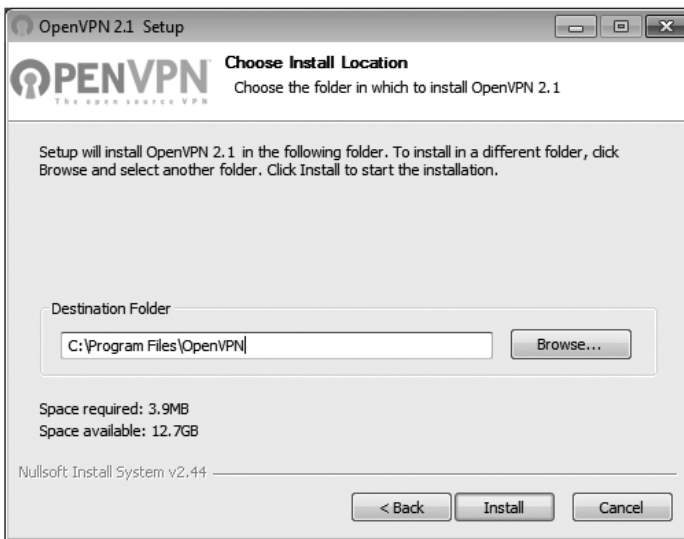
Abbildung 3.3 Start der Installation unter Windows

Als Zielordner sollte man den Standardordner beibehalten, da ich diesen auch in den Beispielen verwende. Vergleichen Sie hierzu Abbildung 3.4 und beachten Sie bitte auch den folgenden Hinweis.

#### Hinweis

[!]

Seit Windows Vista hat Microsoft Änderungen an den Systempfaden vorgenommen. Die Ihnen sicher gut bekannten Pfade *C:\Dokumente und Einstellungen* bzw. *C:\Programme* sind nur noch sogenannte *Verbindungen* zu *C:\User* bzw. *C:\Program Files*. Daher kann es zu Irritationen bei den Pfaden kommen. Der Explorer zeigt z. B. *C:\Programme* noch an, manche Programme zeigen jedoch stattdessen den Originalpfad. Vergleichen Sie einfach in der Eingabeaufforderung die Ausgabe von `dir /ogn C:\` und `dir /ah /ogn C:\`. Aus Gründen der Abwärtskompatibilität funktionieren sowohl die alten als auch die neuen Pfadangaben. Allerdings sollten ab Windows Vista in Skripten o.Ä. die neuen Pfade verwendet werden. Achten Sie dabei darauf, Pfade mit »Program Files« wegen des Leerzeichens in Anführungszeichen zu setzen.



**Abbildung 3.4** Als Ziel sollte der Standardordner verwendet werden.

Während der Installation wird ein Treiber für das TUN-/TAP-Device installiert (*TAP-Win32 Adapter V9*). Dieser hat keine Windows-Signatur. Die Warnmeldung müssen Sie jedoch mit **INSTALLIEREN** bestätigen, da OpenVPN ohne diesen Treiber nicht lauffähig ist.



**Abbildung 3.5** Bestätigen des Treibers

In manchen Fällen wird das Device nicht korrekt installiert. Die Installation kann in einem solchen Fall mit dem Skript *addtap.bat* nachgeholt werden. Es ist im Verzeichnis *C:\Program Files\OpenVPN\bin\* zu finden.

Nach Abschluss der Installation befindet sich im Startmenü ein neuer Eintrag mit dem Namen *OpenVPN* und in den Netzwerkeigenschaften ein neuer Netzwerkadapter (der keine Verbindung hat).

Unter Windows sind die Konfigurationsdateien unter *C:\Program Files\OpenVPN\config* zu finden.



**Abbildung 3.6** [www.tunnelblick.net](http://www.tunnelblick.net)



### 3.1.3 Installation unter Mac OS X

Die Version für Apple-Rechner finden Sie nicht auf der OpenVPN-Homepage, sondern unter <http://www.tunnelblick.net> (oder unter <http://code.google.com/p/tunnelblick>). Dort erhalten Sie die aktuelle OpenVPN-Version inklusive einer grafischen Oberfläche zum Verwalten der Verbindungen.

Die Konfigurationsdateien können Sie unter `Users/BENUTZERNAME/Library/openvpn` finden.

## 3.2 bridge-utils

Die *bridge-utils* werden unter Linux benötigt, um eine Netzwerkbrücke einzurichten. Dies ist u. a. bei Ethernet-Tunneln notwendig. Sie sind in allen mir bekannten Distributionen enthalten. Aktuell ist zurzeit die Version 1.4.

### Hinweis

Wenn Sie nur Peer-to-Peer-Verbindungen aufbauen wollen, benötigen Sie die *bridge-utils* nicht.

[!]

