

Einrichten und Verwalten von Netzwerkverbindungen mit NetworkManager

WAS?

NetworkManager ist ein dynamisches Netzwerksteuerungs- und Konfigurationstool, mit dem Sie die Betriebsbereitschaft Ihrer Netzwerkgeräte aufrechterhalten können.

WARUM?

Dieser Artikel bietet einen vollständigen Überblick über NetworkManager und erklärt, wie Sie Netzwerkverbindungen mit NetworkManager konfigurieren, verwalten, überwachen und bearbeiten können.

AUFWAND

Die Installation und Konfiguration von NetworkManager dauert 15 Minuten. Sie benötigen bis zu einer Stunde, um das Konzept und die Funktionen von NetworkManager vollständig zu verstehen.

ZIEL

Grundlegende Kenntnisse zur Verwaltung von Netzwerkverbindungen.

ANFORDERUNGEN

- Root-Zugriff zum Installieren und Verwalten von NetworkManager
- Ein Paketmanager zum Installieren von NetworkManager
- Grundlegendes Verständnis von Netzwerken und IP-Adressen

Veröffentlicht: 11.12.2025

Inhalt

- 1 Das Konzept von NetworkManager 3
- 2 Installieren und Konfigurieren von NetworkManager 3
- 3 Verwalten des NetworkManager-Daemons 5
- 4 Erstellen von Netzwerkverbindungen 6
- 5 Ändern von Netzwerkverbindungen 22
- 6 Aufbauen und Beenden von Netzwerkverbindungen 24
- 7 Überwachen von Netzwerkverbindungen 25
- 8 NetworkManager-Protokollierung 26
- 9 Die **nmcli**-Kommandoreferenz 28
- 10 Fehlersuche 36
- 11 Rechtliche Hinweise 39
- A GNU Free Documentation License 40

1 Das Konzept von NetworkManager

NetworkManager ist ein Werkzeug für die Verwaltung von Netzwerkverbindungen und -geräten. Mit NetworkManager können Sie Netzwerkverbindungen und -geräte erstellen, konfigurieren und verwalten.

NetworkManager wurde für SUSE Linux Enterprise Server so konzipiert, dass es standardmäßig vollautomatisch arbeitet. Es ist standardmäßig aktiviert und wird mit allen erforderlichen Service-Unit-Dateien zum Verwalten der primären Netzwerkverbindung und anderer Netzwerkschnittstellen geliefert. NetworkManager unterstützt die neuesten Verschlüsselungstypen und Standards für Netzwerkverbindungen, einschließlich Verbindungen zu Netzwerken, die nach 802.1X geschützt sind. 802.1X ist die anschlussbasierte Netzwerkzugriffsteuerung des IEEE-Standards für lokale und innerstädtische Netzwerke.

Sie können nahtlos zwischen kabelgebundenen oder drahtlosen Netzwerken wechseln, da NetworkManager automatisch eine Verbindung zu bekannten drahtlosen Netzwerken herstellt und mehrere Netzwerkverbindungen parallel verwaltet. Sie können auch manuell zwischen verfügbaren Netzwerken wechseln.

NetworkManager besteht in der Regel aus den folgenden Bereichen:

- NetworkManager-Daemon – Sie können mit dem Daemon über standardmäßige `systemd`-Kommandos interagieren
- `nmcli`-Kommandozeilenschnittstelle
- ncurses-Schnittstelle `nmtui`
- NetworkManager-Bibliotheken
- Konfigurationsdateien

2 Installieren und Konfigurieren von NetworkManager

Unter SUSE Linux Enterprise Server ist NetworkManager standardmäßig installiert und aktiviert und läuft daher von vornherein. Normalerweise müssen Sie es nicht neu installieren oder die Konfiguration ändern. Sollte dies jedoch erforderlich sein, finden Sie in diesen Abschnitten eine Anleitung.

2.1 Installieren von NetworkManager

Sie können NetworkManager mithilfe von **zypper** installieren. Nach der Installation können Sie NetworkManager so aktivieren, dass es beim Booten automatisch gestartet wird.

Installieren Sie NetworkManager:

```
> sudo zypper install NetworkManager
```

Aktivieren Sie NetworkManager:

```
> sudo systemctl enable NetworkManager
```

Sobald NetworkManager aktiviert ist, bleibt die Änderung auch nach Neustarts bestehen.

2.2 Konfigurieren des Verhaltens von NetworkManager

Das Verhalten von NetworkManager wird in seiner zentralen Konfigurationsdatei `/etc/NetworkManager/NetworkManager.conf` definiert.

Dies ist der primäre Ort zum Konfigurieren des Verhaltens und der Einstellungen von NetworkManager, einschließlich Protokollierung, Verbindungsverwaltung und Handhabung von Netzwerkgeräten.

Die Datei besteht aus Abschnitten mit Schlüssel-Wert-Paaren. Jedes Schlüssel-Wert-Paar muss zu einem Abschnitt gehören. Ein Abschnitt beginnt mit einem Namen in `[]`. Zeilen, die mit einem `#` beginnen, gelten als Kommentare. Eine gängige Konfiguration umfasst den Abschnitt `[main]` mit dem Wert `plugins`, `[logging]` und `[connectivity]`:

```
[main] ❶  
plugins=keyfile ❷  
dhcp=dhclient  
  
[connectivity] ❸  
uri=http://name.org  
  
[logging] ❹  
level=INFO  
domains=ALL
```

- ❶ Steuert die allgemeinen Einstellungen für NetworkManager.

- ② Verwaltet, wie die Verbindungsprofile gespeichert werden. Das [keyfile]-Plugin unterstützt alle Verbindungstypen und Funktionen von NetworkManager.
- ③ Definiert Verbindungsstandards und -optionen und gibt die URI zur Überprüfung der Netzwerkverbindung an.
- ④ Verwaltet die NetworkManager-Protokollierungsebenen und Domänen.

VORGEHEN 1: KONFIGURIEREN VON NETWORKMANAGER.CONF

Stellen Sie sicher, dass Sie eine Sicherungskopie der vorhandenen Konfigurationsdatei erstellen, bevor Sie die Datei ändern.

1. Öffnen Sie die Konfigurationsdatei:

```
> sudo vi /etc/NetworkManager/NetworkManager.conf
```

2. Schließen Sie den NetworkManager-Dienst:

```
> sudo systemctl stop network
```

3. Bearbeiten Sie die Bereiche.
4. Speichern Sie die Änderungen
5. Starten Sie NetworkManager:

```
> sudo systemctl start network
```

6. Zeigen Sie die vorhandene Konfiguration und Einstellungen an:

```
> sudo nmcli general show
```

3 Verwalten des NetworkManager-Daemons

Der NetworkManager-Daemon ist ein standardmäßiger systemd-Service, sodass Sie das Kommando systemctl zum Verwalten des Daemons verwenden können.

Sie können eines der folgenden Kommandos verwenden, um den NetworkManager-Daemon zu verwalten:

Prüfen des Status

So überprüfen Sie, ob der NetworkManager-Daemon ausgeführt wird und das Netzwerk daher aktiv sein sollte:

```
> systemctl status network
```

Neustarten des Daemons

Bei Netzwerkproblemen können Sie beispielsweise versuchen, den NetworkManager-Daemon mit dem folgenden Kommando neu zu starten:

```
> sudo systemctl restart network
```

Anhalten des Daemons

Sie können NetworkManager während Änderungen an der Netzwerkkonfiguration anhalten oder zur manuellen Steuerung wechseln. Sie können den Dienst auch zur Fehlerbehebung oder zum Debuggen von Netzwerkproblemen beenden. Durch das Stoppen von NetworkManager wird verhindert, dass die Schnittstelle automatisch verwaltet oder Ihre manuelle Konfiguration geändert wird. Sie können NetworkManager auch stoppen, um bestimmte Anforderungen für Netzwerkschnittstellen manuell zu erfüllen.

So stoppen Sie den NetworkManager-Daemon:

```
> sudo systemctl stop network
```

Starten des NetworkManager-Daemons

Wenn Sie den Daemon gestoppt haben, müssen Sie ihn erneut starten, um alle Netzwerkverbindungen zu verwalten:

```
> sudo systemctl start NetworkManager
```

4 Erstellen von Netzwerkverbindungen

Sie können mit dem `nmcli`-Kommando ein Netzwerkverbindungsprofil erstellen.

NetworkManager speichert alle Netzwerkkonfigurationen als ein Verbindungsprofil, d. h. eine Sammlung von Daten, die beschreiben, wie ein Netzwerk erstellt oder eine Verbindung zu einem Netzwerk hergestellt wird. Diese Verbindungsprofile werden standardmäßig als Datei-

en im Verzeichnis `/etc/NetworkManager/system-connections/` gespeichert. Jedes Netzwerkverbindungsprofil (WLAN, Ethernet, VPN) wird durch eine separate Datei in diesem Verzeichnis dargestellt.

