



# **SUSE Linux Enterprise Server**

## **SAN hosts and cloud clients**

NetApp  
February 14, 2025

# Inhalt

- SUSE Linux Enterprise Server ..... 1
- SUSE Linux Enterprise Server 15 ..... 1

# SUSE Linux Enterprise Server

## SUSE Linux Enterprise Server 15

### NVMe-of-Hostkonfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 mit ONTAP

NVMe over Fabrics (NVMe-of), einschließlich NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) und andere Übertragungen werden für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 mit Asymmetric Namespace Access (ANA) unterstützt. In NVMe-of Umgebungen entspricht ANA ALUA Multipathing in iSCSI- und FCP-Umgebungen und wird mit in-Kernel NVMe Multipath implementiert.

Die folgende Unterstützung ist für die NVMe-of-Hostkonfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 mit ONTAP verfügbar:

- Ausführen von NVMe- und SCSI-Datenverkehr auf demselben Host. Beispielsweise können Sie dm-Multipath für SCSI-Geräte für SCSI-`mpath`LUNs konfigurieren und NVMe Multipath verwenden, um NVMe-of Namespace Devices auf dem Host zu konfigurieren.
- Unterstützung für NVMe over TCP (NVMe/TCP) und NVMe/FC So kann das NetApp-Plug-in im nativen `nvme-cli` Paket die ONTAP-Details sowohl für NVMe/FC- als auch für NVMe/TCP-Namespaces anzeigen.

Weitere Informationen zu unterstützten Konfigurationen finden Sie im "[Interoperabilitäts-Matrix-Tool](#)".

#### Funktionen

- Unterstützung für sichere in-Band-NVMe-Authentifizierung
- Unterstützung für persistente Erkennungs-Controller (PDCs) unter Verwendung eines eindeutigen Erkennungs-NQN
- TLS 1.3-Verschlüsselung für NVMe/TCP

#### Bekannte Einschränkungen

- Das Booten von SAN über das NVMe-of-Protokoll wird derzeit nicht unterstützt.
- Für NVMe-of auf einem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6-Host ist keine Unterstützung für NetApp `sanlun-Host-Utility` verfügbar. Stattdessen können Sie auf das im nativen Paket enthaltene NetApp Plug-in für alle NVMe-of-Übertragungen vertrauen `nvme-cli`.

#### Konfiguration von NVMe/FC

Sie können NVMe/FC mit Broadcom/Emulex FC- oder Marvell/Qlogic FC-Adaptoren für eine Konfiguration von SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 mit ONTAP konfigurieren.

## Broadcom/Emulex

Konfigurieren Sie NVMe/FC für einen Broadcom/Emulex FC-Adapter.

### Schritte

1. Stellen Sie sicher, dass Sie das empfohlene Adaptermodell verwenden:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

### Beispielausgabe

```
LPe32002 M2  
LPe32002-M2
```

2. Überprüfen Sie die Beschreibung des Adaptermodells:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

### Beispielausgabe

```
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
```

3. Stellen Sie sicher, dass Sie die empfohlenen Firmware-Versionen des Emulex Host Bus Adapters (HBA) verwenden:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

### Beispielausgabe

```
14.2.673.40, sli-4:2:c  
14.2.673.40, sli-4:2:c
```

4. Stellen Sie sicher, dass Sie die empfohlene LPFC-Treiberversion verwenden:

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

### Beispielausgabe

```
0:14.4.0.1
```

5. Vergewissern Sie sich, dass Sie Ihre Initiator-Ports anzeigen können:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

#### Beispielausgabe

```
0x10000090fae0ec88  
0x10000090fae0ec89
```

6. Überprüfen Sie, ob Ihre Initiator-Ports online sind:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

#### Beispielausgabe

```
Online  
Online
```

7. Vergewissern Sie sich, dass die NVMe/FC-Initiator-Ports aktiviert sind und die Ziel-Ports sichtbar sind:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

Im folgenden Beispiel ist ein Initiator-Port aktiviert und mit zwei Ziel-LIFs verbunden.

## Beispielausgabe anzeigen

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x10000090fae0ec88 WWNN x20000090fae0ec88
DID x0a1300 ONLINE
NVME RPORT WWPN x2070d039ea359e4a WWNN x206bd039ea359e4a DID
x0a0a05 TARGET DISCSRVC
ONLINE
NVME Statistics
LS: Xmt 00000003ba Cmpl 00000003ba Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000014e3dfb8 Issue 0000000014e308db OutIO
ffffffffffffff2923
  abort 00000845 noxri 00000000 nondlp 00000063 qdepth 00000000
wqerr 00000003 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000847 Err 00027f33
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x10000090fae0ec89 WWNN x20000090fae0ec89
DID x0a1200 ONLINE
NVME RPORT WWPN x2071d039ea359e4a WWNN x206bd039ea359e4a DID
x0a0305 TARGET DISCSRVC
ONLINE
NVME Statistics
LS: Xmt 00000003ba Cmpl 00000003ba Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000014e39f78 Issue 0000000014e2b832 OutIO
ffffffffffffff18ba
  abort 0000082d noxri 00000000 nondlp 00000028 qdepth 00000000
wqerr 00000007 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000082d Err 000283bb
```

### Marvell/QLogic

Der native Inbox qla2xxx-Treiber, der im SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6-Kernel enthalten ist, verfügt über die neuesten Fehlerbehebungen. Diese Fehlerbehebungen sind für die Unterstützung von ONTAP unerlässlich.

Konfigurieren Sie NVMe/FC für einen Marvell/QLogic-Adapter.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der unterstützte Adaptertreiber und die unterstützten Firmware-Versionen ausgeführt werden:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

### Beispielausgabe

```
QLE2742 FW:v9.14.01 DVR: v10.02.09.200-k  
QLE2742 FW:v9.14.01 DVR: v10.02.09.200-k
```

2. Überprüfen Sie das `ql2xnvmeenable` Parameter ist auf 1 eingestellt:

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

Der erwartete Wert ist 1.

### 1 MB I/O-Größe aktivieren (optional)

ONTAP meldet eine MDTS (MAX Data-Übertragungsgröße) von 8 in den Identifizieren von Controller-Daten. Das bedeutet, dass die maximale E/A-Anforderungsgröße bis zu 1 MB betragen kann. Um I/O-Anforderungen der Größe 1 MB für einen Broadcom-NVMe/FC-Host auszustellen, sollten Sie den Wert des `lpfc_sg_seg_cnt` Parameters ab dem Standardwert 64 auf 256 erhöhen `lpfc`.



Diese Schritte gelten nicht für Qlogic NVMe/FC-Hosts.

### Schritte

1. Setzen Sie den `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter auf 256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. Führen Sie den Befehl aus `dracut -f`, und starten Sie den Host neu.
3. Stellen Sie sicher, dass der Wert für `lpfc_sg_seg_cnt` 256 lautet:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

### NVMe-Services überprüfen

Ab SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 werden die `nvme-fc-boot-connections.service` im NVMe/FC-Paket enthaltenen und `nvme-fc-autoconnect.service` Boot-Services `nvme-cli` automatisch aktiviert, um während des Systemstarts zu starten. Nachdem der Systemstart abgeschlossen ist, sollten Sie überprüfen, ob die Startdienste aktiviert wurden.

## Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass `nvme-autoconnect.service` aktiviert ist:

```
# systemctl status nvme-autoconnect.service
```

### Beispielausgabe anzeigen

```
nvme-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-autoconnect.service;
enabled; vendor preset: disabled)
   Active: inactive (dead) since Thu 2024-05-25 14:55:00 IST; 11min
ago
 Process: 2108 ExecStartPre=/sbin/modprobe nvme-fabrics (code=exited,
status=0/SUCCESS)
 Process: 2114 ExecStart=/usr/sbin/nvme connect-all (code=exited,
status=0/SUCCESS)
 Main PID: 2114 (code=exited, status=0/SUCCESS)

systemd[1]: Starting Connect NVMe-oF subsystems automatically during
boot...
nvme[2114]: traddr=nn-0x201700a098fd4ca6:pn-0x201800a098fd4ca6 is
already connected
systemd[1]: nvme-autoconnect.service: Deactivated successfully.
systemd[1]: Finished Connect NVMe-oF subsystems automatically during
boot.
```

2. Vergewissern Sie sich, dass `nvme-fc-boot-connections.service` aktiviert ist:

```
# systemctl status nvme-fc-boot-connections.service
```



## Beispielausgabe anzeigen

```
nvme-fc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-
NVME devices found during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-boot-
connections.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Thu 2024-05-25 14:55:00 IST; 11min
ago
   Main PID: 1647 (code=exited, status=0/SUCCESS)

systemd[1]: Starting Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices
found during boot...
systemd[1]: nvme-fc-boot-connections.service: Succeeded.
systemd[1]: Finished Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices
found during boot.
```

## Konfiguration von NVMe/TCP

NVMe/TCP besitzt keine automatische Verbindungsfunktion. Stattdessen können Sie die NVMe/TCP-Subsysteme und -Namespaces erkennen, indem Sie NVMe/TCP oder `connect-all` Vorgänge manuell ausführen `connect`.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der Initiator-Port die Daten der Erkennungsprotokollseite über die unterstützten NVMe/TCP-LIFs abrufen kann:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

## Beispielausgabe anzeigen

```
Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 18
====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:discovery
traddr: 192.168.211.67
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:discovery
traddr: 192.168.111.67
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:discovery
traddr: 192.168.211.66
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 3=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
```

```
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:discovery
traddr: 192.168.111.66
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 4====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp
_1
traddr: 192.168.211.67
eflags: none
sectype: none
====Discovery Log Entry 5====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp
_1
traddr: 192.168.111.67
eflags: none
sectype: none
====Discovery Log Entry 6====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp
_1
traddr: 192.168.211.66
```

```
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp
_1
traddr: 192.168.111.66
eflags: none
sectype: none
```

2. Vergewissern Sie sich, dass alle anderen LIF-Kombinationen aus NVMe/TCP-Initiator und Ziel erfolgreich Daten der Erkennungsprotokollseite abrufen können:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

#### Beispielausgabe

```
#nvme discover -t tcp -w 192.168.111.79 -a 192.168.111.66
#nvme discover -t tcp -w 192.168.111.79 -a 192.168.111.67
#nvme discover -t tcp -w 192.168.211.79 -a 192.168.211.66
#nvme discover -t tcp -w 192.168.211.79 -a 192.168.211.67
```

3. Führen Sie die aus `nvme connect-all` Befehl über alle unterstützten NVMe/TCP Initiator-Ziel-LIFs der Nodes hinweg:

```
nvme connect-all -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

#### Beispielausgabe

```
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.111.79 -a 192.168.111.66
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.111.79 -a 192.168.111.67
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.211.79 -a 192.168.211.66
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.211.79 -a 192.168.211.67
```



Ab SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 ist die Standardeinstellung für das NVMe/TCP-`ctrl-loss-tmo`Timeout` deaktiviert. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Wiederholungen nicht begrenzt ist (unbestimmter Versuch), und Sie müssen keine bestimmte Zeitlimitdauer manuell konfigurieren, wenn Sie ``ctrl-loss-tmo` die Befehle oder `nvme connect-all` verwenden `nvme connect` (Option `-l`). Außerdem treten bei einem Pfadausfall bei den NVMe/TCP-Controllern keine Timeouts auf und bleiben unbegrenzt verbunden.