### 3.2.1 Installation unter Linux

Die Installation der *bridge-utils* können Sie unter Linux auf die nachfolgend beschriebenen zwei Arten vornehmen:

#### Installation mit einem Paketmanager

Die Installation mit einem Paketmanager können Sie entweder in der grafischen Oberfläche oder wie in Tabelle 3.2 dargestellt in einer Konsole als `root` vornehmen.

System	Befehl
SUSE/openSUSE	<code>yast -i bridge-utils</code>
Debian	<code>apt-get install bridge-utils</code>
Ubuntu	<code>apt-get install bridge-utils</code>
Gentoo	<code>emerge bridge-utils</code>
FreeBSD	<code>pkg_add -r bridge-utils</code>
Fedora	<code>yum install bridge-utils</code>

**Tabelle 3.2** Installation von *bridge-utils* auf UNIX/Linux-Systemen

## Installation des Quellcodes

Die Quelldateien der *bridge-utils* können Sie unter <http://sourceforge.net/projects/bridge/> downloaden.

Diese müssen dann zunächst entpackt werden:

```
tar -x -z -f bridge-utils-1.4.tar.gz
```

Die Kompilierung und Installation erfolgt schließlich (mit root-Rechten) durch ein Skript:

```
cd bridge-utils-1.4
./install.sh
```

### 3.2.2 Installation unter Windows

Unter Windows richten Sie eine Netzwerkbrücke in den Eigenschaften der Netzwerkverbindungen ein. Sie benötigen dabei keine zusätzliche Software. Diese Brücke muss jedoch erst aktiviert werden, wenn Sie zu dem Beispiel »Ethernet-Tunnel« in Abschnitt 5.7.4 kommen.

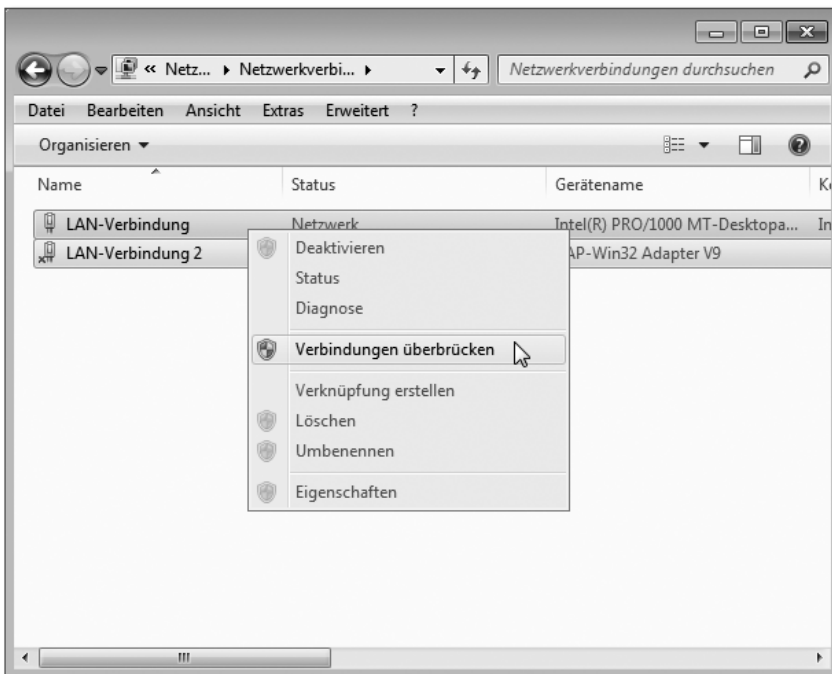





Abbildung 3.7 Verbindungen überbrücken unter Windows

Markieren Sie hierzu die betroffenen Verbindungen, und wählen Sie im Kontextmenü die Option **VERBINDUNGEN ÜBERBRÜCKEN**. Danach befindet sich in den Netzwerkeigenschaften eine neue *Netzwerkbrücke* (siehe Abbildung 3.8).

Name	Status	Gerätename
 LAN-Verbindung	Aktiviert, überbrückt	Intel(R) PRO/1000 MT-Desktopa...
 LAN-Verbindung 2	Netzwerkabel wurde entfernt	TAP-Win32 Adapter V9
 Netzwerkbrücke	Netzwerk	MAC Bridge Miniport

**Abbildung 3.8** Die fertige Netzwerkbrücke

## 3.3 OpenSSL

Das freie Paket *OpenSSL* wird benötigt, um eigene Schlüssel und Zertifikate zu generieren. Die Homepage lautet <http://www.openssl.org>. Wie bereits erwähnt, können Sie auch auf die Installation verzichten und die OpenVPN-Tools zum Erstellen der Zertifikate nutzen.

### 3.3.1 Installation unter Linux

OpenSSL ist schon seit Jahren fester Bestandteil fast aller Linux-Distributionen. Den aktuellen Sourcecode finden Sie auf der Homepage. Er wird jedoch nur sehr selten benötigt.