Eine Verbindung ist eine Instanz eines bestimmten Verbindungsprofils, das aktiv ist, wenn ein bestimmtes Gerät die Verbindung verwendet. Für das Gerät ist möglicherweise mehr als ein Verbindungsprofil konfiguriert. Die anderen Verbindungen können Sie nutzen, um schnell von einer Verbindung zur anderen zu wechseln. Wenn zum Beispiel die aktive Verbindung nicht verfügbar ist, versucht NetworkManager, das Gerät mit einer anderen konfigurierten Verbindung zu verbinden.

Der NetworkManager-Daemon verwaltet Netzwerkverbindungen. Sie können über eine Kommandozeilenschnittstelle damit interagieren: `nmcli` oder über die ncurses-Schnittstelle: `nmtui`

4.1 Erstellen einer Ethernet-Verbindung

Konfigurieren Sie die Ethernet-Verbindung mit dem `nmcli`-Kommando und gehen Sie wie folgt vor:

1. Listen Sie die verfügbaren Geräte auf, um den genauen Gerätenamen zu erhalten:

```
> nmcli device
```

2. Sehen Sie sich die Liste der Verbindungen an, um sicherzustellen, dass der Profilname, den Sie verwenden möchten, nicht bereits vergeben ist:

```
nmcli connection show
```

NetworkManager erstellt für jeden NIC (Network Interface Controller, Netzwerkschnittstellenkarte) ein Profil. Um die Netzwerkkarte mit Netzwerken mit unterschiedlichen Einstellungen zu verbinden, müssen Sie für jedes Netzwerk separate Profile erstellen.

3. Erstellen Sie neue Verbindungsprofile:

```
> sudo nmcli connection add con-name CONNECTION_NAME ifname DEVICE_NAME type ethernet
```

4. Zeigen Sie die vorhandenen Netzwerkeinstellungen des neuen Verbindungsprofils an:

```
> nmcli connection show CONNECTION_NAME
```

5. Konfigurieren Sie das Verbindungsprofil. Die generische Kommandosyntax lautet wie folgt:

```
> sudo nmcli connection modify CONNECTION_NAMESETTINGVALUE
```

Die automatische Zuweisung von IP-Adressen (DHCP oder SLAAC) ist beispielsweise standardmäßig aktiviert und Sie möchten möglicherweise eine statische IP-Adresse konfigurieren:

- für IPv4

```
> sudo nmcli connection modify CONNECTION_NAME ipv4.method manual  
  ipv4.addresses 192.0.2.1/24 ipv4.gateway 192.0.2.254 ipv4.dns 192.0.2.200  
  ipv4.dns-search example.com
```

- für IPv6

```
> sudo nmcli connection modify INTERNAL-LAN ipv6.method manual ipv6.addresses  
  2001:db8:1::fffe/64 ipv6.gateway 2001:db8:1::fffe ipv6.dns 2001:db8:1::ffbb  
  ipv6.dns-search example.com
```

6. Aktivieren Sie das Profil:

```
> sudo nmcli connection up CONNECTION_NAME
```

7. Überprüfen Sie die Konfigurationen:

a. Überprüfen Sie die IP-Einstellungen des NIC:

```
> ip address show HOSTNAME
```

b. Überprüfen Sie das Standard-IPv4-Gateway:

```
> ip route show default
```

c. Überprüfen Sie das Standard-IPv6-Gateway:

```
> ip -6 route show default
```

d. Zeigen Sie die DNS-Einstellungen an:

```
> cat /etc/resolv.conf
```

4.2 Erstellen eines WLAN-Verbindungsprofils

Sie können mit dem `nmcli`-Kommando eine Verbindung zu einem WLAN herstellen. NetworkManager erstellt ein neues Verbindungsprofil, wenn Sie zum ersten Mal eine Verbindung zu einem WLAN-Netzwerk herstellen. Sie können das Profil konfigurieren, nachdem Sie eine Verbindung zum WLAN-Netzwerk hergestellt haben.

1. Aktivieren Sie den WLAN-Radio-Modus:

```
> sudo nmcli radio wifi on
```

2. Zeigen Sie eine Liste der verfügbaren Geräte an:

```
> sudo nmcli device
```

3. Bauen Sie eine Verbindung mit dem WLAN auf:

```
> sudo nmcli device wifi connect WI-FI_CONNECTION_NAMEPASSWORD
```

4. Zeigen Sie die vorhandenen Netzwerkeinstellungen des neuen Verbindungsprofils an:

```
> sudo nmcli connection show CONNECTION_NAME
```

5. Konfigurieren Sie das Verbindungsprofil nach Bedarf mit dem folgenden Kommando:

```
> sudo nmcli connection modify CONNECTION_NAMESETTINGVALUE
```

So konfigurieren Sie beispielsweise ein statisches IPv4:

```
> sudo nmcli connection modify WI-FI_CONNECTION_NAME ipv4.method manual  
ipv4.addresses IP_ADDRESS/SUBNET_MASK
```

So konfigurieren Sie eine statische IPv6-Adresse

```
> sudo nmcli connection modify WI-FI_CONNECTION_NAME ipv6.method manual  
ipv6.addresses IP_ADDRESS/SUBNET_MASK
```

6. Starten Sie die Verbindung neu:

```
> sudo nmcli connection up WI-FI_CONNECTION_NAME
```

7. Testen Sie die Verbindung mit dem Kommando:

```
> nmcli connection show --active
```

Die Liste der verfügbaren aktiven Verbindungen wird angezeigt.

4.3 Erstellen eines Netzwerk-Bondings

Ein Netzwerk-Bonding kombiniert physische und virtuelle Netzwerkschnittstellen und stellt eine logische Schnittstelle bereit. Sie können Netzwerk-Bondings auf Ethernet-Geräten, virtuellen LANs usw. erstellen. Netzwerk-Bonding kann die Bandbreite erhöhen und/oder Redundanz bieten.

ANFORDERUNGEN

- Netzwerkverbindung: zwei oder mehr physische oder virtuelle Netzwerke auf dem Server.
- Vorhandene Netzwerkschnittstellen zum Einbinden in das Bond-Gerät
- Switch-Unterstützung, je nach Bonding-Modus
- Um Ethernet-Geräte für Netzwerk-Bonding zu verwenden, müssen Sie die physischen oder virtuellen Ethernet-Geräte auf dem Server installieren.
- Wenn Sie Netzwerkteams, Bridges oder VLAN-Geräte als Ports für ein Bonding verwenden, können Sie diese entweder während des Bonding-Prozesses oder vorher erstellen.

EINSCHRÄNKUNGEN

- Teilen Sie Bonds nicht auf mehrere Switches auf.
In den meisten Hardwareeinrichtungen müssen alle Netzwerkschnittstellen in einem Bond-Gerät mit demselben Switch verbunden werden. Weitere Informationen finden Sie in der Dokumentation des Switch-Herstellers.
- IBM POWER: Die Bonding-Modi 5 und 6 (balance-tlb und balance-alb) werden von `ibmveth` nicht unterstützt.
Der Bonding-Treiber in den Modi tlb und alb sendet Ethernet-Loopback-Pakete mit den Ursprungs- und Ziel-MAC-Adressen, die als virtuelle Ethernet-MAC-Adressen aufgelistet sind. Diese Pakete werden von der POWER-Firmware nicht unterstützt. Daher werden die Bonding-Modi 5 und 6 von `ibmveth` nicht mehr unterstützt.
- Bonding und Virtualisierung: Bond-Geräte bestehen aus mehreren Netzwerkschnittstellen. In den meisten Konfigurationen sollten Sie das Bonding lediglich auf dem Host konfigurieren. Virtuelle Schnittstellen zu Gästen werden dann als Bridge zu den Bond-Geräten erstellt, wodurch die Erstellung und Bereitstellung von Gästen vereinfacht wird.

Es ist möglich, das Bonding auf einem Gast zu konfigurieren; dies wird jedoch nicht empfohlen. Wenn Sie das Bonding in einem Gast konfigurieren, müssen Sie dem Gast mehrere Schnittstellen zuweisen und den Host ohne Bonding konfigurieren. Sie müssen auch darauf achten, den Host und seine Netzwerk-Bridges so zu konfigurieren, dass Sie das Bonding zwischen Host und Gästen nicht vermischen.