## NVMe-of validieren

Gehen Sie wie folgt vor, um NVMe-of für eine Konfiguration von SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 mit ONTAP zu validieren.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass in-Kernel NVMe Multipath aktiviert ist:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

Der erwartete Wert ist „Y“.

2. Vergewissern Sie sich, dass der Host das korrekte Controller-Modell für die ONTAP-NVMe-Namespaces hat:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

### Beispielausgabe

```
NetApp ONTAP Controller  
NetApp ONTAP Controller
```

3. Überprüfen Sie die NVMe-I/O-Richtlinie für den jeweiligen ONTAP-NVMe-I/O-Controller:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

### Beispielausgabe

```
round-robin  
round-robin
```

4. Vergewissern Sie sich, dass die ONTAP-Namespaces für den Host sichtbar sind:

```
nvme list -v
```

## Beispielausgabe anzeigen

```
Subsystem          Subsystem-NQN
Controllers
-----
-----
nvme-subsys0      nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hcha p nvme0, nvme1, nvme2, nvme3

Device   SN                      MN
FR       TxPort Adress           Subsystem   Namespaces
-----  -----
-----
nvme0    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp ONTAP Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.111.66,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.111.79 nvme-
subsys0 nvme0n1
nvme1    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp ONTAP Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.111.67,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.111.79 nvme-
subsys0 nvme0n1
nvme2    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp ONTAP Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.211.66,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.211.79 nvme-
subsys0 nvme0n1
nvme3    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp ONTAP Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.211.67,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.211.79 nvme-
subsys0 nvme0n1
Device      Generic   NSID      Usage           Format
Controllers
-----  -----  -----
-----
/dev/nvme0n1 /dev/ng0n1 0x1      1.07 GB /      1.07 GB      4 KiB +
0 B   nvme0, nvme1, nvme2, nvme3
```

5. Überprüfen Sie, ob der Controller-Status jedes Pfads aktiv ist und den korrekten ANA-Status aufweist:

```
nvme list-subsys /dev/<subsystem_name>
```

## NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme2n1
```

### Beispielausgabe anzeigen

```
nvme-subsys2 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.06303c519d8411eea468d039ea36a106:system.nvme
  hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c6c04f425633
  iopolicy=round-robin
\
+- nvme4 fc traddr=nn-0x208fd039ea359e4a:pn-0x210dd039ea359e4a,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7ab:pn-0x2100f4c7aa0cd7ab live optimized
+- nvme6 fc traddr=nn-0x208fd039ea359e4a:pn-0x210ad039ea359e4a,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7aa:pn-0x2100f4c7aa0cd7aa live optimized
```

## NVMe/TCP

```
nvme list-subsys
```

### Beispielausgabe anzeigen

```
nvme-subsys1 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp_1
  hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
  iopolicy=round-robin
\
+- nvme4 tcp
traddr=192.168.111.66,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.111.79,src_addr=192.168.111.79 live
+- nvme3 tcp
traddr=192.168.211.66,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.211.79,src_addr=192.168.111.79 live
+- nvme2 tcp
traddr=192.168.111.67,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.111.79,src_addr=192.168.111.79 live
+- nvme1 tcp
traddr=192.168.211.67,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.211.79,src_addr=192.168.111.79 live
```

6. Vergewissern Sie sich, dass das NetApp Plug-in für jedes ONTAP Namespace-Gerät die richtigen Werte anzeigt:



## Spalte

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

## Beispielausgabe

Device	Vserver	Namespace Path	Size
NSID UUID			
-----			
/dev/nvme0n1	vs_192	/vol/fcnvme_vol_1_1_0/fcnvme_ns	1
c6586535-da8a-40fa-8c20-759ea0d69d33		20GB	

## JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

## Beispielausgabe anzeigen

```
{
  "ONTAPdevices": [
    {
      "Device": "/dev/nvme0n1",
      "Vserver": "vs_192",
      "Namespace_Path": "/vol/fcnvme_vol_1_1_0/fcnvme_ns",
      "NSID": 1,
      "UUID": "c6586535-da8a-40fa-8c20-759ea0d69d33",
      "Size": "20GB",
      "LBA_Data_Size": 4096,
      "Namespace_Size": 262144
    }
  ]
}
```

## Erstellen Sie einen persistenten Controller für die Erkennung

Ab ONTAP 9.11.1 können Sie einen persistenten Erkennungscontroller (Persistent Discovery Controller, PDC) für einen SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6-Host erstellen. Ein PDC ist erforderlich, um automatisch ein NVMe-Subsystem zu erkennen, das Vorgänge zum Hinzufügen oder Entfernen sowie Änderungen an den Daten der Erkennungsprotokollseite hinzufügt.

## Schritte

1. Überprüfen Sie, ob die Daten der Erkennungsprotokollseite verfügbar sind und über den Initiator-Port und die Ziel-LIF-Kombination abgerufen werden können:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr>
```

## Beispielausgabe anzeigen

```
Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 18
====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:discovery
traddr: 192.168.211.67
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:discovery
traddr: 192.168.111.67
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:discovery
traddr: 192.168.211.66
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 3=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
```

```
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:discovery
traddr: 192.168.111.66
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 4====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp
_1
traddr: 192.168.211.67
eflags: none
sectype: none
====Discovery Log Entry 5====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp
_1
traddr: 192.168.111.67
eflags: none
sectype: none
====Discovery Log Entry 6====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp
_1
traddr: 192.168.211.66
```

```
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8b5ee9199ff411eea468d039ea36a106:subsystem.nvme_tcp
_1
traddr: 192.168.111.66
eflags: none
sectype: none
```

2. Erstellen Sie ein PDC für das Erkennungs-Subsystem:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr> -p
```

#### Beispielausgabe

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.111.79 -a 192.168.111.666 -p
```

3. Überprüfen Sie vom ONTAP-Controller aus, ob das PDC erstellt wurde:

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver <vserver_name>
```

## Beispielausgabe anzeigen

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver vs_nvme79
Vserver Name: vs_CLIENT116 Controller ID: 00C0h
Discovery Subsystem NQN: nqn.1992-08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery Logical
Interface UUID: d23cbb0a-c0a6-11ec-9731-d039ea165abc Logical
Interface:
CLIENT116_lif_4a_1
Node: A400-14-124
Host NQN: nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-be09-74362c0c1afc
Transport Protocol: nvme-tcp
Initiator Transport Address: 192.168.1.16
Host Identifier: 59de25be738348f08a79df4bce9573f3 Admin Queue Depth:
32
Header Digest Enabled: false Data Digest Enabled: false
Vserver UUID: 48391d66-c0a6-11ec-aaa5-d039ea165514
```

## Sichere in-Band-Authentifizierung einrichten

Ab ONTAP 9.12.1 wird die sichere in-Band-Authentifizierung über NVMe/TCP und NVMe/FC zwischen einem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6-Host und einem ONTAP-Controller unterstützt.

Um eine sichere Authentifizierung einzurichten, muss jeder Host oder Controller einem zugeordnet sein **DH-HMAC-CHAP** Schlüssel: Eine Kombination aus NQN des NVMe-Hosts oder -Controllers und einem vom Administrator konfigurierten Authentifizierungsschlüssel. Um seinen Peer zu authentifizieren, muss ein NVMe-Host oder -Controller den dem Peer zugeordneten Schlüssel erkennen.

Sie können die sichere in-Band-Authentifizierung über die CLI oder eine JSON-Konfigurationsdatei einrichten. Wenn Sie unterschiedliche dhchap-Schlüssel für verschiedene Subsysteme angeben müssen, müssen Sie eine Konfigurations-JSON-Datei verwenden.

## CLI

Richten Sie die sichere bandinterne Authentifizierung über die CLI ein.

### Schritte

1. Rufen Sie die Host-NQN ab:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. Generieren Sie den Dhchap-Schlüssel für den SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6-Host.

In der folgenden Ausgabe werden die Befehlsparameter beschrieben `gen-dhchap-key`:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
• -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize
the host key
• -l length of the resulting key in bytes
• -m HMAC function to use for key transformation
0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512
• -n host NQN to use for key transformation
```

Im folgenden Beispiel wird ein zufälliger Dhchap-Schlüssel mit HMAC auf 3 (SHA-512) generiert.

```
# nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:d3ca725a- ac8d-4d88-b46a-174ac235139b
DHHC-
1:03:J2UJQfj9f0pLnpF/ASDJRTyILKJRr5CougGpGdQSysPrLu6RW1fG15VSjbeDF1n
1DEh3nVBe19nQ/LxreSBeH/bx/pU=:
```

3. Fügen Sie auf dem ONTAP-Controller den Host hinzu und geben Sie beide dhchap-Schlüssel an:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-
bit|8192-bit}
```

4. Ein Host unterstützt zwei Arten von Authentifizierungsmethoden, unidirektional und bidirektional. Stellen Sie auf dem Host eine Verbindung zum ONTAP-Controller her, und geben Sie dhchap-Schlüssel basierend auf der gewählten Authentifizierungsmethode an:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. Validieren Sie den `nvme connect authentication` Durch Überprüfen der `dhchap`-Schlüssel für Host und Controller:

a. Überprüfen Sie die Host-`dhchap`-Schlüssel:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

**Beispielausgabe für eine unidirektionale Konfiguration anzeigen**

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys1/nvme*/dhchap_secret
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw0OIws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjO
Hg8wQtye1JCF5MkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw0OIws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjO
Hg8wQtye1JCF5MkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw0OIws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjO
Hg8wQtye1JCF5MkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw0OIws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjO
Hg8wQtye1JCF5MkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
```

b. Überprüfen Sie die `Dhchap`-Tasten des Controllers:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```



## Beispielausgabe für eine bidirektionale Konfiguration anzeigen

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-  
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret  
DHHC-  
1:03:WorVEV83eY053kV4Iel5OpphbX5LAph03F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crX  
eTUB8fCwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:  
DHHC-  
1:03:WorVEV83eY053kV4Iel5OpphbX5LAph03F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crX  
eTUB8fCwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:  
DHHC-  
1:03:WorVEV83eY053kV4Iel5OpphbX5LAph03F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crX  
eTUB8fCwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:  
DHHC-  
1:03:WorVEV83eY053kV4Iel5OpphbX5LAph03F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crX  
eTUB8fCwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:
```

### JSON-Datei

Wenn in der ONTAP-Controller-Konfiguration mehrere NVMe-Subsysteme verfügbar sind, kann die Datei mit dem `nvme connect-all` Befehl verwendet `/etc/nvme/config.json` werden.