System	Befehl
SUSE/openSUSE	<code>yast -i openssl</code>
Debian	<code>apt-get install openssl</code>
Ubuntu	<code>apt-get install openssl</code>
Gentoo	<code>emerge openssl</code>
FreeBSD	<code>pkg_add -r openssl</code>
Fedora	<code>yum install openssl</code>

**Tabelle 3.3** Installation von OpenSSL auf UNIX/Linux-Systemen

In diesem Buch werde ich die Zertifikate mit OpenSSL unter Linux generieren. Anwender, die nur Windows benutzen wollen, können hierzu auf *Cygwin* zurückgreifen.

### 3.3.2 Cygwin – OpenSSL unter Windows

Mit Cygwin können Sie verschiedene Linux-Programme – u.a. auch OpenSSL – mit Windows benutzen. Cygwin ist jedoch kein Emulator. Die Programme wurden alle für Windows angepasst und kompiliert. Die aktuelle Version finden Sie unter <http://www.cygwin.com>.

Die Installation erfolgt über das Internet.



**Abbildung 3.9** Start der Installation von »Cygwin« (unter Windows XP)

Falls Sie die Zertifikate unter Windows erstellen möchten, stellen Sie sicher, dass das Paket OpenSSL mit installiert wird. Sie finden es in der Sektion *net* (siehe Abbildung 3.10).

Nach der Installation öffnet sich beim Start von Cygwin eine Eingabeaufforderung, ähnlich der von Windows, mit dem kleinen Unterschied, dass sie sich wie eine Linux-Konsole verhält.

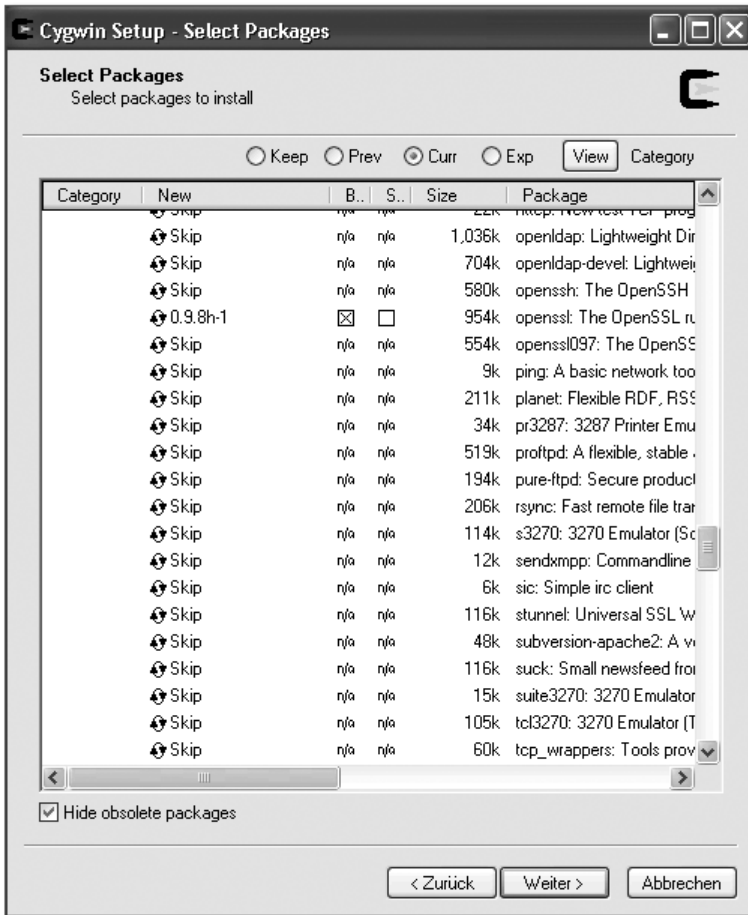


Abbildung 3.10 OpenSSL aktivieren

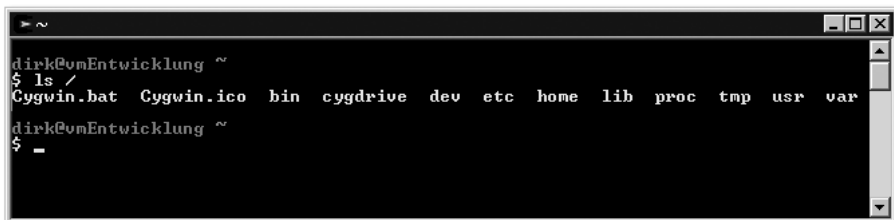


Abbildung 3.11 Cygwin-Fenster

### 3.4 Grafische Oberflächen

Ich werde in diesem Buch OpenVPN hauptsächlich im Kern beschreiben, und zwar in der *Konfigurationsdatei*. Diese müssen Sie mit einem Texteditor bearbeiten und im entsprechenden Verzeichnis ablegen. Es gibt aber auch grafische Oberflächen für OpenVPN. Einige dieser Tools will ich Ihnen hier nun kurz vorstellen.