BONDING-MODI

Die folgenden Bonding-Modi sind verfügbar:

- (0) *balance-rr*
Die Pakete werden per Round-Robin von der ersten bis zur letzten verfügbaren Schnittstelle übertragen. Bietet Fehlertoleranz und Lastausgleich. Erfordert Switch-Unterstützung. Bei bestimmten Switches kann dieser Modus zu Fehlern führen.
- (1) *active-backup*
Nur eine Netzwerkschnittstelle ist aktiv. Wenn diese Schnittstelle ausfällt, wird eine andere Schnittstelle aktiv. Bietet Fehlertoleranz. Dies ist der Standardmodus. Eine spezielle Switch-Unterstützung ist nicht erforderlich.
- (2) *balance-xor*
Der Datenverkehr wird auf alle verfügbaren Schnittstellen aufgeteilt, je nach der Anzahl der Schnittstellen im Bond-Gerät. Bietet Fehlertoleranz und Lastausgleich. Erfordert Switch-Unterstützung. Bei bestimmten Switches kann dieser Modus zu Fehlern führen.
- (3) *broadcast*
Der gesamte Datenverkehr wird per Broadcast an alle Schnittstellen übertragen. Bietet Fehlertoleranz. Erfordert Switch-Unterstützung. Bei bestimmten Switches kann dieser Modus zu Fehlern führen. Verwenden Sie stattdessen nach Möglichkeit den Modus 1. Alternativ können Sie mit diesem Modus eine Sniffing-Funktion einrichten, wenn Sie jedes Mitglied des Bonds mit einem anderen Switch oder Gerät verbinden.
- (4) *802.3ad*
Auch als *LACP* bezeichnet. Alle Schnittstellen in der LACP-Gruppe müssen die gleichen Geschwindigkeits- und Duplexeinstellungen aufweisen und mit demselben Switch verbunden sein. Bietet Fehlertoleranz und Lastausgleich. Erfordert **ethtool**-Unterstützung durch die Schnittstellentreiber sowie einen Switch, der die dynamische Link-Aggregation nach IEEE 802.3ad unterstützt und entsprechend konfiguriert ist. Wenn Ihr Switch diesen Modus unterstützt, ist dies der bevorzugte Modus.
- (5) *balance-tlb*

Adaptiver Übertragungslastausgleich. Bietet Fehlertoleranz und Lastausgleich. Erfordert **ethtool**-Unterstützung durch die Schnittstellentreiber. Eine spezielle Switch-Unterstützung ist nicht erforderlich, doch bei bestimmten Switches kann dieser Modus zu Fehlern führen.

- (6) *balance-alb*

Adaptiver Lastausgleich. Bietet Fehlertoleranz und Lastausgleich. Erfordert **ethtool**-Unterstützung durch die Schnittstellentreiber. Eine spezielle Switch-Unterstützung ist nicht erforderlich, doch bei bestimmten Switches kann dieser Modus zu Fehlern führen.

Schlagen Sie im Hardware-Handbuch nach, welche Modi durch den Switch unterstützt werden. Eine ausführlichere Beschreibung der Modi finden Sie unter <https://www.kernel.org/doc/Documentation/networking/bonding.txt>.

VORGEHEN 2: ERSTELLEN EINES NETZWERK-BONDINGS

1. Erstellen Sie eine Bonding-Schnittstelle:

```
> sudo nmcli connection add type bond con-name NwBOND ifname NwBOND bond.options "mode=active-backup"
```

Ein Netzwerk-Bonding, *NETWORK_BOND* das den active-backup-Modus verwendet, wird erstellt.

2. Zeigen Sie die Liste der Netzwerkschnittstellen an:

```
> nmcli device status
```

DEVICE	TYPE	STATE	CONNECTION
wlan0	wifi	connected	Vision
virbr0	bridge	connected (externally)	virbr0
p2p-dev-wlan0	wifi-p2p	disconnected	--
eth0	ethernet	unavailable	--
lo	loopback	unmanaged	--

Die Liste mit verfügbaren Schnittstellen wird angezeigt. Sie können auch Geräte hinzufügen, die nicht für das Bonding konfiguriert sind. In der angegebenen Liste ist p2p-dev-wlan0 nicht konfiguriert, während virbr0 konfiguriert ist und über ein Verbindungsprofil verfügt.

3. Wenn Sie `p2p-dev-wlan0` als Port konfigurieren möchten, erstellen Sie ein Verbindungsprofil:

```
> sudo nmcli connection add type wifi-p2p slave-type bond con-name bond0-port1  
ifname p2p-dev-wlan0 master bond0
```

Ein neues Profil wird für `p2p-dev-wlan0` erstellt und der `bond0`-Verbindung hinzugefügt. Der Name des Bondings ist `bond0`.

4. Zuweisen `virbr0` zu einem Bonding:

```
> sudo nmcli connection modify virbr0 master bond0
```

Das Verbindungsprofil für `virbr0` wird der `bond0`-Verbindung hinzugefügt.

5. Aktivieren Sie die Verbindung:

```
> sudo nmcli connection up virbr0
```

6. Konfigurieren Sie die IPv4-Einstellungen.

- So verwenden Sie `bond0` als Port für andere Geräte:

```
> sudo nmcli connection modify bond0 ipv4.method disabled
```

- Für die Verwendung von DHCP ist keine Konfiguration erforderlich.
- So konfigurieren Sie eine statische IPv4-Adresse, Netzwerkmaske, Standard-Gateway und DNS-Server für die `bond0`-Verbindung:

```
> sudo nmcli connection modify bond0 ipv4.addresses '192.0.2.1/24'  
ipv4.gateway '192.0.2.254' ipv4.dns '192.0.2.253' ipv4.dns-search  
'example.com' ipv4.method manual
```

7. Konfigurieren Sie die IPv6-Einstellungen.

- So verwenden Sie dieses Bonding-Gerät als Port für andere Geräte:

```
> sudo nmcli connection modify bond0 ipv6.method disabled
```

- Zur Verwendung der zustandslosen Adressautokonfiguration (Stateless Address Autoconfiguration, SLAAC) ist keine Aktion erforderlich.
- So legen Sie eine statische IPv6-Adresse, Netzwerkmaske, Standard-Gateway und DNS-Server für die `bond0`-Verbindung fest:

```
> sudo nmcli connection modify bond0 ipv6.addresses '2001:db8:1::1/64'  
ipv6.gateway '2001:db8:1::fffe' ipv6.dns '2001:db8:1::fffd' ipv6.dns-search  
'example.com' ipv6.method manual
```

8. Aktivieren Sie die Verbindung:

```
> sudo nmcli connection up bond0
```

9. Anzeigen und Überprüfen der Verbindungen:

```
> nmcli device
```

Die Liste der Verbindungen wird angezeigt.

4.4 Konfigurieren eines Netzwerk-Teams

Netzwerk-Teaming kombiniert zwei oder mehr Netzwerkschnittstellen in einem einzigen Team-Gerät, um die Bandbreite zu erhöhen und/oder Redundanz bereitzustellen. Das Verhalten des Teamgeräts wird mithilfe von Teaming-Modi konfiguriert. Netzwerk-Teaming kann die Bandbreite erhöhen und/oder Redundanz bieten.

ANFORDERUNGEN

- Netzwerkverbindung
- Vorhandene Netzwerkschnittstellen zum Einbinden in das Teamgerät
- Switch-Unterstützung im Kernel, je nach Teaming-Modus
- Das Paket `libteam-tools` ist installiert
- Installieren Sie die Pakete `teamd` und `NetworkManager-team`:

```
> sudo zypper install teamd
```

```
> sudo zypper install NetworkManager-team
```

- Installieren Sie zwei oder mehr physische oder virtuelle Geräte auf dem Server:
- Um Ethernet-Geräte als Ports des Teams zu verwenden, müssen die physischen oder virtuellen Ethernet-Geräte auf dem Server installiert und mit einem Switch verbunden sein.
- Um Bonding-, Bridge- oder VLAN-Geräte als Ports des Teams zu verwenden, erstellen Sie sie im Voraus oder wenn Sie das Team erstellen.

EINSCHRÄNKUNGEN

- Teilen Sie Teams nicht auf mehrere Switches auf.
In den meisten Hardwareeinrichtungen müssen alle Netzwerkschnittstellen in einem Teamgerät mit demselben Switch verbunden werden. Weitere Informationen finden Sie in der Dokumentation des Switch-Herstellers.
- Teaming und Virtualisierung:
Teamgeräte bestehen aus mehreren Netzwerkschnittstellen. In den meisten Konfigurationen sollten Sie das Teaming lediglich auf dem Host konfigurieren. Virtuelle Schnittstellen zu Gästen werden dann als Bridge zu den Team-Geräten erstellt, wodurch die Erstellung und Bereitstellung von Gästen vereinfacht wird.
Es ist möglich, das Teaming auf einem Gast zu konfigurieren; dies wird jedoch nicht empfohlen. Wenn Sie das Teaming in einem Gast konfigurieren, müssen Sie dem Gast mehrere Schnittstellen zuweisen und den Host ohne Teaming konfigurieren. Sie müssen auch darauf achten, den Host und seine Netzwerk-Bridges so zu konfigurieren, dass Sie das Teaming zwischen Host und Gästen nicht vermischen.