Um die JSON-Datei zu generieren, können Sie die Option verwenden `-o`. Weitere Syntaxoptionen finden Sie auf den Handseiten für NVMe Connect-all.

### Schritte

1. Konfigurieren Sie die JSON-Datei:

## Beispielausgabe anzeigen

```
# cat /etc/nvme/config.json
[
  {
    "hostnqn":"nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-be09-74362c0c1afc",
    "hostid":"3ae10b42-21af-48ce-a40b-cfb5bad81839",
    "dhchap_key":"DHHC-1:03:Cu3ZZfIz1Wm1qZFncMqpAgn/T6EVOcIFHez215U+Pow8jTgBF2UbNk3DK4wfk2EptWpna1rpwG5CndpOgxpRxh9m41w="
  },
  {
    "hostnqn":"nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-be09-74362c0c1afc",
    "subsystems":[
      {
        "nqn":"nqn.1992-08.com.netapp:sn.48391d66c0a611eaaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIENT116",
        "ports":[
          {
            "transport":"tcp",
            "traddr":" 192.168.111.66 ",
            "host_traddr":" 192.168.111.79",
            "trsvcid":"4420",
            "dhchap_ctrl_key":"DHHC-1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
          },
          {
            "transport":"tcp",
            "traddr":" 192.168.111.66 ",
            "host_traddr":" 192.168.111.79",
            "trsvcid":"4420",
            "dhchap_ctrl_key":"DHHC-1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
          },
          {
            "transport":"tcp",
            "traddr":" 192.168.111.66 ",
            "host_traddr":" 192.168.111.79",
            "trsvcid":"4420",
            "dhchap_ctrl_key":"DHHC-1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
          }
        ]
      }
    ]
  }
]
```

```

        "transport": "tcp",
        "traddr": " 192.168.111.66 ",
        "host_traddr": " 192.168.111.79",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    }
}
]
}
]

```

+



Im vorhergehenden Beispiel `dhchap_key` entspricht `dhchap_secret` und `dhchap_ctrl_key` entspricht `dhchap_ctrl_secret`.

2. Stellen Sie mithilfe der Konfigurations-JSON-Datei eine Verbindung zum ONTAP Controller her:

```
# nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

### Beispielausgabe anzeigen

```

traddr=192.168.111.66 is already connected
traddr=192.168.211.66 is already connected
traddr=192.168.111.66 is already connected
traddr=192.168.211.66 is already connected
traddr=192.168.111.66 is already connected
traddr=192.168.211.66 is already connected
traddr=192.168.111.67 is already connected
traddr=192.168.211.67 is already connected
traddr=192.168.111.67 is already connected
traddr=192.168.211.67 is already connected
traddr=192.168.111.67 is already connected
traddr=192.168.111.67 is already connected

```

3. Überprüfen Sie, ob die `dhchap`-Geheimnisse für die jeweiligen Controller für jedes Subsystem aktiviert wurden:

a. Überprüfen Sie die Host-`dhchap`-Schlüssel:

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

#### Beispielausgabe

```
DHHC-1:01:NunEWY7AZ1XqxITGheByarwZdQvU4ebZg9HOjIr6nOHEkxJg:
```

b. Überprüfen Sie die Dhchap-Tasten des Controllers:

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

#### Beispielausgabe

```
DHHC-  
1:03:2YJinsxa2v3+m8qqCiTnmgBZoH6mIT6G/6f0aGO8viVZB4VLNLH4z8CvK7pV  
YxN6S5fOAtaU3DNI12rieRMfdbg3704=:
```

## Konfigurieren Sie Transport Layer Security

Transport Layer Security (TLS) bietet eine sichere End-to-End-Verschlüsselung für NVMe-Verbindungen zwischen NVMe-of Hosts und einem ONTAP-Array. Ab ONTAP 9.16.1 können Sie TLS 1.3 über die CLI und einen konfigurierten Pre-Shared Key (PSK) konfigurieren.

### Über diese Aufgabe

Sie führen die in diesem Verfahren beschriebenen Schritte auf dem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6-Host aus, mit Ausnahme dessen, wo angegeben ist, dass Sie einen Schritt auf dem ONTAP-Controller durchführen.

### Schritte

1. Überprüfen Sie, ob die folgenden Pakete von `ktls-utils`, `openssl` und `libopenssl` auf dem Host installiert sind:

a. `rpm -qa | grep ktls`

#### Beispielausgabe

```
ktls-utils-0.10+12.gc3923f7-150600.1.2.x86_64
```

b. `rpm -qa | grep ssl`

#### Beispielausgabe

```
openssl-3-3.1.4-150600.5.7.1.x86_64  
libopenssl1_1-1.1.1w-150600.5.3.1.x86_64  
libopenssl3-3.1.4-150600.5.7.1.x86_64
```

2. Stellen Sie sicher, dass Sie die richtige Einstellung für haben `/etc/tlsd.conf`:

```
# cat /etc/tlsd.conf
```

#### Beispielausgabe anzeigen

```
[debug]
loglevel=0
tls=0
nl=0
[authenticate]
keyrings=.nvme
[authenticate.client]
#x509.truststore= <pathname>
#x509.certificate= <pathname>
#x509.private_key= <pathname>
[authenticate.server]
#x509.truststore= <pathname>
#x509.certificate= <pathname>
#x509.private_key= <pathname>
```

3. Start beim Systemstart aktivieren `tlsd`:

```
# systemctl enable tlsd
```

4. Überprüfen Sie, ob der `tlsd` Daemon ausgeführt wird:

```
# systemctl status tlsd
```

## Beispielausgabe anzeigen

```
tlshd.service - Handshake service for kernel TLS consumers
  Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/tlshd.service; enabled;
  preset: disabled)
  Active: active (running) since Wed 2024-08-21 15:46:53 IST; 4h
  57min ago
  Docs: man:tlshd(8)
  Main PID: 961 (tlshd)
  Tasks: 1
  CPU: 46ms
  CGroup: /system.slice/tlshd.service
          └─961 /usr/sbin/tlshd
  Aug 21 15:46:54 RX2530-M4-17-153 tlshd[961]: Built from ktls-utils
  0.11-dev on Mar 21 2024 12:00:00
```

5. Generieren Sie das TLS PSK mithilfe der folgenden Funktion `nvme gen-tls-key`:

a. # `cat /etc/nvme/hostnqn`

### Beispielausgabe

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:e58eca24-faff-11ea-8fee-3a68dd3b5c5f
```

b. # `nvme gen-tls-key --hmac=1 --identity=1 --subsysnqn=nqn.1992-08.com.netapp:sn.1d59a6b2416b11ef9ed5d039ea50acb3:subsystem.sles15`

### Beispielausgabe

```
NVMeTLSkey-1:01:dNcby017axByCko8GivzOO9zGlgHDXJCN6KLzvYoA+NpT1uD:
```

6. Fügen Sie auf dem ONTAP-Controller das TLS PSK zum ONTAP-Subsystem hinzu:

```
# nvme subsystem host add -vserver sles15_tls -subsystem sles15 -host
-nqn nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:ffa0c815-e28b-4bb1-8d4c-
7c6d5e610bfc -tls-configured-psk NVMeTLSkey-
1:01:dNcby017axByCko8GivzOO9zGlgHDXJCN6KLzvYoA+NpT1uD:
```

7. Legen Sie das TLS PSK in den Host-Kernel-Schlüsselring ein:

```
# nvme check-tls-key --identity=1 --subsysnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:ffa0c815-e28b-4bb1-8d4c-7c6d5e610bf --keydata=NVMETLSkey -1:01:dNcby017axByCko8GivzOO9zGlgHDXJCN6KLzvYoA+NpT1uD: --insert
```

### Beispielausgabe

```
Inserted TLS key 22152a7e
```



Das PSK wird als "NVMe1R01" angezeigt, da es "Identity v1" vom TLS-Handshake-Algorithmus verwendet. Identity v1 ist die einzige Version, die von ONTAP unterstützt wird.

8. Überprüfen Sie, ob TLS PSK korrekt eingesetzt ist:

```
# cat /proc/keys | grep NVMe
```

### Beispielausgabe

```
22152a7e I--Q---      1 perm 3b010000      0      0 psk      NVMe1R01
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:ffa0c815-e28b-4bb1-8d4c-7c6d5e610bfc
nqn.1992-
08.com.netapp:sn.1d59a6b2416b11ef9ed5d039ea50acb3:subsystem.sles15
UoP9dEfvuCUzzpS0DYxnshKDapZYmvA0/RJJ8JAqmAo=: 32
```

9. Verbinden Sie sich mit dem ONTAP-Subsystem über das eingelegte TLS PSK:

```
a. # nvme connect -t tcp -w 20.20.10.80 -a 20.20.10.14 -n nqn.1992-08.com.netapp:sn.1d59a6b2416b11ef9ed5d039ea50acb3:subsystem.sles15 --tls_key=0x22152a7e --tls
```

### Beispielausgabe

```
connecting to device: nvme0
```

```
b. # nvme list-subsys
```

## Beispielausgabe

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.1d59a6b2416b11ef9ed5d039ea50acb3:subsystem.sles15  
          hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:ffa0c815-e28b-  
4bb1-8d4c-7c6d5e610bfc  
          iopolicy=round-robin  
  
\  
+- nvme0 tcp  
traddr=20.20.10.14,trsvcid=4420,host_traddr=20.20.10.80,src_addr=20.2  
0.10.80 live
```

10. Fügen Sie das Ziel hinzu, und überprüfen Sie die TLS-Verbindung zum angegebenen ONTAP-Subsystem:

```
# nvme subsystem controller show -vserver sles15_tls -subsystem sles15  
-instance
```



## Beispielausgabe anzeigen