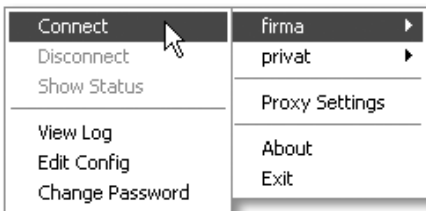
Allerdings muss ich gleich vorwegschicken, dass die meisten der GUIs nicht wirklich dafür geeignet sind, OpenVPN zu konfigurieren. Die Tools dienen hauptsächlich zum Verwalten der VPN-Verbindungen. Sie kommen also an der Bearbeitung der Konfigurationsdatei in einem Editor nicht vorbei. Aber allein das Verwalten der Verbindungen über eine grafische Oberfläche kann, gerade bei vielen verschiedenen Verbindungen, sehr hilfreich sein.

Außer den hier vorgestellten grafischen Oberflächen existieren auch noch weitere. Eine aktuelle Aufzählung finden Sie auf der OpenVPN-Homepage. Des Weiteren finden Linux-Benutzer häufig entsprechende Tools in der verwendeten grafischen Oberfläche (meist KDE oder Gnome). Ubuntu bietet z. B. im *Network Manager* die Möglichkeit an, OpenVPN-Verbindungen zu verwalten.

#### 3.4.1 OpenVPN GUI für Windows

Die (fast) offizielle grafische Oberfläche für OpenVPN nennt sich *OpenVPN GUI* (*Graphical User Interface*). Diese wird ab der Version 2.1 mitgeliefert. Sie selbst ist zurzeit in der Version 1.0.3 vorhanden.

Die Oberfläche bietet keine Konfigurationsmöglichkeiten. Der Menüeintrag `EDIT CONFIG` bewirkt lediglich, dass die entsprechende Konfigurationsdatei im Standardeditor (Notepad) geöffnet wird.



**Abbildung 3.12** OpenVPN GUI

Dafür erleichtert sie das Starten von VPN-Verbindungen. Normalerweise müssen diese in der Eingabeaufforderung mit Übergabe der entsprechenden Konfigurationsdatei gestartet werden. Dies kann bei mehreren Konfigurationen lästig werden. OpenVPN GUI zeigt hierzu auf einen Klick mit der rechten Maustaste automatisch sämtliche Verbindungen an. Diese müssen aber im Konfigurationsverzeichnis liegen und die Dateiendung *.ovpn* besitzen! Neue Einstellungen müssen Sie also zunächst selbst im Editor erstellen und dort abspeichern.

### 3.4.2 OpenVPN Control

*OpenVPN Control* dient wie auch OpenVPN GUI zum Verwalten der VPN-Verbindungen. Allerdings ist es eine plattformunabhängige Oberfläche, die sowohl unter Windows, Linux und Mac OS X läuft. Die GUI wurde dazu in Perl und TK entwickelt. Die aktuelle Version finden Sie unter:

<http://sourceforge.net/projects/openvpn-control/>

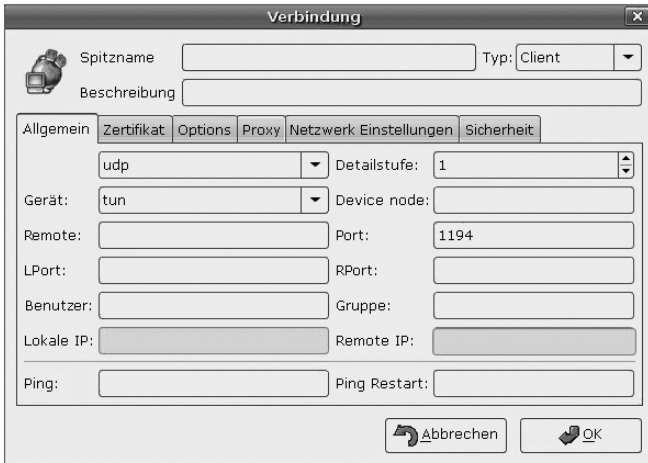


Abbildung 3.13 OpenVPN Control unter Windows

### 3.4.3 OpenVPN-Admin

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen GUIs können Sie mit *OpenVPN-Admin* auch Verbindungen konfigurieren. Es ist daher ein vielversprechendes Tool. Programmiert wurde es in *Mono* und ist unter Linux und Windows lauffähig.

OpenVPN-Admin wie auch OpenVPN Control können Sie auf den Sourceforge-Seiten unter <http://sourceforge.net/projects/openvpn-admin/> finden.



**Abbildung 3.14** OpenVPN-Admin unter Linux

### 3.4.4 Tunnelblick für Mac OS X

Die eingangs erwähnte Software »Tunnelblick« ist auch gleichzeitig die grafische Oberfläche für Mac OS X-Benutzer.