TEAMING-MODI

Die folgenden Teaming-Modi sind verfügbar:

- *broadcast*
Der gesamte Datenverkehr wird per Broadcast an alle Schnittstellen übertragen. Bietet Fehlertoleranz. Erfordert Switch-Unterstützung.
- *roundrobin*
Die Pakete werden per Round-Robin von der ersten bis zur letzten verfügbaren Schnittstelle übertragen. Bietet Fehlertoleranz und Lastausgleich. Erfordert Switch-Unterstützung.
- *activebackup*
Nur eine Netzwerkschnittstelle ist aktiv. Wenn diese Schnittstelle ausfällt, wird eine andere Schnittstelle aktiv. Bietet Fehlertoleranz.

- *loadbalance*

Das Teamgerät überträgt Pakete über sämtliche Schnittstellen und nimmt den Lastausgleich (passiv oder aktiv) mithilfe von Hashfunktionen vor. Beim passiven Lastausgleich wird nur die BPF-Hashfunktion verwendet. Beim aktiven Lastausgleich ermittelt das Ausführungsprogramm die optimale Balance durch Verschieben der Hashes zwischen den verfügbaren Schnittstellen. Bietet Fehlertoleranz und Lastausgleich. Eine spezielle Switch-Unterstützung ist nicht erforderlich.

- *lacp*

Alle Schnittstellen in der LACP-Gruppe müssen die gleichen Geschwindigkeits- und Duplexeinstellungen aufweisen und mit demselben Switch verbunden sein. Bietet Fehlertoleranz und Lastausgleich. Erfordert **ethtool**-Unterstützung durch die Schnittstellentreiber sowie einen Switch, der die dynamische Link-Aggregation nach IEEE 802.3ad unterstützt und entsprechend konfiguriert ist. Wenn Ihr Switch diesen Modus unterstützt, ist dies der bevorzugte Modus.

Schlagen Sie im Hardware-Handbuch nach, welche Modi durch den Switch unterstützt werden.

VORGEHEN 3: ERSTELLEN EINES NETZWERK-TEAMS

1. Erstellen Sie eine Team-Schnittstelle:

```
> sudo nmcli connection add type team con-name CONNECTION_NAME ifname TEAM_NAME
team.runner RUNNER-TYPE
```

Wenn Sie beispielsweise ein Netzwerkteam `team0` mit dem `activebackup`-Runner erstellen möchten, führen Sie Folgendes aus:

```
> sudo nmcli connection add type team con-name team0 ifname team0 team.runner
active.backup
```

2. Zeigen Sie die Liste der Netzwerkschnittstellen an:

```
> nmcli device status
```

DEVICE	TYPE	STATE	CONNECTION
wlan0	wifi	connected	Vision
virbr0	bridge	connected (externally)	virbr0
p2p-dev-wlan0	wifi-p2p	disconnected	--
eth0	ethernet	unavailable	--
lo	loopback	unmanaged	--

Sie können die aufgelisteten Geräte dem Team hinzufügen. In den folgenden Beispielen wird `p2p-dev-wlan0` und `virbr0` verwendet. Beachten Sie, dass `p2p-dev-wlan0` nicht konfiguriert ist, während `virbr0` ein Verbindungsprofil aufweist.

3. Konfigurieren Sie die Portschnittstellen für das Team:

```
> sudo nmcli connection add type wifi-p2p slave-type team con-name team0-port1  
ifname p2p-dev-wlan0 master team0
```

Ein neues Profil wird für `p2p-dev-wlan0` erstellt und der `team0`-Verbindung hinzugefügt.

4. Weisen Sie die bestehende Verbindung dem Team zu:

```
> sudo nmcli connection modify bond0 master team0
```

Das Verbindungsprofil für `bond0` wird der `team0`-Verbindung hinzugefügt.

5. Aktivieren Sie die Verbindung:

```
> sudo nmcli connection up bond0
```

6. Konfigurieren Sie die IPv4-Einstellungen.

- So verwenden Sie dieses Team-Gerät als Port für andere Geräte:

```
> sudo nmcli connection modify team0 ipv4.method disabled
```

- Für die Verwendung von DHCP ist keine Konfiguration erforderlich.
- Konfigurieren Sie mit folgendem Kommando eine statische IPv4-Adresse, Netzwerkmaste, Standard-Gateway und DNS-Server für die `bond0`-Verbindung:

```
> sudo nmcli connection modify team0 ipv4.addresses '192.0.2.1/24'  
ipv4.gateway '192.0.2.254' ipv4.dns '192.0.2.253' ipv4.dns-search  
'example.com' ipv4.method manual
```

7. Konfigurieren Sie die IPv6-Einstellungen.

- So verwenden Sie dieses Team-Gerät als Port für andere Geräte:

```
> sudo nmcli connection modify team0 ipv6.method disabled
```

- Zur Verwendung der zustandslosen Adressautokonfiguration (Stateless Address Autoconfiguration, SLAAC) ist keine Aktion erforderlich.
- So legen Sie eine statische IPv6-Adresse, Netzwerkmaske, Standard-Gateway und DNS-Server für die `team0`-Verbindung fest:

```
> sudo nmcli connection modify team0 ipv6.addresses '2001:db8:1::1/64'  
ipv6.gateway '2001:db8:1::ffff' ipv6.dns '2001:db8:1::ffff' ipv6.dns-search  
'example.com' ipv6.method manual
```

8. Aktivieren Sie die Verbindung:

```
> sudo nmcli connection up team0
```

9. So zeigen Sie den Status des Teams an:

```
> sudo teamdctl team0 state
```

4.5 Konfigurieren einer Netzwerk-Bridge

Eine Netzwerk-Bridge ist ein Gerät, das die Kommunikation zwischen zwei oder mehr Netzwerksegmenten erleichtert und ein einziges Netzwerk aus mehreren Segmenten erstellt.

Wenn Sie eine Netzwerk-Bridge konfigurieren möchten, stellen Sie Folgendes sicher:

- Installieren Sie zwei oder mehr physische oder virtuelle Geräte auf dem Server.
- Wenn Sie Ethernet-Geräte als Ports für die Bridge verwenden möchten, stellen Sie sicher, dass auf dem Server physische oder virtuelle Ethernet-Geräte installiert und mit einem Switch verbunden sind.
- Wenn Sie Team-, Bonding- oder VLAN-Geräte als Ports für die Bridge verwenden, können Sie diese Geräte entweder während der Bridge-Erstellung oder vorher erstellen.

VORGEHEN 4: ERSTELLEN EINER NETZWERK-BRIDGE

1. Erstellen Sie eine Bridge-Schnittstelle:

```
> sudo nmcli connection add type bridge con-name CONNECTION_NAME ifname BRIDGE_NAME
```

Wir haben beispielsweise durch Ausführen des folgenden Kommandos eine Bridge: bridge0 erstellt:

```
> sudo nmcli connection add type bridge con-name bridge0 ifname bridge0
```

2. Zeigen Sie die Liste der Netzwerkschnittstellen an, um sicherzustellen, dass bridge0 erstellt wird:

```
> nmcli device status
```

DEVICE	TYPE	STATE	CONNECTION
wlan0	wifi	connected	Vision
virbr0	bridge	connected (externally)	virbr0
p2p-dev-wlan0	wifi-p2p	disconnected	--
eth0	ethernet	unavailable	--
lo	loopback	unmanaged	--
bridge0	bridge	connecting (getting IP configuration)	brdige0

Die Bridge befindet sich im Status zum *Abrufen der IP-Konfiguration*, da Sie ihr noch keine Schnittstellen zugewiesen haben. Später weisen Sie die Schnittstellen zu: p2p-dev-wlan0 (nicht konfiguriert) und virbr0 (mit einem Verbindungsprofil konfiguriert).

3. Fügen Sie der Bridge Schnittstellen hinzu:

```
> sudo nmcli connection add type wifi-p2p slave-type bridge con-name bridge0-port1 ifname p2p-dev-wlan0 master bridge0
```

Ein neues Profil wird für „p2p-dev-wlan0“ erstellt und der bridge0-Verbindung hinzugefügt.