```
(vserver nvme subsystem controller show)
      Vserver Name: sles15_tls
      Subsystem: sles15
      Controller ID: 0040h
      Logical Interface: sles15t_e1a_1
      Node: A900-17-174
      Host NQN: nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:ffa0c815-e28b-4bb1-8d4c-7c6d5e610bfc
      Transport Protocol: nvme-tcp
      Initiator Transport Address: 20.20.10.80
      Host Identifier:
ffa0c815e28b4bb18d4c7c6d5e610bfc
      Number of I/O Queues: 4
      I/O Queue Depths: 128, 128, 128, 128
      Admin Queue Depth: 32
      Max I/O Size in Bytes: 1048576
      Keep-Alive Timeout (msec): 5000
      Vserver UUID: 1d59a6b2-416b-11ef-9ed5-
d039ea50acb3
      Subsystem UUID: 9b81e3c5-5037-11ef-8a90-
d039ea50ac83
      Logical Interface UUID: 8185dcac-5035-11ef-8abb-
d039ea50acb3
      Header Digest Enabled: false
      Data Digest Enabled: false
      Authentication Hash Function: -
      Authentication Diffie-Hellman Group: -
      Authentication Mode: none
      Transport Service Identifier: 4420
      TLS Key Type: configured
      TLS PSK Identity: NVMelR01 nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:ffa0c815-e28b-4bb1-8d4c-7c6d5e610bfc
nqn.1992-
08.com.netapp:sn.1d59a6b2416b11ef9ed5d039ea50acb3:subsystem.sles15
UoP9dEfvuCUzzpS0DYxnshKDapZYmvA0/RJJ8JAqmAo=
      TLS Cipher: TLS-AES-128-GCM-SHA256
```

## Bekannte Probleme

Es gibt keine bekannten Probleme für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 mit ONTAP-Version.

## NVMe-of-Hostkonfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5 mit ONTAP

NVMe over Fabrics (NVMe-of), einschließlich NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) und andere Übertragungen werden für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5 mit Asymmetric Namespace Access (ANA) unterstützt. In NVMe-of Umgebungen entspricht ANA ALUA Multipathing in iSCSI- und FCP-Umgebungen und wird mit in-Kernel NVMe Multipath implementiert.

Die folgende Unterstützung ist für die NVMe-of-Hostkonfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5 mit ONTAP verfügbar:

- NVMe- und SCSI-Datenverkehr können auf demselben Host ausgeführt werden. Daher können Sie bei SCSI-LUNs dm-Multipath für SCSI-mpath-Geräte konfigurieren, während Sie möglicherweise NVMe Multipath verwenden, um NVMe-of Namespace-Geräte auf dem Host zu konfigurieren.
- Unterstützung für NVMe over TCP (NVMe/TCP) neben NVMe/FC Das NetApp-Plug-in im nativen `nvme-cli` Package zeigt ONTAP-Details sowohl für NVMe/FC- als auch für NVMe/TCP-Namespaces an.

Weitere Informationen zu unterstützten Konfigurationen finden Sie im ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#).

### Funktionen

- Unterstützung für sichere in-Band-NVMe-Authentifizierung
- Unterstützung für persistente Erkennungs-Controller (PDCs) unter Verwendung eines eindeutigen Erkennungs-NQN

### Bekannte Einschränkungen

- Das Booten von SAN über das NVMe-of-Protokoll wird derzeit nicht unterstützt.
- NVMe-of wird nicht `sanlun` unterstützt. Daher ist die Unterstützung des Host-Dienstprogramms für NVMe-of auf einem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5-Host nicht verfügbar. Sie können das im nativen `nvme-cli`-Paket enthaltene NetApp-Plug-in für alle NVMe-of-Übertragungen verwenden.

### Konfiguration von NVMe/FC

Sie können NVMe/FC für Broadcom/Emulex FC- oder Marvell/Qlogic FC-Adapter konfigurieren.

## Broadcom/Emulex

### Schritte

1. Stellen Sie sicher, dass Sie das empfohlene Adaptermodell verwenden:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

#### Beispielausgabe:

```
LPe32002 M2  
LPe32002-M2
```

2. Überprüfen Sie die Beschreibung des Adaptermodells:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

#### Beispielausgabe:

```
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
```

3. Stellen Sie sicher, dass Sie die empfohlenen Firmware-Versionen des Emulex Host Bus Adapters (HBA) verwenden:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

#### Beispielausgabe:

```
14.0.639.20, sli-4:2:c  
14.0.639.20, sli-4:2:c
```

4. Stellen Sie sicher, dass Sie die empfohlene LPFC-Treiberversion verwenden:

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

#### Beispielausgabe:

```
0:14.2.0.13
```

5. Vergewissern Sie sich, dass Sie Ihre Initiator-Ports anzeigen können:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

**Beispielausgabe:**

```
0x100000109b579d5e  
0x100000109b579d5f
```

6. Überprüfen Sie, ob Ihre Initiator-Ports online sind:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

**Beispielausgabe:**

```
Online  
Online
```

7. Vergewissern Sie sich, dass die NVMe/FC-Initiator-Ports aktiviert sind und die Ziel-Ports sichtbar sind:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

**Beispielausgabe:**

Im folgenden Beispiel ist ein Initiator-Port aktiviert und mit zwei Ziel-LIFs verbunden.

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109b579d5e WWNN x200000109b579d5e DID
x011c00 ONLINE
NVME RPORT WWPN x208400a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x011503
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x208500a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x010003
TARGET DISCSRVC *ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000e49 Cmpl 0000000e49 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000003ceb594f Issue 000000003ce65dbe OutIO
ffffffffffffb046f
abort 00000bd2 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000 wqerr
00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000014f4 Err 00012abd

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109b579d5f WWNN x200000109b579d5f DID
x011b00 ONLINE
NVME RPORT WWPN x208300a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x010c03
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x208200a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x012a03
TARGET DISCSRVC ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000e50 Cmpl 0000000e50 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000003c9859ca Issue 000000003c93515e OutIO
fffffffffffffaf794
abort 00000b73 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000 wqerr
00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000159d Err 000135c3

```

8. Starten Sie den Host neu.

### Marvell/QLogic

Der native Inbox qla2xxx-Treiber, der im SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5-Kernel enthalten ist, verfügt über die neuesten Fehlerbehebungen. Diese Fehlerbehebungen sind für die Unterstützung von ONTAP unerlässlich.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der unterstützte Adaptertreiber und die unterstützten Firmware-Versionen ausgeführt werden:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

### Beispielausgabe:

```
QLE2742 FW:v9.12.01 DVR: v10.02.08.300-k  
QLE2742 FW:v9.12.01 DVR: v10.02.08.300-k
```

2. Überprüfen Sie das `ql2xnvmeenable` Parameter ist auf 1 eingestellt:

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable  
1
```

### 1 MB I/O-Größe aktivieren (optional)

ONTAP meldet eine MDTs (MAX Data-Übertragungsgröße) von 8 in den Identifizieren von Controller-Daten. Das bedeutet, dass die maximale E/A-Anforderungsgröße bis zu 1 MB betragen kann. Um I/O-Anforderungen der Größe 1 MB für einen Broadcom-NVMe/FC-Host auszustellen, sollten Sie den Wert des `lpfc_sg_seg_cnt` Parameters ab dem Standardwert 64 auf 256 erhöhen `lpfc`.



Diese Schritte gelten nicht für Qlogic NVMe/FC-Hosts.

### Schritte

1. Setzen Sie den `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter auf 256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. Führen Sie den Befehl aus `dracut -f`, und starten Sie den Host neu.
3. Stellen Sie sicher, dass der Wert für `lpfc_sg_seg_cnt` 256 lautet:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

### Aktivierung von NVMe-Services

In sind zwei NVMe/FC-Boot-Services enthalten `nvme-cli` Paket, jedoch *nur* `nvme-fc-boot-connections.service` ist aktiviert, um während des Systemstarts zu starten; `nvme-f-autoconnect.service` ist nicht aktiviert. Daher müssen Sie manuell aktivieren `nvme-f-autoconnect.service` Zum Starten während des Systemstarts.

## Schritte

1. Aktivieren `nvmf-autoconnect.service`:

```
# systemctl enable nvmf-autoconnect.service
Created symlink /etc/systemd/system/default.target.wants/nvmf-
autoconnect.service → /usr/lib/systemd/system/nvmf-autoconnect.service.
```

2. Starten Sie den Host neu.
3. Überprüfen Sie, ob `nvmf-autoconnect.service` und `nvmefc-boot-connections.service` nach dem Systemstart ausgeführt werden:

### Beispielausgabe:

```

# systemctl status nvme-autoconnect.service
nvme-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-autoconnect.service;
enabled; vendor preset: disabled)
Active: inactive (dead) since Thu 2023-05-25 14:55:00 IST; 11min
ago
Process: 2108 ExecStartPre=/sbin/modprobe nvme-fabrics (code=exited,
status=0/SUCCESS)
Process: 2114 ExecStart=/usr/sbin/nvme connect-all (code=exited,
status=0/SUCCESS)
Main PID: 2114 (code=exited, status=0/SUCCESS)

systemd[1]: Starting Connect NVMe-oF subsystems automatically during
boot...
nvme[2114]: traddr=nn-0x201700a098fd4ca6:pn-0x201800a098fd4ca6 is
already connected
systemd[1]: nvme-autoconnect.service: Deactivated successfully.
systemd[1]: Finished Connect NVMe-oF subsystems automatically during
boot.