Die aktuelle Version für Ihren Mac können Sie auf der Tunnelblick-Homepage <http://www.tunnelblick.net> (oder unter <http://code.google.com/p/tunnelblick>) finden.

### 3.4.5 Viscosity

Ich möchte hier auch noch einen kommerziellen Client für Mac OS X erwähnen. Er nennt sich »Viscosity« und kostet zurzeit »nur« 9\$. Im Gegensatz zu Tunnelblick ist es mit diesem Client möglich, einen DNS-Server zu übergeben.

Die URL dieses Clients lautet:

<http://www.viscosityvpn.com>

## 3.5 Sonstiges

Zum Abschluss des Kapitels möchte ich Ihnen noch kurz einige Hinweise geben, die Ihnen weiterhelfen können, wenn z.B. Pakete für die Installation unter Linux fehlen.



### 3.5.1 Weitere Quellen

Wenn bestimmte Pakete fehlen und Sie diese nicht im Paketmanager Ihres Vertrauens finden, können Sie es auch unter folgenden URLs versuchen:

- ▶ Allgemeine Seite für *rpm*- und *Debian*-Pakete:  
*<http://rpmseek.com>*
- ▶ Homepage für Open-Source-Entwicklungen (fast immer Quellcode):  
*<http://sourceforge.net>*
- ▶ Linux Application Finder:  
*<http://www.linuxappfinder.com>*
- ▶ Großer Index für UNIX- und plattformübergreifende Software:  
*<http://freshmeat.net>*

### 3.5.2 Virtuelle Maschinen

Wie bereits erwähnt, setze ich bei Tests häufig auch *VMware* oder *Virtual-Box* ein. Auf deren Installation werde ich hier jedoch nicht weiter eingehen. Im Internet bzw. auf den jeweiligen Homepages existieren zahlreiche Anleitungen und Tipps zu deren Einsatz. *VirtualBox* ist im Gegensatz zu *VMware* in vielen Distributionen bereits als Paket enthalten:

- ▶ *VirtualBox*: *<http://www.virtualbox.org>*
- ▶ *VMware Server*: *<http://www.vmware.com>*

# Index

# 148  
1194 → Port 1194  
3DES → Data Encryption Standard  
802.11 72

## A

---

Abschlusswiderstand 47  
Access Control Lists 200  
Access Point 71  
ACL 200  
adaptive 229  
addtap.bat 94  
Advanced Encryption Standard 110  
AES 110  
AH 27  
Alert 107  
allow-nonadmin 281  
Android 210  
A-Netz 61  
Anwendungsschicht 44, 59  
Application Data 107  
askpass 276  
Asymmetrische Verschlüsselung 113  
auth 172, 273  
Authentication Header 27  
Authentifikation 105  
Authentifizierung 108, 184  
auth-pam 190, 220  
auth-retry 273  
auth-user-pass 184, 272  
auth-user-pass-verify 184, 185, 271  
auto-proxy 251

## B

---

Bandbreite 230  
Basic Service Set 73  
Benutzer 222  
BF-CBC 108  
bind 254  
Bitübertragungsschicht 46, 60  
Blowfish 110  
BNC 47  
B-Netz 62

bridge-utils 95, 179  
Bridging 86  
Bridging-Modus 30  
Broadcast-Adresse 63  
BSS 73  
build-ca.bat 128  
build-key.bat 129  
build-key-server.bat 129  
Bus-Netzwerk 46  
bytecount 195

## C

---

C2G 34  
C2N 35  
CA 116, 117  
ca 166, 275  
ca.cnf 118  
ca.key 120  
Carrier Sense 52  
CD 52  
cd 156  
cd (OpenVPN) 264  
cert 166, 275  
Certificate Request 121  
Certificate Revocation List 116, 124  
Certification Authority 116, 117  
Change Cipher Spec 107  
chroot (OpenVPN) 264  
Cipher 108  
cipher 173, 273  
Cipher Spec 107  
Cipher Suite 108  
clean-all.bat 127  
client 146  
client (OpenVPN) 272  
client-cert-not-required 272  
client-config-dir 178, 270  
client-connect 270  
client-disconnect 270  
Client-Modus (WLAN) 73  
Client-Optionen 272  
client-to-client 183, 269  
Client-to-Gateway 34  
Client-to-Gateway-Verbindung 163

Client-to-Network 35  
Client-to-Network-Verbindung 168, 191  
C-Netz 62  
Collision Detection 52  
Common Name 121  
comp-lzo 173, 229, 266  
config 248  
config\_dir 226  
config\_ext 227  
connect-freq 178  
connect-retry 251  
connect-retry-max 251  
CRL 116, 124  
crlnumber 120  
crls 119  
crl-verify 166, 276  
Cronjob 124  
CS 52  
CSMA/CD 52  
Cygwin 98