4. Weisen Sie der Bridge die bestehende Verbindung zu:

```
> sudo nmcli connection modify bond0 master bridge0
```

Das Verbindungsprofil für bond0 wird der bridge0-Verbindung hinzugefügt.

5. Starten Sie die Verbindung neu:

```
> sudo nmcli connection up bond0
```

6. Konfigurieren Sie die IPv4-Einstellungen.

- So verwenden Sie dieses Bridge-Gerät als Port für andere Geräte:

```
> sudo nmcli connection modify bridge0 ipv4.method disabled
```

- Für die Verwendung von DHCP ist keine Konfiguration erforderlich.
- So konfigurieren Sie eine statische IPv4-Adresse, Netzwerkmaske, Standard-Gateway und DNS-Server für die bridge0-Verbindung:

```
> sudo nmcli connection modify bridge0 ipv4.addresses '192.0.2.1/24'  
ipv4.gateway '192.0.2.254' ipv4.dns '192.0.2.253' ipv4.dns-search  
'example.com' ipv4.method manual
```

7. Konfigurieren Sie die IPv6-Einstellungen.

- So verwenden Sie dieses Bridge-Gerät als Port für andere Geräte:

```
> sudo nmcli connection modify bridge0 ipv6.method disabled
```

- Zur Verwendung der zustandslosen Adressautokonfiguration (Stateless Address Autoconfiguration, SLAAC) ist keine Aktion erforderlich.
- So legen Sie eine statische IPv6-Adresse, Netzwerkmaske, Standard-Gateway und DNS-Server für die bridge0-Verbindung fest:

```
> sudo nmcli connection modify bridge0 ipv6.addresses '2001:db8:1::1/64'  
ipv6.gateway '2001:db8:1::ffff' ipv6.dns '2001:db8:1::fffd' ipv6.dns-search  
'example.com' ipv6.method manual
```

8. Aktivieren Sie die Verbindung:

```
> sudo nmcli connection up bridge0
```

9. Überprüfen Sie die Verbindung:

```
> nmcli device
```

Wenn Sie einen beliebigen Port der Verbindung aktivieren, aktiviert NetworkManager auch die Bridge, jedoch nicht die anderen Ports davon.

Alle Ports automatisch aktivieren, wenn die Bridge aktiviert ist:

```
> sudo nmcli connection modify bridge0 connection.autoconnect-slaves 1
```

10. Zeigen Sie den Verbindungsstatus von Ethernet-Geräten an, die Ports einer bestimmten Bridge sind.

```
> sudo ip link show master bridge0
```

11. Zeigen Sie den Status von Ethernet-Geräten an, die Ports eines beliebigen Bridge-Geräts sind.

```
> sudo bridge link show
```

4.6 Konfigurieren einer VPN-Verbindung

Eine VPN-Verbindung (Virtual Private Network) ist ein sicherer, verschlüsselter Tunnel zwischen Ihrem Gerät und einem anderen Netzwerk über das Internet.

Sie können eine VPN-Verbindung mit dem `nmcli`-Kommando konfigurieren.

VORGEHEN 5: INSTALLIEREN UND KONFIGURIEREN EINER VPN-VERBINDUNG

1. Installieren Sie OpenVPN:

```
> sudo zypper install networkmanager-openvpn
```

2. Erstellen Sie eine VPN-Verbindung:

```
> sudo nmcli connection add type vpn con-name MyOpenVPN ifname -- vpn-type openvpn
```

3. Konfigurieren Sie die Einstellungen.

```
> sudo nmcli connection modify MyOpenVPN vpn.data "remote=VPN-SERVER-ADDRESS,username=YOUR-USERNAME"
```

```
> sudo nmcli connection modify MyOpenVPN vpn.secrets "password=YOUR-PASSWORD"
```

4. Konfigurieren Sie die DNS-Einstellungen:

```
> sudo nmcli connection modify MyOpenVPN ipv4.dns "8.8.8.8 8.8.4.4"
```

5. Fügen Sie Routen hinzu:

```
> sudo nmcli connection modify MyOpenVPN ipv4.routes "192.168.1.0/24 192.168.1.1"
```

6. Aktivieren Sie die VPN-Verbindungen:

```
> sudo nmcli connection up MyOpenVPN
```

7. Stellen Sie sicher, dass die konfigurierte Verbindung aktiv ist:

```
> nmcli connection show --active
```

5 Ändern von Netzwerkverbindungen

Sie können das `nmcli connection modify`-Kommando zum Ändern von Netzwerkverbindungen verwenden. Die generische Syntax für das Kommando lautet:

```
> sudo nmcli connection modify  
    CONNECTION-NAME PROPERTY VALUE
```

Um den Wert von `CONNECTION-NAME` zu erhalten, listen Sie Verbindungen mit dem folgenden Kommando auf: `nmcli connection show`. Die verfügbaren Eigenschaften und ihre möglichen Werte werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

5.1 Verbindungsattribute

In diesem Abschnitt werden die Attribute aufgelistet und beschrieben, die Sie für Verbindungen ändern können:

TABELLE 1: VERBINDUNGSDetails

Eigenschaft	Beschreibung	Values
ipv4.method	Dies definiert, wie die Schnittstelle ihre IPv4-Adresskonfiguration erhält und verarbeitet	<ul style="list-style-type: none">• <code>auto</code>: Der Standardwert, der für die dynamische Zuweisung von IP-Adres-

Eigenschaft	Beschreibung	Values
		<p>sen mithilfe von DHCP verwendet wird</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>manual</u>: Für die Konfiguration einer statischen IP-Adresse • <u>link-local</u>: Für die Verwendung ausschließlich der IPv4-Link-Local-Adressierung (169.254.0.0/16) • <u>shared</u>: Für die Freigabe der Verbindung für andere Computer • <u>disabled</u>: Zum Deaktivieren von IPv4
ipv4.dns	Eine durch Leerzeichen getrennte Liste von DNS-IP-Adressen	Beispiel: „8.8.8.8 8.8.4.4“
ipv4.gateway	Die Eigenschaft ist die Routeradresse, die Ihr System verwendet, um Netzwerke außerhalb Ihres lokalen Netzwerks zu erreichen.	Eine IP-Adresse des Gateways
connection.id	Diese benennt die Verbindung um.	Eine Zeichenfolge, die den neuen Verbindungsnamen darstellt

Eigenschaft	Beschreibung	Values
802-11-wireless.ssid	Diese Eigenschaft benennt ein WLAN-Netzwerk um.	Eine Zeichenfolge, die die neue WLAN-SSID darstellt
connection.autoconnect	Schaltet die automatische Verbindung ein/aus, wenn das Gerät online ist	<u>on</u> oder <u>off</u>

6 Aufbauen und Beenden von Netzwerkverbindungen

Aktivieren Sie die Netzwerkverbindung, um auf Geräte und Ressourcen zuzugreifen und diese zu verbinden.

6.1 Aktivieren von Netzwerkverbindungen

Bestimmte Verbindungen oder alle Verbindungen können deaktiviert sein. Um alle Verbindungen zu aktivieren, führen Sie das folgende Kommando aus:

```
> sudo nmcli networking on
```

Beachten Sie, dass das Kommando manuell deaktivierte Verbindungen nicht aktiviert. Um eine solche Verbindung zu aktivieren, gehen Sie wie folgt vor:

VORGEHEN 6: AKTIVIEREN EINER BESTEHENDEN VERBINDUNG

1. Zeigen Sie die Liste der vorhandenen Verbindungen an:

```
> sudo nmcli connection show
```

2. Aktivieren Sie eine Verbindung mithilfe des Namens oder der UUID:

```
> sudo nmcli connection up uuid CONNECTION-UUID
```

3. Überprüfen Sie den Verbindungsstatus:

```
> sudo nmcli connection show --active
```

6.2 Deaktivieren von Netzwerkverbindungen

Sie können Ihr System vorübergehend von externen Netzwerken trennen, indem Sie das `nmcli`-Kommando ausführen, um Ihre Netzwerkverbindung zu deaktivieren.

Um eine bestimmte Verbindung zu deaktivieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Zeigen Sie die Liste der aktiven Verbindungen an:

```
> sudo nmcli connection show --active
```

NAME	UUID	TYPE	DEVICE
Wired connection 2	7b0c32ee-851e-3015-a658-f4372b426273	ethernet	enp6s0f3u1u4
lo	8041ed2a-e4ae-4bf7-a0db-d4b513b9d745	loopback	lo
virbr0	1bec1271-4bb6-46a7-a50a-4b329fa318d3	bridge	virbr0
vnet0	ac196c81-0505-49f0-9328-b78e1746b4a9	tun	vnet0

2. Beenden Sie eine bestimmte Verbindung:

```
> sudo nmcli connection down CONNECTION-NAME/CONNECTION-UUID
```

Beispiel:

```
> sudo nmcli connection down virbr0
```

Um **alle** Verbindungen vorübergehend zu deaktivieren, führen Sie Folgendes aus:

```
> sudo nmcli networking off
```



Anmerkung: Nur zeitliche Änderungen

In beiden Fällen bleiben die Änderungen nur bis zum Neustart des Systems bestehen. Nach dem Neustart sind NetworkManager und die Verbindungen wieder aktiv.