# systemctl status nvme-fc-boot-connections.service
nvme-fc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-NVME
devices found during boot
Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-boot-
connections.service; enabled; vendor preset: enabled)
Active: inactive (dead) since Thu 2023-05-25 14:55:00 IST; 11min ago
Main PID: 1647 (code=exited, status=0/SUCCESS)

systemd[1]: Starting Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices found
during boot...
systemd[1]: nvme-fc-boot-connections.service: Succeeded.
systemd[1]: Finished Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices found
during boot.

```

## Konfiguration von NVMe/TCP

Zum Konfigurieren von NVMe/TCP können Sie das folgende Verfahren verwenden.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der Initiator-Port die Daten der Erkennungsprotokollseite über die unterstützten NVMe/TCP-LIFs abrufen kann:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```



## Beispielausgabe:

```
# nvme discover -t tcp -w 192.168.1.4 -a 192.168.1.31

Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 18
====Discovery Log Entry 0==== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 8009 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery traddr:
192.168.2.117
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
====Discovery Log Entry 1==== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 8009 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery traddr:
192.168.1.117
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
====Discovery Log Entry 2==== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 8009 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery traddr:
192.168.2.116
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
====Discovery Log Entry 3==== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 8009 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery traddr:
192.168.1.116
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
====Discovery Log Entry 4==== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem treq: not specified portid: 0
trsvcid: 4420 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIEN
```

```

T116
traddr: 192.168.2.117 eflags: not specified sectype: none
=====Discovery Log Entry 5===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem treq: not specified portid: 1
trsvcid: 4420 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611eaaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIEN
T116
traddr: 192.168.1.117 eflags: not specified sectype: none
=====Discovery Log Entry 6===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem treq: not specified portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611eaaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIEN
T116
traddr: 192.168.2.116 eflags: not specified sectype: none
=====Discovery Log Entry 7===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem treq: not specified portid: 3
trsvcid: 4420 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611eaaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIEN
T116
traddr: 192.168.1.116 eflags: not specified sectype: none

```

2. Vergewissern Sie sich, dass alle anderen LIF-Kombinationen aus NVMe/TCP-Initiator und Ziel erfolgreich Daten der Erkennungsprotokollseite abrufen können:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

#### Beispielausgabe:

```

# nvme discover -t tcp -w 192.168.1.4 -a 192.168.1.32
# nvme discover -t tcp -w 192.168.2.5 -a 192.168.2.36
# nvme discover -t tcp -w 192.168.2.5 -a 192.168.2.37

```

3. Führen Sie die aus `nvme connect-all` Befehl über alle unterstützten NVMe/TCP Initiator-Ziel-LIFs der Nodes hinweg:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr -l
<ctrl_loss_timeout_in_seconds>
```

#### Beispielausgabe:

```
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.4 -a 192.168.1.31 -l -1
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.4 -a 192.168.1.32 -l -1
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.5 -a 192.168.1.36 -l -1
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.5 -a 192.168.1.37 -l -1
```



NetApp empfiehlt die Einstellung `ctrl-loss-tmo` Option auf `-1` Damit der NVMe/TCP-Initiator versucht, sich im Falle eines Pfadverlusts auf unbestimmte Zeit erneut zu verbinden.

## NVMe-of validieren

Zur Validierung von NVMe-of gehen Sie wie folgt vor.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass in-Kernel NVMe Multipath aktiviert ist:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
Y
```

2. Vergewissern Sie sich, dass der Host das korrekte Controller-Modell für die ONTAP-NVMe-Namespaces hat:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

### Beispielausgabe:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

3. Überprüfen Sie die NVMe-I/O-Richtlinie für den jeweiligen ONTAP-NVMe-I/O-Controller:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

### Beispielausgabe:

```
round-robin
round-robin
```

4. Vergewissern Sie sich, dass die ONTAP-Namespaces für den Host sichtbar sind:

```
nvme list -v
```

### Beispielausgabe:

```
Subsystem          Subsystem-NQN
Controllers
-----
-----
nvme-subsys0      nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_dhcha
p   nvme0, nvme1, nvme2, nvme3
```

```
Device   SN                      MN
FR       TxPort Adress          Subsystem      Namespaces
-----
-----
nvme0    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp ONTAP Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.2.214,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.14 nvme-subsys0
nvme0n1
nvme1    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp ONTAP Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.2.215,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.14 nvme-subsys0
nvme0n1
nvme2    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp ONTAP Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.1.214,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.14 nvme-subsys0
nvme0n1
nvme3    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp ONTAP Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.1.215,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.14 nvme-subsys0
nvme0n1
```

```
Device      Generic      NSID      Usage      Format
Controllers
-----
-----
/dev/nvme0n1 /dev/ng0n1  0x1      1.07 GB / 1.07 GB  4 KiB + 0 B
nvme0, nvme1, nvme2, nvme3
```

5. Überprüfen Sie, ob der Controller-Status jedes Pfads aktiv ist und den korrekten ANA-Status aufweist:

```
nvme list-subsys /dev/<subsystem_name>
```

## NVMe/FC

### Beispielausgabe

```
# nvme list-subsys /dev/nvme1n1
nvme-subsys1 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.04ba0732530911ea8e8300a098dfdd91:subsystem.nvme_145
_1
\
+- nvme2 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-
0x208200a098dfdd91,host_traddr=nn-0x200000109b579d5f:pn-
0x100000109b579d5f live optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-
0x208500a098dfdd91,host_traddr=nn-0x200000109b579d5e:pn-
0x100000109b579d5e live optimized
+- nvme4 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-
0x208400a098dfdd91,host_traddr=nn-0x200000109b579d5e:pn-
0x100000109b579d5e live non-optimized
+- nvme6 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-
0x208300a098dfdd91,host_traddr=nn-0x200000109b579d5f:pn-
0x100000109b579d5f live non-optimized
```

## NVMe/TCP

### Beispielausgabe

```
# nvme list-subsys
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:e58eca24-faff-11ea-8fee-
3a68dd3b5c5f
iopolicy=round-robin

+- nvme0 tcp
traddr=192.168.2.214,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.14 live
+- nvme1 tcp
traddr=192.168.2.215,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.14 live
+- nvme2 tcp
traddr=192.168.1.214,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.14 live
+- nvme3 tcp
traddr=192.168.1.215,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.14 live
```

6. Vergewissern Sie sich, dass das NetApp Plug-in für jedes ONTAP Namespace-Gerät die richtigen Werte anzeigt:

## Spalte

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

### Beispielausgabe:

```
Device          Vserver          Namespace Path
NSID UUID                               Size
-----
-----
/dev/nvme0n1    vs_CLIENT114
/vol/CLIENT114_vol_0_10/CLIENT114_ns10    1    c6586535-da8a-
40fa-8c20-759ea0d69d33    1.07GB
```

## JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

### Beispielausgabe:

```
{
  "ONTAPdevices": [
    {
      "Device": "/dev/nvme0n1",
      "Vserver": "vs_CLIENT114",
      "Namespace_Path": "/vol/CLIENT114_vol_0_10/CLIENT114_ns10",
      "NSID": 1,
      "UUID": "c6586535-da8a-40fa-8c20-759ea0d69d33",
      "Size": "1.07GB",
      "LBA_Data_Size": 4096,
      "Namespace_Size": 262144
    }
  ]
}
```

## Erstellen Sie einen persistenten Controller für die Erkennung

Ab ONTAP 9.11.1 können Sie einen persistenten Erkennungscontroller (Persistent Discovery Controller, PDC) für Ihren SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5-Host erstellen. Ein PDC ist erforderlich, um automatisch ein NVMe-Subsystem zu erkennen, das Szenario hinzufügt oder entfernt sowie Änderungen an den Daten der Erkennungsprotokollseite.

### Schritte

1. Überprüfen Sie, ob die Daten der Erkennungsprotokollseite verfügbar sind und über den Initiator-Port und die Ziel-LIF-Kombination abgerufen werden können:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr>
```

## Beispielausgabe anzeigen:

```
Discovery Log Number of Records 16, Generation counter 14
====Discovery Log Entry 0=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:discovery
traddr:  192.168.1.214
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information sectype: none
====Discovery Log Entry 1=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:discovery
traddr:  192.168.1.215
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 2=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:discovery
traddr:  192.168.2.215
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information sectype: none
====Discovery Log Entry 3=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  0
```



```
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:discovery
traddr: 192.168.2.214
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_n
one
traddr: 192.168.1.214
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_n
one
traddr: 192.168.1.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_n
one
traddr: 192.168.2.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
```

```
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_n
one
traddr: 192.168.2.214
eflags: none
sectype: none
====Discovery Log Entry 8====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.subsys_C
LIENT114
traddr: 192.168.1.214
eflags: none
sectype: none
====Discovery Log Entry 9====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.subsys_C
LIENT114
traddr: 192.168.1.215
eflags: none
sectype: none
====Discovery Log Entry 10====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
```

```
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.subsys_C
LIENT114
traddr: 192.168.2.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 11=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.subsys_C
LIENT114
traddr: 192.168.2.214
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 12=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
traddr: 192.168.1.214
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 13=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
traddr: 192.168.1.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 14=====
trtype: tcp
```

```

adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
traddr:  192.168.2.215
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 15=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
traddr:  192.168.2.214
eflags:  none
sectype: none

```

2. Erstellen Sie ein PDC für das Erkennungs-Subsystem:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr> -p
```

**Beispielausgabe:**

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.16 -a 192.168.1.116 -p
```

3. Überprüfen Sie vom ONTAP-Controller aus, ob das PDC erstellt wurde:

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver vserver_name
```

**Beispielausgabe:**

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver vs_nvme175
Vserver Name: vs_CLIENT116 Controller ID: 00C0h
Discovery Subsystem NQN: nqn.1992-08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery Logical
Interface UUID: d23cbb0a-c0a6-11ec-9731-d039ea165abc Logical Interface:
CLIENT116_lif_4a_1
Node: A400-14-124
Host NQN: nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-be09-
74362c0c1afc
Transport Protocol: nvme-tcp
Initiator Transport Address: 192.168.1.16
Host Identifier: 59de25be738348f08a79df4bce9573f3 Admin Queue Depth: 32
Header Digest Enabled: false Data Digest Enabled: false
Vserver UUID: 48391d66-c0a6-11ec-aaa5-d039ea165514
```

### Sichere in-Band-Authentifizierung einrichten

Ab ONTAP 9.12.1 wird die sichere in-Band-Authentifizierung zwischen Ihrem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5-Host und Ihrem ONTAP-Controller über NVMe/TCP und NVMe/FC unterstützt.

Um eine sichere Authentifizierung einzurichten, muss jeder Host oder Controller einem zugeordnet sein **DH-HMAC-CHAP** Schlüssel: Eine Kombination aus NQN des NVMe-Hosts oder -Controllers und einem vom Administrator konfigurierten Authentifizierungsschlüssel. Um seinen Peer zu authentifizieren, muss ein NVMe-Host oder -Controller den dem Peer zugeordneten Schlüssel erkennen.

Sie können die sichere in-Band-Authentifizierung über die CLI oder eine JSON-Konfigurationsdatei einrichten. Wenn Sie unterschiedliche dhchap-Schlüssel für verschiedene Subsysteme angeben müssen, müssen Sie eine Konfigurations-JSON-Datei verwenden.

## CLI

### Schritte

1. Rufen Sie die Host-NQN ab:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. Generieren Sie den dhchap-Schlüssel für den SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5-Host:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m  
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
```

- -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize the host key
- -l length of the resulting key in bytes
- -m HMAC function to use for key transformation  
0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512
- -n host NQN to use for key transformation

Im folgenden Beispiel wird ein zufälliger Dhchap-Schlüssel mit HMAC auf 3 (SHA-512) generiert.