## D

---

daemon 264  
Dämon 224  
Darstellungsschicht 44  
Data Channel Encryption 273  
Data Encryption Standard 110  
Datenverkehr 55  
Debug-Level 159  
Default-Routing 70  
Department of Defense 58  
DES → Data Encryption Standard  
dev 156, 254  
Device 85  
dev-node 256  
dev-type 255  
dh 165, 275  
DHCP 55  
dhcp-option 172, 233, 279  
dhcp-release 281  
dhcp-renew 281  
Dienst 225  
Diffie-Hellman 108  
Diffie-Hellman-Parameter 116, 120  
digitale Signatur 114  
DISABLE-NBT 280  
disable-occ 264  
DNS 66, 172, 233

DoD-Schichtenmodell 58  
Domain Name System 66  
Domainname 66  
Domäne 66  
down 236  
down (OpenVPN) 263  
down-pre 263  
dsniff 22  
duplicate-cn 221, 270  
Dynamic Host Configuration Protocol 55  
Dynamisches Routing 70

## E

---

easy-rsa 127  
echo 265  
Encapsulated Security Payload 27  
ESP 27  
ESS 73  
ESSID 73  
Ethernet 50, 52  
Ethernet-Adresse 53  
Ethernet-Tunnel 35, 179  
exe 279  
exe\_path 227  
exit 195  
Extended Service Set 73  
Extended Service Set Identifier 73  
extensions server 220

## F

---

fast-io 265  
Fehler 237  
Fehlermeldungen 243  
File Transfer Protocol 23, 56  
Firewall 37, 76, 81, 138  
Flags 70  
float 253  
forward 140  
Forward Lookup 69  
FQDN 66  
fragment 157, 259  
Frame 53  
FreeNX 26  
FreeS/WAN 26  
FTP 18, 23, 56  
Funknetzwerk 71

**G**


---

G2G 34, 149  
 GAN 55  
 Gateway 86, 233  
 Gateway-to-Gateway 34  
 Gateway-to-Gateway-Verbindung 149  
 genkey 111  
 Global Area Network 55  
 Gnome 100  
 GNU General Public License 28  
 GnuTLS 106  
 GPL 28  
 Grafische Oberflächen 100  
 group 222  
 group (OpenVPN) 264

**H**


---

Handshake 107  
 Hardwareadresse 53  
 help 38, 195, 248  
 Hostname 66  
 Host-to-Host-Verbindung 145  
 HTTP 56  
 http-proxy 251  
 http-proxy-retry 252  
 http-proxy-timeout 252  
 HTTPS 29, 56, 107  
 Hub 50, 53  
 Hypertext Transfer Protocol 56  
 Hypertext Transfer Protocol Secure 56

**I**


---

ICMP 58  
 IETF 106  
 ifconfig 77, 83, 158, 256  
 ifconfig-noexec 256  
 ifconfig-nowarn 257  
 ifconfig-pool 269  
 ifconfig-pool-persist 171, 269  
 IGMP 58  
 IGRP 71  
 IKE 27  
 IMAP 56  
 inactive 260  
 index.txt 120, 128  
 inetd 265

Infrastruktur-Modus 73  
 Initialization Sequence Completed 143, 152  
 Interior Gateway Routing Protocol 71  
 Internet Control Message Protocol 58  
 Internet Engineering Task Force 106  
 Internet Group Management Protocol 58  
 Internet Key Exchange 27  
 Internet Message Access Protocol 56  
 Internet Protocol 57, 60  
 Internet Protocol Security 26  
 Internetprotokoll 58  
 Internetprotokollfamilie 58  
 Internetschicht 60  
 IP 57, 60, 69  
 IP-Adresse 60  
 ipapi 278, 279  
 ipchange 253  
 ipconfig 77  
 IPEnableRouter 141  
 IP-Forward 235  
 IP-Forwarding 140  
 iproute 256  
 IPSec 29  
 iptables 140, 205  
 IP-Tunnel 153  
 IPv4 60  
 IPv6 60  
 ip-win32 278  
 IPX 57  
 iroute 269  
 ISO/OSI-Schichtenmodell 42  
 Issuer 115

**K**


---

Kategorie 7 53  
 KDE 100  
 keepalive 171, 261  
 key 166, 275  
 keysize 274  
 kill 196  
 Klartext 19, 22  
 Kommentare 148  
 Konfigurationsdatei 147  
 Konsolenzugriff 22  
 Kupferkabel 53

**L**

---

LAN 54  
 LDAP 57, 189  
 link-mtu 259  
 lladdr 256  
 local 182, 249  
 Local Area Network 54  
 log 162, 265  
 log\_append 227  
 log\_dir 227  
 log-append 162, 265  
 Login 184  
 Loopback 263  
 lport 254