7 Überwachen von Netzwerkverbindungen

Verwenden Sie das `nmcli`-Kommando zum Anzeigen des Status, der Aktivität und der Details der von NetworkManager verwalteten Netzwerkverbindungen.

Die folgende Liste enthält Kommandos zur grundlegenden Überwachung von Netzwerkverbindungen.

Anzeigen der Liste der aktiven Verbindungen

```
> nmcli connection show --active
```

Anzeigen des Status von NetworkManager

```
> nmcli monitor
```

Es werden Echtzeit-Updates zu Netzwerkzuständen und Verbindungen angezeigt.

Details einer bestimmten Netzwerkverbindung anzeigen

```
> nmcli connection monitor CONNECTION-NAME
```

Jedes Mal, wenn sich die Verbindung ändert, gibt NetworkManager eine Zeile aus.

Überwachen Sie den Status von Netzwerkgeräten

```
> nmcli device monitor
```

Es erscheint die Liste aller Netzwerkgeräte mit Gerätename, Typ, Status und Verbindungsname.

Signalstärke von WLAN-Verbindungen anzeigen

```
> nmcli device wifi list
```

Es erscheint die Liste der verfügbaren WLAN-Netzwerke mit SSID, Signalstärke (in %) und Sicherheitstyp.

8 NetworkManager-Protokollierung

NetworkManager-Aktivitäten werden durch den `journal`-Systemprotokollierungsmechanismus protokolliert. Die NetworkManager-Protokolle werden in `/var/log/syslog` gespeichert und Sie können mit dem `journalctl`-Kommando auf die Details zugreifen.

Die Art der protokollierten NetworkManager-Aktivitäten unterscheidet sich je nach aktueller Protokollierungsebene. Die verfügbaren Stufen werden nachfolgend beschrieben:

- **ERR**: Protokolliert nur Fehlermeldungen. Beispiel: Verbindungsfehler.
- **WARN**: Protokolliert Warnungen und Fehler. Beispiel: Authentifizierungsfehler.
- **INFO**: Protokolliert informative Meldungen. Dies ist die Standardebene für alle Protokollierungsdomänen.

- *DEBUG*: Protokolliert detaillierte Debuginformationen. Beispiel: detaillierte DHCP-Verhandlungen
- *TRACE*: Protokolliert sehr detaillierte, normalerweise unwichtige Ereignisse. Beispiel: Details auf Paketebene.

Um die aktuelle Protokollierungsebene zu überprüfen, führen Sie Folgendes aus:

```
> nmcli general logging
```

```
INFO
```

```
PLATFORM,RFKILL,ETHER,WIFI,BT,MB,DHCP4,DHCP6,PPP,IP4,IP6,AUTOIP4,DNS,VPN,SHARING,SUPPLICANT,AGENTS,SET
```

Die Ausgabe zeigt, dass die Protokollierungsebene für alle Domänen „INFO“ lautet – das ist die Standardeinstellung. Sie können die Protokollierungsebenen für bestimmte Domänen ändern. Anschließend gibt das Kommando nur die geänderten Domänen aus.

Um die Protokollierungsebene auf allen Domänen zu ändern, führen Sie Folgendes aus:

```
> sudo general logging level LEVEL domains ALL
```

So können Sie beispielsweise Änderungen auf die Standardeinstellung zurücksetzen:

```
> sudo nmcli general logging level INFO domains ALL
```

Führen Sie Folgendes aus, um die Protokollierungsebene für bestimmte Domänen zu ändern, beispielsweise um DEBUG auf DNS und FIREWALL festzulegen:

```
> sudo nmcli general logging level DEBUG domains FIREWALL,DNS
```

Die folgende Liste enthält Kommandos zum Verwalten von NetworkManager-Protokollen mit **journald**.

VERWALTEN VON NETWORKMANAGER-PROTOKOLLEN

Anzeigen von Protokollen

So zeigen Sie die NetworkManager-Protokolle an

```
> sudo journalctl -u NetworkManager
```

So zeigen Sie die NetworkManager-Protokolle in Echtzeit an:

```
> sudo journalctl -u NetworkManager -f
```

Um nur bestimmte Protokolle anzuzeigen, verwenden Sie **grep** zum Filtern der **journalctl**-Ausgabe. Führen Sie beispielsweise für das DHCP-bezogene Protokoll Folgendes aus:

```
> sudo journalctl -u NetworkManager | grep DHCP
```

Speichern von Protokollen

So speichern Sie NetworkManager-Protokolle in einer Datei, beispielsweise in `networkmanager.log`:

```
> sudo journalctl -u NetworkManager > networkmanager.log
```

So speichern Sie die NetworkManager-Protokolle eines bestimmten Zeitpunkts in einer Datei, beispielsweise in `networkmanager_timerange.log`:

```
> sudo journalctl -u NetworkManager --since "YYYY-MM-DD HH:MM:SS" --until "YYYY-MM-DD HH:MM:SS" > networkmanager_timerange.log
```

So speichern Sie die NetworkManager-Protokolle mit Echtzeitüberwachung und speichern sie, sobald sie generiert werden:

```
> sudo journalctl -u NetworkManager -f >> live_networkmanager.log
```

9 Die **nmcli**-Kommandoreferenz

Dieser Abschnitt enthält eine Zusammenfassung der Optionen und Unterkommandos des **nmcli**-Kommandos, das Sie zur Interaktion mit dem NetworkManager-Daemon verwenden können, um das Netzwerk zu verwalten.

Das **nmcli**-Kommando hat die folgende generische Syntax:

```
# nmcli OPTIONSSUBCOMMANDSUBCOMMAND_ARGUMENTS
```

wobei **OPTIONS** in [Abschnitt 9.1](#), „Die **nmcli**-Kommandooptionen“ beschrieben sind und **SUBCOMMAND** Folgendes sein kann:

connection

Damit können Sie die Netzwerkverbindung konfigurieren. Detaillierte Informationen finden Sie in [Abschnitt 9.2](#), „Das Unterkommando **connection**“.

device

Wird für die Verwaltung von Netzwerkgeräten verwendet. Detaillierte Informationen finden Sie in [Abschnitt 9.3](#), „Das Unterkommando **device**“.

general

Zeigt den Status und die Berechtigungen an. Weitere Informationen finden Sie im [Abschnitt 9.4, „Das Unterkommando **general**“](#).

monitor

Überwacht die Aktivität von NetworkManager und achtet auf Änderungen im Zustand der Verbindungen und Geräte. Dieses Unterkommando akzeptiert keine Argumente.

networking

Fragt den Netzwerkstatus ab. Detaillierte Informationen finden Sie in [Abschnitt 9.5, „Das Unterkommando **networking**“](#).

9.1 Die **nmcli**-Kommandooptionen

Neben den Unterkommandos und ihren Argumenten kann das Kommando **nmcli** die folgenden Optionen annehmen:

-a | --ask

Das Kommando hält die Ausführung an, um nach fehlenden Argumenten zu fragen, beispielsweise nach einem Passwort für die Verbindung mit einem Netzwerk.

-c | --color {yes|no|auto}

Steuert die Farbausgabe: **yes** zum Aktivieren der Farben, **no** zum Deaktivieren der Farben, und **auto** erstellt nur dann eine Farbausgabe, wenn die Standardausgabe an ein Terminal geleitet wird.

-m | --mode {tabular|multiline}

Wechselt zwischen **tabular** (jede Zeile beschreibt einen einzelnen Eintrag, Spalten definieren bestimmte Eigenschaften des Eintrags) und **multiline** (jeder Eintrag umfasst mehrere Zeilen, jede Eigenschaft steht in einer eigenen Zeile). **tabular** ist der Standardwert.

-h | --help

Damit wird die Hilfe ausgedruckt.

-w | --wait seconds

Legt eine Zeitspanne fest, in der NetworkManager auf den Abschluss von Vorgängen warten soll. Diese Option empfiehlt sich für Kommandos, deren Ausführung länger dauern kann, beispielsweise die Aktivierung der Verbindung.