```
# nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-  
08.org.nvmexpress:uuid:d3ca725a- ac8d-4d88-b46a-174ac235139b  
DHHC-  
1:03:J2UJQfj9f0pLnpF/ASDJRTyILKJRr5CougGpGdQSysPrLu6RW1fG15VSjbeDF1n  
1DEh3nVBe19nQ/LxreSBeH/bx/pU=:
```

3. Fügen Sie auf dem ONTAP-Controller den Host hinzu und geben Sie beide dhchap-Schlüssel an:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem  
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret  
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret  
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-  
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-  
bit|8192-bit}
```

4. Ein Host unterstützt zwei Arten von Authentifizierungsmethoden, unidirektional und bidirektional. Stellen Sie auf dem Host eine Verbindung zum ONTAP-Controller her, und geben Sie dhchap-Schlüssel basierend auf der gewählten Authentifizierungsmethode an:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S  
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. Validieren Sie den `nvme connect authentication` Durch Überprüfen der `dhchap`-Schlüssel für Host und Controller:

a. Überprüfen Sie die Host-dhchap-Schlüssel:

```
$cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

**Beispielausgabe für unidirektionale Konfiguration:**

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys1/nvme*/dhchap_secret
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw0OIws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjOHg8
wQtye1JCFSMkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw0OIws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjOHg8
wQtye1JCFSMkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw0OIws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjOHg8
wQtye1JCFSMkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw0OIws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjOHg8
wQtye1JCFSMkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
```

b. Überprüfen Sie die Dhchap-Tasten des Controllers:

```
$cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

**Beispielausgabe für bidirektionale Konfiguration:**

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret
DHHC-
1:03:WorVEV83eY053kV4Ie15OpphbX5LAphO3F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crXeTUB8f
CwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:
DHHC-
1:03:WorVEV83eY053kV4Ie15OpphbX5LAphO3F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crXeTUB8f
CwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:
DHHC-
1:03:WorVEV83eY053kV4Ie15OpphbX5LAphO3F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crXeTUB8f
CwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:
DHHC-
1:03:WorVEV83eY053kV4Ie15OpphbX5LAphO3F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crXeTUB8f
CwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:
```

### JSON-Datei

Sie können das verwenden `/etc/nvme/config.json` Datei mit `nvme connect-all` Befehl, wenn in der ONTAP Controller-Konfiguration mehrere NVMe-Subsysteme verfügbar sind.

Sie können die JSON-Datei mit erstellen `-o` Option. Weitere Syntaxoptionen finden Sie auf den man-Pages für NVMe Connect-all.

### Schritte

1. Konfigurieren Sie die JSON-Datei:

```
# cat /etc/nvme/config.json
[
  {
    "hostnqn": "nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-
be09-74362c0c1afc",
    "hostid": "3ae10b42-21af-48ce-a40b-cfb5bad81839",
    "dhchap_key": "DHHC-
1:03:Cu3ZZfIz1Wm1qZFnCMqpAgn/T6EVOcIFHez215U+Pow8jTgBF2UbNk3DK4wfk2E
ptWpna1rpgW5CndpOgxpRxh9m41w=: "
  },
  {
    "hostnqn": "nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-
be09-74362c0c1afc",
    "subsystems": [
      {
        "nqn": "nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_C
LIENT116",
        "ports": [
```



```

    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.1.117",
        "host_traddr": "192.168.1.16",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    },
    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.1.116",
        "host_traddr": "192.168.1.16",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    },
    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.2.117",
        "host_traddr": "192.168.2.16",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    },
    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.2.116",
        "host_traddr": "192.168.2.16",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    }
]
}
]

```

[NOTE]

In the preceding example, `dhchap\_key` corresponds to `dhchap\_secret` and `dhchap\_ctrl\_key` corresponds to `dhchap\_ctrl\_secret`.

2. Stellen Sie mithilfe der Konfigurations-JSON-Datei eine Verbindung zum ONTAP Controller her:

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

**Beispielausgabe:**

```
traddr=192.168.2.116 is already connected
traddr=192.168.1.116 is already connected
traddr=192.168.2.117 is already connected
traddr=192.168.1.117 is already connected
traddr=192.168.2.117 is already connected
traddr=192.168.1.117 is already connected
traddr=192.168.2.116 is already connected
traddr=192.168.1.116 is already connected
traddr=192.168.2.116 is already connected
traddr=192.168.1.116 is already connected
traddr=192.168.2.117 is already connected
traddr=192.168.1.117 is already connected
```

3. Überprüfen Sie, ob die dhchap-Geheimnisse für die jeweiligen Controller für jedes Subsystem aktiviert wurden:

a. Überprüfen Sie die Host-dhchap-Schlüssel:

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

**Beispielausgabe:**

```
DHHC-1:01:NunEWY7AZlXqxITGheByarwZdQvU4ebZg9H0jIr6nOHEkxJg:
```

b. Überprüfen Sie die Dhchap-Tasten des Controllers:

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

**Beispielausgabe:**

```
DHHC-
1:03:2YJinsxa2v3+m8qqCiTnmgBZoH6mIT6G/6f0aGO8viVZB4VLNLH4z8CvK7pV
YxN6S5fOAtaU3DNi12rieRMfdbg3704=:
```

## Bekannte Probleme

Es gibt keine bekannten Probleme für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5 mit ONTAP-Version.

## NVMe-of-Hostkonfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP4 mit ONTAP

NVMe over Fabrics (NVMe-of), einschließlich NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) und andere Übertragungen werden mit SUSE Linux Enterprise Server (SLES) 15 SP4 mit Asymmetric Namespace Access (ANA) unterstützt. In NVMe-of Umgebungen entspricht ANA ALUA Multipathing in iSCSI- und FCP-Umgebungen und wird mit in-Kernel NVMe Multipath implementiert.

Die folgende Unterstützung ist für die NVMe-of-Hostkonfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP4 mit ONTAP verfügbar:

- NVMe- und SCSI-Datenverkehr können auf demselben Host ausgeführt werden. Daher können Sie bei SCSI-LUNs dm-Multipath für SCSI-mpath-Geräte konfigurieren, während Sie möglicherweise NVMe Multipath verwenden, um NVMe-of Namespace-Geräte auf dem Host zu konfigurieren.
- Unterstützung für NVMe over TCP (NVMe/TCP) neben NVMe/FC über das NetApp-Plug-in im nativen nvme-cli-Paket werden ONTAP-Details für NVMe/FC- und NVMe/TCP-Namespaces angezeigt.

Weitere Informationen zu unterstützten Konfigurationen finden Sie im ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#).

## Funktionen

- Unterstützung für sichere in-Band-NVMe-Authentifizierung
- Unterstützung für persistente Erkennungs-Controller (PDCs) unter Verwendung eines eindeutigen Erkennungs-NQN

## Bekannte Einschränkungen

- Das Booten von SAN über das NVMe-of-Protokoll wird derzeit nicht unterstützt.
- Für NVMe-of gibt es keine sanlun-Unterstützung. Daher ist die Unterstützung des Host-Dienstprogramms für NVMe-of auf einem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP5-Host nicht verfügbar. Sie können sich auf das NetApp Plug-in im nativen nvme-cli-Paket für alle NVMe-of-Übertragungen verlassen.

## Konfiguration von NVMe/FC

Sie können NVMe/FC für Broadcom/Emulex FC-Adapter oder Marvell/Qlogic FC-Adapter konfigurieren.

## Broadcom/Emulex

### Schritte

1. Stellen Sie sicher, dass Sie das empfohlene Adaptermodell verwenden:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

#### Beispielausgabe:

```
LPe32002 M2  
LPe32002-M2
```

2. Überprüfen Sie die Beschreibung des Adaptermodells:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

#### Beispielausgabe:

```
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
```

3. Stellen Sie sicher, dass Sie die empfohlenen Firmware-Versionen des Emulex Host Bus Adapters (HBA) verwenden:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

#### Beispielausgabe:

```
12.8.351.47, sli-4:2:c  
12.8.351.47, sli-4:2:c
```

4. Stellen Sie sicher, dass Sie die empfohlene LPFC-Treiberversion verwenden:

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

#### Beispielausgabe:

```
0:14.2.0.6
```

5. Vergewissern Sie sich, dass Sie Ihre Initiator-Ports anzeigen können:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

**Beispielausgabe:**

```
0x100000109b579d5e  
0x100000109b579d5f
```

6. Überprüfen Sie, ob Ihre Initiator-Ports online sind:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

**Beispielausgabe:**

```
Online  
Online
```

7. Vergewissern Sie sich, dass die NVMe/FC-Initiator-Ports aktiviert sind und die Ziel-Ports sichtbar sind:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

**Beispielausgabe:**

Im folgenden Beispiel ist ein Initiator-Port aktiviert und mit zwei Ziel-LIFs verbunden.

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109b579d5e WWNN x200000109b579d5e DID
x011c00 ONLINE
NVME RPORT WWPN x208400a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x011503
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x208500a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x010003
TARGET DISCSRVC ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000e49 Cmpl 0000000e49 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000003ceb594f Issue 000000003ce65dbe OutIO
ffffffffffffb046f
abort 00000bd2 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000 wqerr
00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000014f4 Err 00012abd

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109b579d5f WWNN x200000109b579d5f DID
x011b00 ONLINE
NVME RPORT WWPN x208300a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x010c03
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x208200a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x012a03
TARGET DISCSRVC ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000e50 Cmpl 0000000e50 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000003c9859ca Issue 000000003c93515e OutIO
ffffffffffffaf794
abort 00000b73 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000 wqerr
00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000159d Err 000135c3

```

8. Starten Sie den Host neu.

### Marvell/QLogic

Der native Inbox qla2xxx-Treiber, der im SUSE Linux Enterprise Server 15 SP4-Kernel enthalten ist, verfügt über die neuesten Fehlerbehebungen. Diese Fehlerbehebungen sind für die Unterstützung von ONTAP unerlässlich.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der unterstützte Adaptertreiber und die unterstützten Firmware-Versionen ausgeführt werden:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

### Beispielausgabe:

```
QLE2742 FW:v9.08.02 DVR:v10.02.07.800-k QLE2742 FW:v9.08.02  
DVR:v10.02.07.800-k
```

2. Überprüfen Sie das `ql2xnvmeenable` Parameter ist auf 1 eingestellt:

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable  
1
```

### 1 MB I/O-Größe aktivieren (optional)

ONTAP meldet eine MDTs (MAX Data-Übertragungsgröße) von 8 in den Identifizieren von Controller-Daten. Das bedeutet, dass die maximale E/A-Anforderungsgröße bis zu 1 MB betragen kann. Um I/O-Anforderungen der Größe 1 MB für einen Broadcom-NVMe/FC-Host auszustellen, sollten Sie den Wert des `lpfc_sg_seg_cnt` Parameters ab dem Standardwert 64 auf 256 erhöhen `lpfc`.