**M**

---

MAC 52  
 MAC-Adresse 53  
 make\_ca.sh 283  
 make\_cert.sh 285  
 make\_crl.sh 287  
 MAN 54  
 man 38  
 management 194, 267  
 management-forget-disconnect 267  
 Management-Interface 193  
 management-query-passwords 195, 267  
 management-signal 267  
 Manual-Page 38  
 mars 37  
 master secret 115  
 max-clients 230, 271  
 Maximum Transmission Unit 157  
 max-routes-per-client 271  
 Metropolitan Area Network 54  
 Mgt 212  
 Mischformen 51  
 mknod 135  
 mode 146, 156, 170, 250  
 mssfix 158, 260  
 MTU-Probleme 241  
 mtu-test 241, 259  
 Multi-Client-Verbindung 138, 145  
 Multiple Access 52  
 mute 266  
 mute-replay-warnings 274

**N**

---

N2N 35  
 Namensauflösung 66  
 Nameserver 69  
 NAT 85, 207  
 National Institute of Standards and Technology 106  
 NBDD 279  
 NBS 280  
 NBT 279  
 net 199  
 NetBEUI 58  
 Netscape 106  
 netsh 278  
 Network Address Translation 85, 207  
 Network Manager 100  
 Network-to-Network 35  
 Network-to-Network-Verbindung 175, 269  
 Netzmaske 63  
 Netzwerkadresse 61, 63  
 Netzwerkanschluss 85  
 Netzwerkbereich 61  
 Netzwerkbrücke 86  
 Netzwerkkarte 83, 85  
 Netzwerkkarte 85  
 Netzwerkkategorie 61  
 newcerts 119  
 Newsgroups 39  
 nice 265  
 NIST 106  
 nobind 254  
 no-replay 274  
 Normaler Benutzer 231  
 Notepad++ 149  
 ns-cert-type 221, 277  
 nslookup 79  
 NTP 279

**O**

---

Open Systems Interconnection Reference Model 42  
 OpenSSL 97, 106  
 openssl.cnf 118  
 openssl.exe 128  
 Openswan 27

OpenVPN 28  
*Connection Manager* 210  
*Control* 101  
*for PocketPC* 209  
*GUI* 100  
OpenVPN-Admin 101  
Optionen 247  
Organization Name 121  
Organizational Unit Name 121  
OSI-Schichtenmodell 42  
ovpn 147

## P

---

P12 123  
p12 119  
Paket 53  
Paketgröße 157  
PAM 189  
PAN 54  
password 198  
pause-exit 281  
PDA 209  
persist-key 183, 262  
persist-local-ip 262  
persist-remote-ip 262  
persist-tun 183, 262  
Personal Area Network 54  
Personal Firewall 76  
ping 78, 261  
ping-exit 261  
ping-restart 261  
ping-timer-rem 262  
PKCS#12 116, 122  
pkcs12 166, 276  
PKI 116  
Pluggable Authentication Modules 189  
plugin 192  
Plugins 189  
PocketPC 209  
Point-to-Point-Verbindung 145  
POP3 56  
port 157  
port (OpenVPN) 254  
Port 1194 139  
Portfreigabe 140  
Portnummern 65  
port-share 272  
Post Office Protocol 56

pre-master Secret 115  
Prerouting 207  
preshared key 109  
priority 227  
private 119  
Private Key 113  
proto 157, 174, 250  
Protokolle 55  
Proxy 200  
Public Key 113  
Public Key Infrastructure 116  
pull 146, 172, 272  
Punkt-zu-Punkt-Verbindung 145  
Punkt-zu-Punkt-Verbindungen 137  
Punycode 67  
push 171, 232, 268  
push-Optionen 232  
push-reset 269

## Q

---

quit 195

## R

---

RADIUS 189  
rcvbuf 260  
RDP 26  
Rechneradresse 61  
Rechnername 66  
Record Layer 107  
redirect-gateway 183, 204, 258  
Reichweite 73  
remap-usr1 266  
remote 156, 249  
Remote Authentication Dial-In User  
  Service 189  
Remote Desktop Protocol 26  
remote-random 230, 250  
Repeater 48, 85  
Repeating-Modus 73  
replay-persist 274  
resolv-retry 253  
Reverse Lookup 69  
Ring-Netzwerk 48  
Ringverteiler 49  
RIP 71  
Roadwarrior 33, 35  
Root-Domain 66

Route 69  
route 171, 178  
route (OpenVPN) 257  
route-delay 258  
route-gateway 257  
route-method 279  
route-metric 258  
route-noexec 258  
route-nopull 258  
Router 85  
route-up 258  
Routing 69, 138  
Routing Information Protocol 71  
Routing-Modus 30  
rport 254  
RSA 108  
Runlevel 228