9.2 Das Unterkommando **connection**

Mit dem Kommando **connection** können Sie Verbindungen verwalten oder Informationen über bestimmte Verbindungen einsehen. **nmcli connection** stellt Ihnen die folgenden Kommandos zur Verwaltung Ihrer Netzwerkverbindungen zur Verfügung:

show

zum Auflisten von Verbindungen:

```
> nmcli connection show
```

Sie können mit diesem Kommando auch Details zu einer bestimmten Verbindung anzeigen:

```
> nmcli connection show CONNECTION_ID
```

wobei *CONNECTION_ID* eine der Kennungen ist: *ein Verbindungsname, eine UUID oder ein Pfad*

up

zur Aktivierung der bereitgestellten Verbindung. Verwenden Sie das Kommando, um eine Verbindung neu zu laden. Führen Sie dieses Kommando auch aus, nachdem Sie eine Änderung an der Verbindung vorgenommen haben.

```
> sudo nmcli connection up [--active] [CONNECTION_ID]
```

Wenn `--active` angegeben ist, werden nur die aktiven Profile angezeigt. In der Standard-einstellung werden sowohl aktive Verbindungen als auch die statische Konfiguration angezeigt.

down

zum Deaktivieren einer Verbindung.

```
> sudo nmcli connection down CONNECTION_ID
```

wobei *CONNECTION_ID* eine der Kennungen ist: *ein Verbindungsname, eine UUID oder ein Pfad*

Wenn Sie die Verbindung deaktivieren, wird sie später nicht wiederhergestellt, auch wenn sie die Flagge `autoconnect` hat.

modify

zum Ändern oder Löschen einer Eigenschaft einer Verbindung.

```
> sudo nmcli connection modify CONNECTION_ID SETTING.PROPERTY PROPERTY_VALUE
```

Dabei gilt:

- CONNECTION_ID ist eine der Kennungen: *ein Verbindungsname, eine UUID oder ein Pfad*.
- SETTING.PROPERTY ist der Name der Eigenschaft, zum Beispiel ipv4.addresses.
- PROPERTY_VALUE ist der gewünschte Wert von SETTING.PROPERTY.

Im folgenden Beispiel wird die Option autoconnect für die Verbindung ethernet1 deaktiviert:

```
> sudo nmcli connection modify ethernet1 connection.autoconnect no
```

add

zum Hinzufügen einer Verbindung mit den angegebenen Details. Die Kommandosyntax ist ähnlich wie beim Kommando modify:

```
> sudo nmcli connection add CONNECTION_ID save YES|  
NO SETTING.PROPERTY PROPERTY_VALUE
```

Sie sollten zumindest einen connection.type angeben oder type verwenden. Im folgenden Beispiel wird eine Ethernet-Verbindung hinzugefügt, die an die Schnittstelle eth0 mit DHCP gebunden ist, und die autoconnect-Flagge der Verbindung wird deaktiviert:

```
> sudo nmcli connection add type ethernet autoconnect no ifname eth0
```

edit

zum Bearbeiten einer bestehenden Verbindung mit einem interaktiven Editor.

```
> sudo nmcli connection edit CONNECTION_ID
```

clone

zum Klonen einer bestehenden Verbindung. Die Syntax sieht mindestens so aus:

```
> sudo nmcli connection clone CONNECTION_ID NEW_NAME
```

wobei CONNECTION_ID die zu klonende Verbindung ist.

delete

zum Löschen einer bestehenden Verbindung:

```
> sudo nmcli connection delete CONNECTION_ID
```

monitor

zum Überwachen der bereitgestellten Verbindung. Jedes Mal, wenn sich die Verbindung ändert, gibt NetworkManager eine Zeile aus.

```
> sudo nmcli connection monitor CONNECTION_ID
```

reload

zum erneuten Laden aller Verbindungsdateien vom Datenträger. Da NetworkManager Änderungen an den Verbindungsdateien nicht überwacht, müssen Sie dieses Kommando verwenden, wenn Sie Änderungen an den Dateien vornehmen. Dieses Kommando hat keine weiteren Unterkommandos.

load

zum Laden oder erneuten Laden einer bestimmten Verbindungsdatei führen Sie das folgende Kommando aus:

```
> sudo nmcli connection load CONNECTION_FILE
```

Einzelheiten zu den oben genannten Kommandos finden Sie in der [nmcli-Dokumentation \(https://networkmanager.dev/docs/api/latest/nmcli.html\)](https://networkmanager.dev/docs/api/latest/nmcli.html).

9.3 Das Unterkommando **device**

Mit dem Unterkommando **device** können Sie Netzwerkschnittstellen anzeigen und verwalten. Das Kommando **nmcli device** erkennt die folgenden Kommandos:

status

zum Drucken des Status aller Geräte.

```
> nmcli device status
```

show

zeigt detaillierte Informationen über ein Gerät an. Wenn kein Objekt angegeben ist, werden alle Geräte angezeigt.

```
> nmcli device show [DEVICE_NAME]
```

connect

zum Verbinden eines Geräts. NetworkManager versucht, eine geeignete Verbindung zu finden, die aktiviert werden soll. Wenn es keine kompatible Verbindung gibt, wird ein neues Profil erstellt.

```
> sudo nmcli device connect DEVICE_NAME
```

modify

führt temporäre Änderungen an der Konfiguration durch, die auf dem jeweiligen Gerät aktiv ist. Die Änderungen werden nicht im Verbindungsprofil gespeichert.

```
> sudo nmcli device modify DEVICE_NAME [+|-] SETTING.PROPERTY VALUE
```

Die möglichen *SETTING.PROPERTY*-Werte finden Sie in *nm-settings-nmcli(5)*.

Im folgenden Beispiel wird die gemeinsame Nutzung von IPv4-Verbindungen auf dem Gerät *con1* gestartet.

```
> sudo nmcli dev modify con1 ipv4.method shared
```

disconnect

trennt die Verbindung zu einem Gerät und verhindert, dass das Gerät automatisch weitere Verbindungen aktiviert, ohne dass Sie manuell eingreifen müssen.

```
> sudo nmcli device disconnect DEVICE_NAME
```

delete

zum Löschen der Schnittstelle aus dem System. Sie können mit diesem Kommando nur Software-Geräte wie Bonds und Bridges löschen. Es ist nicht möglich, Hardware-Geräte mit diesem Kommando zu löschen.

```
> sudo nmcli device delete DEVICE_NAME
```

wifi

listet alle verfügbaren Zugangspunkte auf.

```
> nmcli device wifi
```

wifi connect

stellt eine Verbindung zu einem durch seine SSID oder BSSID angegebenen Wi-Fi-Netzwerk her. Das Kommando akzeptiert die folgenden Optionen:

- password – Passwort für gesicherte Netzwerke
- ifname – für die Aktivierung verwendete Schnittstelle
- name – Sie können der Verbindung einen Namen geben

```
> sudo nmcli device wifi connect SSID [password PASSWORD_VALUE]
[ifname INTERFACE_NAME]
```

Wenn Sie eine Verbindung zu einem Wi-Fi *GUESTWiFi* mit einem Passwort `pass$word2#@@` herstellen möchten, führen Sie folgendes Kommando aus:

```
> sudo nmcli device wifi connect GUESTWiFi password pass$word2#@@
```

9.4 Das Unterkommando **general**

Mit diesem Kommando können Sie den NetworkManager-Status und die Berechtigungen einsehen sowie den Hostnamen und die Protokollierungsstufe ändern. `nmcli general` erkennt die folgenden Kommandos:

status

zeigt den Gesamtstatus von NetworkManager an. Wenn Sie für das Kommando `nmcli general` kein Kommando angeben, wird standardmäßig „status“ verwendet.

```
> nmcli general status
```

hostname

wenn Sie keinen neuen Hostnamen als Argument angeben, wird der aktuelle Hostname angezeigt. Wenn Sie einen neuen Hostnamen angeben, wird der Wert verwendet, um einen neuen Hostnamen festzulegen.

```
> sudo nmcli general hostname [HOSTNAME]
```

Führen Sie zum Beispiel folgendes Kommando aus, um `MyHostname` festzulegen:

```
> sudo nmcli general hostname MyHostname
```

permissions

zeigt Ihre Berechtigung für NetworkManager-Vorgänge wie das Aktivieren oder Deaktivieren von Netzwerken, das Ändern von Verbindungen usw.

```
> nmcli general permissions
```

logging

zeigt und ändert NetworkManager-Protokollierungsebenen und Domänen. Ohne Argumente zeigt das Kommando die aktuellen Protokollierungsstufen und Domänen an.

```
> sudo nmcli general logging [level LEVEL domains DOMAIN]
```

LEVEL ist einer dieser Werte: OFF, ERR, WARN, INFO, DEBUG oder TRACE.