Diese Schritte gelten nicht für Qlogic NVMe/FC-Hosts.

### Schritte

1. Setzen Sie den `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter auf 256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. Führen Sie den Befehl aus `dracut -f`, und starten Sie den Host neu.
3. Stellen Sie sicher, dass der Wert für `lpfc_sg_seg_cnt` 256 lautet:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

### Aktivierung von NVMe-Services

In sind zwei NVMe/FC-Boot-Services enthalten `nvme-cli` Paket, jedoch *nur* `nvme-fc-boot-connections.service` ist aktiviert, um während des Systemstarts zu starten; `nvme-f-autoconnect.service` ist nicht aktiviert. Daher müssen Sie manuell aktivieren `nvme-f-autoconnect.service` Zum Starten während des Systemstarts.

## Schritte

1. Aktivieren `nvmf-autoconnect.service`:

```
# systemctl enable nvmf-autoconnect.service
Created symlink /etc/systemd/system/default.target.wants/nvmf-
autoconnect.service → /usr/lib/systemd/system/nvmf-autoconnect.service.
```

2. Starten Sie den Host neu.
3. Überprüfen Sie, ob `nvmf-autoconnect.service` und `nvmefc-boot-connections.service` nach dem Systemstart ausgeführt werden:

### Beispielausgabe:



```

# systemctl status nvme-autoconnect.service
  nvme-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
  Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-autoconnect.service;
enabled; vendor preset: disabled)
  Active: inactive (dead) since Thu 2023-05-25 14:55:00 IST; 11min
ago
  Process: 2108 ExecStartPre=/sbin/modprobe nvme-fabrics (code=exited,
status=0/SUCCESS)
  Process: 2114 ExecStart=/usr/sbin/nvme connect-all (code=exited,
status=0/SUCCESS)
  Main PID: 2114 (code=exited, status=0/SUCCESS)

systemd[1]: Starting Connect NVMe-oF subsystems automatically during
boot...
nvme[2114]: traddr=nn-0x201700a098fd4ca6:pn-0x201800a098fd4ca6 is
already connected
systemd[1]: nvme-autoconnect.service: Deactivated successfully.
systemd[1]: Finished Connect NVMe-oF subsystems automatically during
boot.

# systemctl status nvme-fc-boot-connections.service
nvme-fc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-NVME
devices found during boot
  Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-boot-
connections.service; enabled; vendor preset: enabled)
  Active: inactive (dead) since Thu 2023-05-25 14:55:00 IST; 11min ago
  Main PID: 1647 (code=exited, status=0/SUCCESS)

systemd[1]: Starting Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices found
during boot...
systemd[1]: nvme-fc-boot-connections.service: Succeeded.
systemd[1]: Finished Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices found
during boot.

```

## Konfiguration von NVMe/TCP

Zum Konfigurieren von NVMe/TCP können Sie das folgende Verfahren verwenden.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der Initiator-Port die Daten der Erkennungsprotokollseite über die unterstützten NVMe/TCP-LIFs abrufen kann:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

## Beispielausgabe:

```
# nvme discover -t tcp -w 192.168.1.4 -a 192.168.1.31

Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 18
=====Discovery Log Entry 0===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 8009 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery traddr:
192.168.2.117
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 8009 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery traddr:
192.168.1.117
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 8009 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery traddr:
192.168.2.116
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 3===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 8009 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery traddr:
192.168.1.116
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem treq: not specified portid: 0
trsvcid: 4420 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIEN
```

```

T116
traddr: 192.168.2.117 eflags: not specified sectype: none
=====Discovery Log Entry 5===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem treq: not specified portid: 1
trsvcid: 4420 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611eaaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIEN
T116
traddr: 192.168.1.117 eflags: not specified sectype: none
=====Discovery Log Entry 6===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem treq: not specified portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611eaaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIEN
T116
traddr: 192.168.2.116 eflags: not specified sectype: none
=====Discovery Log Entry 7===== trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem treq: not specified portid: 3
trsvcid: 4420 subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611eaaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_CLIEN
T116
traddr: 192.168.1.116 eflags: not specified sectype: none

```

2. Vergewissern Sie sich, dass alle anderen LIF-Kombinationen aus NVMe/TCP-Initiator und Ziel erfolgreich Daten der Erkennungsprotokollseite abrufen können:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

#### Beispielausgabe:

```

# nvme discover -t tcp -w 192.168.1.4 -a 192.168.1.32
# nvme discover -t tcp -w 192.168.2.5 -a 192.168.2.36
# nvme discover -t tcp -w 192.168.2.5 -a 192.168.2.37

```

3. Führen Sie die aus `nvme connect-all` Befehl über alle unterstützten NVMe/TCP Initiator-Ziel-LIFs der Nodes hinweg:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr -l
<ctrl_loss_timeout_in_seconds>
```

#### Beispielausgabe:

```
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.4 -a 192.168.1.31 -l -1
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.4 -a 192.168.1.32 -l -1
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.5 -a 192.168.1.36 -l -1
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.5 -a 192.168.1.37 -l -1
```



NetApp empfiehlt die Einstellung `ctrl-loss-tmo` Option auf `-1` Damit der NVMe/TCP-Initiator versucht, sich im Falle eines Pfadverlusts auf unbestimmte Zeit erneut zu verbinden.

## NVMe-of validieren

Zur Validierung von NVMe-of gehen Sie wie folgt vor.

### Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass in-Kernel NVMe Multipath aktiviert ist:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
Y
```

2. Vergewissern Sie sich, dass der Host das korrekte Controller-Modell für die ONTAP-NVMe-Namespaces hat:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

### Beispielausgabe:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

3. Überprüfen Sie die NVMe-I/O-Richtlinie für den jeweiligen ONTAP-NVMe-I/O-Controller:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

### Beispielausgabe:

```
round-robin
round-robin
```

4. Vergewissern Sie sich, dass die ONTAP-Namespaces für den Host sichtbar sind:

```
nvme list -v
```

### Beispielausgabe:

```
Subsystem          Subsystem-NQN
Controllers
-----
-----
nvme-subsys0      nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_dhcha
p      nvme0, nvme1, nvme2, nvme3
```

```
Device  SN                      MN
FR      TxPort Adress          Subsystem  Namespaces
-----
-----
nvme0    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp  ONTAP  Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.2.214,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.14 nvme-subsys0
nvme0n1
nvme1    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp  ONTAP  Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.2.215,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.14 nvme-subsys0
nvme0n1
nvme2    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp  ONTAP  Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.1.214,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.14 nvme-subsys0
nvme0n1
nvme3    81LGgBUqsI3EAAAAAAAAE NetApp  ONTAP  Controller  FFFFFFFF tcp
traddr=192.168.1.215,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.14 nvme-subsys0
nvme0n1
```

```
Device      Generic      NSID      Usage      Format
Controllers
-----
-----
/dev/nvme0n1 /dev/ng0n1  0x1      1.07 GB / 1.07 GB  4 KiB + 0 B
nvme0, nvme1, nvme2, nvme3
```

5. Überprüfen Sie, ob der Controller-Status jedes Pfads aktiv ist und den korrekten ANA-Status aufweist:

```
nvme list-subsys /dev/<subsystem_name>
```

## NVMe/FC

```
# nvme list-subsys /dev/nvme1n1
nvme-subsys1 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.04ba0732530911ea8e8300a098dfdd91:subsystem.nvme_145
_1
\
+- nvme2 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-
0x208200a098dfdd91,host_traddr=nn-0x200000109b579d5f:pn-
0x100000109b579d5f live optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-
0x208500a098dfdd91,host_traddr=nn-0x200000109b579d5e:pn-
0x100000109b579d5e live optimized
+- nvme4 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-
0x208400a098dfdd91,host_traddr=nn-0x200000109b579d5e:pn-
0x100000109b579d5e live non-optimized
+- nvme6 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-
0x208300a098dfdd91,host_traddr=nn-0x200000109b579d5f:pn-
0x100000109b579d5f live non-optimized
```

## NVMe/TCP

```
# nvme list-subsys
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:e58eca24-faff-11ea-8fee-
3a68dd3b5c5f
iopolicy=round-robin

+- nvme0 tcp
traddr=192.168.2.214,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.14 live
+- nvme1 tcp
traddr=192.168.2.215,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.14 live
+- nvme2 tcp
traddr=192.168.1.214,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.14 live
+- nvme3 tcp
traddr=192.168.1.215,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.14 live
```

6. Vergewissern Sie sich, dass das NetApp Plug-in für jedes ONTAP Namespace-Gerät die richtigen Werte anzeigt:

## Spalte

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

### Beispielausgabe:

```
Device          Vserver          Namespace Path
NSID UUID          Size
-----
-----
/dev/nvme0n1    vs_CLIENT114
/vol/CLIENT114_vol_0_10/CLIENT114_ns10    1    c6586535-da8a-
40fa-8c20-759ea0d69d33    1.07GB
```

## JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

### Beispielausgabe:

```
{
  "ONTAPdevices": [
    {
      "Device": "/dev/nvme0n1",
      "Vserver": "vs_CLIENT114",
      "Namespace_Path": "/vol/CLIENT114_vol_0_10/CLIENT114_ns10",
      "NSID": 1,
      "UUID": "c6586535-da8a-40fa-8c20-759ea0d69d33",
      "Size": "1.07GB",
      "LBA_Data_Size": 4096,
      "Namespace_Size": 262144
    }
  ]
}
```

## Erstellen Sie einen persistenten Controller für die Erkennung

Ab ONTAP 9.11.1 können Sie einen persistenten Erkennungscontroller (Persistent Discovery Controller, PDC) für Ihren SUSE Linux Enterprise Server 15 SP4-Host erstellen. Ein PDC ist erforderlich, um automatisch ein NVMe-Subsystem zu erkennen, das Szenario hinzufügt oder entfernt sowie Änderungen an den Daten der Erkennungsprotokollseite.