## S

---

Samba 189  
Schichten 43  
Schichtenmodell 42  
Schlüsseltausch 108  
SCP 24  
Second-Level-Domain 67  
secret 111, 158, 273  
Secure Copy 24  
Secure Shell 24, 56  
Secure Sockets Layer 29, 106  
serial 120, 128  
server 170  
server (OpenVPN) 268  
server-bridge 183, 268  
Server-Login 184  
Server-Optionen 268  
Server-Zertifikate 220  
Session Key 115  
setenv 263  
SFTP 19, 24  
shaper 230, 260  
show-adapters 281  
show-ciphers 109, 277  
show-digests 277  
show-net 281  
show-net-up 280  
show-tls 277  
Sicherheit (WLAN) 74  
Sicherheitsschicht 45  
SIGHUP 282  
SIGINT 282  
signal 198  
Signale 282  
SIGTERM 282  
SIGUSR1 282  
SIGUSR2 282  
Simple Mail Transfer Protocol 56  
Sitzungsschicht 44  
Skripte 283  
Smartphone 209  
SMTP 56  
sndbuf 260  
socket-flags 260  
socks-proxy 252  
socks-proxy-retry 253  
sonne 36  
sputnik 37  
SPX 57  
SSH 24, 56  
SSH File Transfer Protocol 24  
SSL 29, 106  
SSL-Informationen 277  
Stammzertifikat 115, 120  
Standalone 248  
Standardgateway 233  
state 198  
Static Key 109  
statischer Schlüssel 109  
Statisches Routing 70  
status 196  
status-version 266  
Stern-Bus-Netz 51  
Stern-Netzwerk 49  
Stern-Stern-Netz 51  
strongSwan 27  
Subject 115  
Subnetmask 63  
Subnetze 60  
suppress-timestamps 265  
Switch 50, 53  
symmetrische Verschlüsselung 109  
Syntaxfehler 238  
syslog 163, 264  
Systemzeit 240  
Szenario 32

**T**


---

TAP-Device 30  
 tap-sleep 280  
 TAP-Win32 136  
 TCP 57, 64  
 TCP/IP 58  
 tcp-client 174  
 tcpdump 22  
 tcp-queue-limit 271  
 tcp-server 174  
 Telnet 22  
 telnet 194  
 Testverbindung 142  
 TLS 29, 106  
 tls-client 165, 275  
 TLS-Mode 274  
 tls-remote 178, 276  
 tls-server 165, 275  
 tmp-dir 271  
 Token 48  
 Token-Ring 48  
 Top-Level-Domain 67  
 Topologien 46  
 topology 255  
 Transmission Control Protocol 57, 64  
 Transport Layer Security 29, 106  
 Transportschicht 45, 59  
 Triple-DES 110  
 TUN-/TAP-Device 86  
 TUN-Device 30  
 tun-ipv6 255  
 tun-mtu 157, 259  
 tun-mtu-extra 259  
 Tunnel 20, 138  
 Tunnelblick 95, 102  
 Tunnel-Optionen 249  
 Twisted Pair 53  
 Twofish 110  
 txqueuelen 260

**U**


---

UDP 57, 65  
 up 236  
 up (OpenVPN) 262  
 up-delay 263  
 up-restart 263  
 user 222

user (OpenVPN) 264  
 User Datagram Protocol 57, 65  
 username 197

**V**


---

vars.bat 127  
 verb 159, 266  
 Verbindungsarten 145  
 verbindungsorientiert 64  
 Vermittlungsschicht 45  
 Verschlüsselung 29, 108  
 Verschlüsselungsarten 105  
 version 199, 249  
 via-env 185  
 via-file 185  
 Virens scanner 75  
 Virtual Network Computing 25  
 Virtual Private Network 18  
 VirtualBox 32, 103  
 Virtuelle Maschinen 103  
 virtuelles Netzwerk 136, 153  
 Virtuelles Netzwerkinterface 86  
 virtuelles privates Netzwerk 18  
 VMware 32, 103  
 VNC 25  
 VPN 18  
 VPN, Alternativen 20, 21  
 VPN-Gateway 33  
 VPN-Tunnel 20, 138, 153

**W**


---

WAN 54  
 Warnmeldungen 244  
 Weiterleitung 139  
 WEP-Verschlüsselung 74  
 Wide Area Network 54  
 Widerrufliste 124  
 Wi-Fi Protected Access 75  
 Windows Mobile 209  
 Windows-Firewall 142  
 Windows-spezifische Optionen 278  
 WINS 279  
 Wired Equivalent Privacy 75  
 Wireless LAN 54, 199, 210  
 Wireless Local Area Network 71  
 WLAN 35, 54, 71, 199, 210



WPA-Verschlüsselung 75  
writepid 265

## **X**

---

X.500 Distinguished Name 114  
X509 113

## **Z**

---

Zeilenwechsel 148  
Zentrale 32, 35  
zertifikatbasiert 163  
Zertifikate 121  
Zertifikatssperrliste 116  
Zertifizierungsstelle 113, 116, 117  
Zonen 69  
Zonenverwalter 69  
Zugriffsprobleme 240  
Zweigstelle 32, 35