DOMAIN ist eine Liste von Werten, die so aussehen kann: PLATFORM, RFKILL, ETHER, WIFI, BT, MB, DHCP4, DHCP6, PPP, WIFI_SCAN, IP4, IP6, AUTOIP4, DNS, VPN, SHARING, SUPPLICANT, AGENTS, SETTINGS, SUSPEND, CORE, DEVICE, OLPC, WIMAX, INFINIBAND, FIREWALL, ADSL, BOND, VLAN, BRIDGE, DBUS_PROPS, TEAM, CONCHECK, DCB, DISPATCH, AUDIT, SYSTEMD, VPN_PLUGIN, PROXY.

9.5 Das Unterkommando **networking**

Mit diesem Unterkommando können Sie den Status des Netzwerks abfragen. Außerdem können Sie mit diesem Kommando das Netzwerk aktivieren oder deaktivieren. Das Kommando **nmcli networking** nimmt folgende Kommandos:

on/off

aktiviert oder deaktiviert die Vernetzung. Mit dem Kommando **off** deaktivieren Sie alle von NetworkManager verwalteten Schnittstellen.

```
> sudo nmcli networking on
```

connectivity

zeigt den Status der Netzwerkkonnektivität an. Wenn **check** verwendet wird, führt NetworkManager eine neue Überprüfung des Status durch. Andernfalls wird der zuletzt erkannte Status angezeigt.

```
> nmcli networking connectivity
```

Die folgenden Status sind möglich:

- *none* – der Host ist mit keinem Netzwerk verbunden.
- *portal* – der Host befindet sich hinter einem geschützten Portal und kann nicht das gesamte Internet erreichen.
- *limited* – der Host ist mit einem Netzwerk verbunden, hat aber keinen Zugang zum Internet.
- *full* – der Host ist mit einem Netzwerk verbunden und hat vollen Zugriff auf das Internet.
- *unknown* – NetworkManager konnte den Netzwerkstatus nicht ermitteln.

10 Fehlersuche

Erfahren Sie, wie Sie Probleme bei der Installation und Konfiguration von NetworkManager debuggen und beheben können.

10.1 Netzwerk ist nicht aktiv

Wenn das Netzwerk nicht funktioniert, kann dies an NetworkManager selbst liegen. Um dies zu überprüfen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Überprüfen Sie, ob NetworkManager aktiviert und aktiv ist:

```
> sudo systemctl status network
```

2. Wenn NetworkManager deaktiviert ist, aktivieren Sie dies:

```
> sudo systemctl enable NetworkManager
```

3. Wenn NetworkManager inaktiv ist, starten Sie dies neu:

```
> sudo restart NetworkManager
```

10.2 WLAN-Verbindungsproblem

Wenn Sie Probleme mit der WLAN-Verbindung haben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Zeigen Sie die Liste der WLAN-Verbindungen an:

```
> sudo nmcli device wifi list
```

2. Wenn ein bestimmtes Gerät aufgeführt ist, stellen Sie sicher, dass seine WLAN-Verbindung aktiv ist:

```
> sudo nmcli connection show --active
```

3. Wenn die WLAN-Verbindung nicht aufgeführt ist, überprüfen Sie den WLAN-Status:

```
> sudo nmcli device status
```

- a. Wenn der Status `disconnected` lautet, aktivieren Sie die Verbindung.

```
> sudo nmcli connection up CONNECTION_NAME
```

- b. Wenn der Status `unavailable` lautet, starten Sie NetworkManager neu:

```
> sudo systemctl restart NetworkManager
```

4. Überprüfen Sie die NetworkManager-Protokolle auf Fehlermeldungen.

```
> sudo journalctl -u NetworkManager -n 100
```

5. Das WLAN-Gerät ist möglicherweise blockiert:

- a. Prüfen Sie, ob das Gerät blockiert ist:

```
> sudo rfkill list
```

```
phy0: Wireless LAN  
Soft blocked: yes  
Hard blocked: no
```

- b. Heben Sie die Blockierung des Geräts auf:

```
> sudo rfkill unblock all
```

6. Die statische IPv4-Adresse ist möglicherweise falsch konfiguriert. Um dies zu überprüfen, setzen Sie sie zurück, um DHCP zu verwenden:

```
> sudo nmcli connection modify SSID ipv4.method auto
```

7. Versuchen Sie, die Verbindung erneut zu aktivieren:

```
> sudo nmcli connection up SSID
```

8. Versuchen Sie, die Verbindung zum WLAN-Netzwerk wiederherzustellen:

```
> sudo nmcli device wifi connect SSID password PASSWORD
```

10.3 Probleme beim Netzwerk-Bonding

Um Probleme beim Netzwerk-Bonding zu beheben, überprüfen Sie den Verbindungsstatus, überprüfen Sie den Status der Bonding-Schnittstelle und starten Sie die Netzwerkdienste mit dem Kommando `nmcli`.

VORGEHEN 7: FEHLERBEHEBUNG BEIM NETZWERK-BONDING

1. Auflisten und Anzeigen des Status von Verbindungen:

```
nmcli connection status
```

2. Überprüfen Sie den Status von Netzwerkgeräten, einschließlich der Bonding-Schnittstelle.

```
nmcli device status
```

3. Überprüfen des Status der Bonding-Schnittstelle in `/proc/net/bonding/bond0`

Diese Datei enthält Informationen über den Bonding-Modus, aktive Slaves und andere relevante Details.

4. Wenn die Verbindungen inaktiv sind, aktivieren Sie die Verbindungen:

```
nmcli con up connectionname
```

5. Ändern Sie bei Bedarf die Verbindung.

```
nmcli con edit connectionname
```

6. Starten Sie die Verbindung neu.

```
> sudo nmcli connection up bond0
```

10.4 Probleme beim Netzwerk-Teaming

Überprüfen Sie die Fehlermeldungen im Zusammenhang mit Netzwerk-Teaming in `/var/log/messages`.

Sie können Probleme beim Netzwerk-Teaming beheben, indem Sie die Geräte und Teamverbindungsdetails analysieren, das Gerät aktivieren, wenn es deaktiviert ist, und den Bonding-Modus bei Bedarf ändern. Nachdem Sie alle Änderungen vorgenommen haben, laden Sie die Netzwerkteamverbindung neu und starten Sie NetworkManager neu.

VORGEHEN 8: FEHLERBEHEBUNG BEIM NETZWERK-TEAMING

1. Lassen Sie die Liste der Geräte anzeigen:

```
nmcli device
```

2. Zeigen Sie die Details der Teamverbindung an:

```
nmcli connection show teamname
```

3. Aktivieren Sie die Schnittstelle:

```
nmcli connection modify teamname bond.options "mode=active-backup"
```

4. Laden Sie die Netzwerkteamverbindung neu:

```
nmcli connection reload teamname
```


5. Starten Sie NetworkManager neu.

```
> sudo systemctl restart NetworkManager.service
```

11 Rechtliche Hinweise

Copyright © 2006–2025 , SUSE LLC und Mitwirkende. Alle Rechte vorbehalten.

Es wird die Genehmigung erteilt, dieses Dokument unter den Bedingungen der GNU Free Documentation License, Version 1.2 oder (optional) Version 1.3 zu vervielfältigen, zu verbreiten und/oder zu verändern; die unveränderlichen Abschnitte hierbei sind der Urheberrechtshinweis und die Lizenzbedingungen. Eine Kopie dieser Lizenz (Version 1.2) finden Sie in Abschnitt „GNU Free Documentation License“.

Die SUSE Marken finden Sie in <https://www.suse.com/company/legal/> . Alle anderen Marken von Drittanbietern sind Besitz ihrer jeweiligen Eigentümer. Markensymbole (®), [™] usw.) kennzeichnen Marken von SUSE und ihren Tochtergesellschaften. Sternchen (*) kennzeichnen Marken von Drittanbietern.

Alle Informationen in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt zusammengestellt. Auch hierdurch kann jedoch keine hundertprozentige Richtigkeit gewährleistet werden. Weder SUSE LLC noch ihre Tochtergesellschaften noch die Autoren noch die Übersetzer können für mögliche Fehler und deren Folgen haftbar gemacht werden.

A GNU Free Documentation License

Copyright (C) 2000, 2001, 2002 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or non-commercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that

overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition. The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or non-commercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.

- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <https://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

```
Copyright (c) YEAR YOUR NAME.  
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document  
under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2  
or any later version published by the Free Software Foundation;  
with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.  
A copy of the license is included in the section entitled "GNU  
Free Documentation License".
```

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the “with...Texts.” line with this:

```
with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the
Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.
```

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.