### Schritte

1. Überprüfen Sie, ob die Daten der Erkennungsprotokollseite verfügbar sind und über den Initiator-Port und die Ziel-LIF-Kombination abgerufen werden können:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr>
```



## Beispielausgabe anzeigen:

```
Discovery Log Number of Records 16, Generation counter 14
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:discovery
traddr:  192.168.1.214
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:discovery
traddr:  192.168.1.215
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:discovery
traddr:  192.168.2.215
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information sectype: none
=====Discovery Log Entry 3=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  0
```

```
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:discovery
traddr: 192.168.2.214
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_n
one
traddr: 192.168.1.214
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_n
one
traddr: 192.168.1.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_n
one
traddr: 192.168.2.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
```

```
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_n
one
traddr: 192.168.2.214
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 8=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.subsys_C
LIENT114
traddr: 192.168.1.214
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 9=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.subsys_C
LIENT114
traddr: 192.168.1.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 10=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
```

```
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.subsys_C
LIENT114
traddr: 192.168.2.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 11=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.subsys_C
LIENT114
traddr: 192.168.2.214
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 12=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
traddr: 192.168.1.214
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 13=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
traddr: 192.168.1.215
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 14=====
trtype: tcp
```

```

adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
traddr:  192.168.2.215
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 15=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  0
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0501daf15dda11eeab68d039eaa7a232:subsystem.unidir_d
hchap
traddr:  192.168.2.214
eflags:  none
sectype: none

```

2. Erstellen Sie ein PDC für das Erkennungs-Subsystem:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr> -p
```

**Beispielausgabe:**

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.16 -a 192.168.1.116 -p
```

3. Überprüfen Sie vom ONTAP-Controller aus, ob das PDC erstellt wurde:

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver vserver_name
```

**Beispielausgabe:**

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver vs_nvme175
Vserver Name: vs_CLIENT116 Controller ID: 00C0h
Discovery Subsystem NQN: nqn.1992-08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:discovery Logical
Interface UUID: d23cbb0a-c0a6-11ec-9731-d039ea165abc Logical Interface:
CLIENT116_lif_4a_1
Node: A400-14-124
Host NQN: nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-be09-
74362c0c1afc
Transport Protocol: nvme-tcp
Initiator Transport Address: 192.168.1.16
Host Identifier: 59de25be738348f08a79df4bce9573f3 Admin Queue Depth: 32
Header Digest Enabled: false Data Digest Enabled: false
Vserver UUID: 48391d66-c0a6-11ec-aaa5-d039ea165514
```

### Sichere in-Band-Authentifizierung einrichten

Ab ONTAP 9.12.1 wird die sichere in-Band-Authentifizierung zwischen Ihrem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP4-Host und Ihrem ONTAP-Controller über NVMe/TCP und NVMe/FC unterstützt.

Um eine sichere Authentifizierung einzurichten, muss jeder Host oder Controller einem zugeordnet sein **DH-HMAC-CHAP** Schlüssel: Eine Kombination aus NQN des NVMe-Hosts oder -Controllers und einem vom Administrator konfigurierten Authentifizierungsschlüssel. Um seinen Peer zu authentifizieren, muss ein NVMe-Host oder -Controller den dem Peer zugeordneten Schlüssel erkennen.

Sie können die sichere in-Band-Authentifizierung über die CLI oder eine JSON-Konfigurationsdatei einrichten. Wenn Sie unterschiedliche dhchap-Schlüssel für verschiedene Subsysteme angeben müssen, müssen Sie eine Konfigurations-JSON-Datei verwenden.

## CLI

### Schritte

1. Rufen Sie die Host-NQN ab:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. Generieren Sie den dhchap-Schlüssel für den SUSE Linux Enterprise Server 15 SP4-Host:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m  
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
```

- -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize the host key
- -l length of the resulting key in bytes
- -m HMAC function to use for key transformation  
0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512
- -n host NQN to use for key transformation

+

Im folgenden Beispiel wird ein zufälliger Dhchap-Schlüssel mit HMAC auf 3 (SHA-512) generiert.

```
# nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:d3ca725a-  
ac8d-4d88-b46a-174ac235139b  
DHHC-  
1:03:J2UJQfj9f0pLnpF/ASDJRTyILKJRR5CougGpGdQSysPrLu6RW1fG15VSjbeDF1n1DE  
h3nVBe19nQ/LxreSBeH/bx/pU=:
```

1. Fügen Sie auf dem ONTAP-Controller den Host hinzu und geben Sie beide dhchap-Schlüssel an:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem  
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret  
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret  
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-  
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-  
bit|8192-bit}
```

2. Ein Host unterstützt zwei Arten von Authentifizierungsmethoden, unidirektional und bidirektional. Stellen Sie auf dem Host eine Verbindung zum ONTAP-Controller her, und geben Sie dhchap-Schlüssel basierend auf der gewählten Authentifizierungsmethode an:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

3. Validieren Sie den `nvme connect authentication` Durch Überprüfen der `dhchap`-Schlüssel für Host und Controller:

a. Überprüfen Sie die Host-dhchap-Schlüssel:

```
$cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

**Beispielausgabe für unidirektionale Konfiguration:**

```
SR650-14-114:~ # cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys1/nvme*/dhchap_secret
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw00Iws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjOHg8
wQtye1JCFSMkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw00Iws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjOHg8
wQtye1JCFSMkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw00Iws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjOHg8
wQtye1JCFSMkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
DHHC-
1:03:je1nQCmjJLUKD62mpYbz1puw00Iws86NB96uNO/t3jbvhp7fjyR9bIRjOHg8
wQtye1JCFSMkBQH3pTKGdYR1OV9gx00=:
```

b. Überprüfen Sie die Dhchap-Tasten des Controllers:

```
$cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

**Beispielausgabe für bidirektionale Konfiguration:**



```

SR650-14-114:~ # cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret
DHHC-
1:03:WorVEV83eY053kV4Iel5OpphbX5LAph03F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crXeTUB8f
CwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:
DHHC-
1:03:WorVEV83eY053kV4Iel5OpphbX5LAph03F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crXeTUB8f
CwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:
DHHC-
1:03:WorVEV83eY053kV4Iel5OpphbX5LAph03F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crXeTUB8f
CwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:
DHHC-
1:03:WorVEV83eY053kV4Iel5OpphbX5LAph03F8fgH3913t1rkSGDBJTt3crXeTUB8f
CwGbPsEyz6CXxdQJi6kbn4IzmkFU=:

```

### JSON-Datei

Sie können das verwenden `/etc/nvme/config.json` Datei mit `nvme connect-all` Befehl, wenn in der ONTAP Controller-Konfiguration mehrere NVMe-Subsysteme verfügbar sind.

Sie können die JSON-Datei mit erstellen `-o` Option. Weitere Syntaxoptionen finden Sie auf den man-Pages für NVMe Connect-all.

### Schritte

1. Konfigurieren Sie die JSON-Datei:

```

# cat /etc/nvme/config.json
[
  {
    "hostnqn": "nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-
be09-74362c0c1afc",
    "hostid": "3ae10b42-21af-48ce-a40b-cfb5bad81839",
    "dhchap_key": "DHHC-
1:03:Cu3ZZfIz1Wm1qZFnCMqpAgn/T6EVOcIFHez215U+Pow8jTgBF2UbNk3DK4wfk2E
ptWpna1rpgW5CndpOgxpRxxh9m41w=: "
  },
  {
    "hostnqn": "nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:12372496-59c4-4d1b-
be09-74362c0c1afc",
    "subsystems": [
      {
        "nqn": "nqn.1992-
08.com.netapp:sn.48391d66c0a611ecaaa5d039ea165514:subsystem.subsys_C
LIENT116",
        "ports": [

```

```

    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.1.117",
        "host_traddr": "192.168.1.16",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    },
    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.1.116",
        "host_traddr": "192.168.1.16",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    },
    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.2.117",
        "host_traddr": "192.168.2.16",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    },
    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.2.116",
        "host_traddr": "192.168.2.16",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:01:0h58bcT/uu0rCpGsDYU6ZHZvRuVqsYKuBRS0Nu0VPx5HEwaZ:"
    }
]
}
]

```

[NOTE]

In the preceding example, `dhchap\_key` corresponds to `dhchap\_secret` and `dhchap\_ctrl\_key` corresponds to `dhchap\_ctrl\_secret`.

2. Stellen Sie mithilfe der Konfigurations-JSON-Datei eine Verbindung zum ONTAP Controller her:

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

**Beispielausgabe:**

```
traddr=192.168.2.116 is already connected
traddr=192.168.1.116 is already connected
traddr=192.168.2.117 is already connected
traddr=192.168.1.117 is already connected
traddr=192.168.2.117 is already connected
traddr=192.168.1.117 is already connected
traddr=192.168.2.116 is already connected
traddr=192.168.1.116 is already connected
traddr=192.168.2.116 is already connected
traddr=192.168.1.116 is already connected
traddr=192.168.2.117 is already connected
traddr=192.168.1.117 is already connected
```

3. Überprüfen Sie, ob die dhchap-Geheimnisse für die jeweiligen Controller für jedes Subsystem aktiviert wurden:

a. Überprüfen Sie die Host-dhchap-Schlüssel:

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

**Beispielausgabe:**

```
DHHC-1:01:NunEWY7AZlXqxITGheByarwZdQvU4ebZg9H0jIr6nOHEkxJg:
```

b. Überprüfen Sie die Dhchap-Tasten des Controllers:

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

**Beispielausgabe:**

```
DHHC-
1:03:2YJinsxa2v3+m8qqCiTnmgBZoH6mIT6G/6f0aGO8viVZB4VLNLH4z8CvK7pVYxN
6S5fOAtaU3DNi12rieRMfdbg3704=:
```

## Bekannte Probleme

Es gibt keine bekannten Probleme für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP4 mit ONTAP-Version.

## NVMe-of-Host-Konfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP3 mit ONTAP

NVMe over Fabrics oder NVMe-of (einschließlich NVMe/FC und andere Übertragungen) wird für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP3 mit ANA (Asymmetric Namespace Access) unterstützt. ANA ist das ALUA-Äquivalent für NVMe-of Umgebungen und wird derzeit mit in-Kernel NVMe Multipath implementiert. Mit diesem Verfahren können Sie NVMe-of mit in-Kernel NVMe Multipath unter Verwendung von ANA unter SUSE Linux Enterprise Server 15 SP3 und ONTAP als Ziel aktivieren.

Genauere Details zu unterstützten Konfigurationen finden Sie in der "[Interoperabilitäts-Matrix-Tool](#)".

## Funktionen

- SUSE Linux Enterprise Server 15 SP3 unterstützt NVMe/FC und andere Übertragungen.
- Es gibt keine Unterstützung für NVMe-of für SAN. Daher gibt es keine Unterstützung für Linux Host Utilities für NVMe-of unter SUSE Linux Enterprise Server 15 SP3. Sie können sich auf das NetApp Plug-in im nativen `nvme-cli`-Paket für NVMe-of verlassen. Dies sollte alle NVMe-of-Übertragungen unterstützen.
- NVMe- und SCSI-Datenverkehr können auf demselben Host ausgeführt werden. Es wird also von einer häufig implementierten Host-Konfiguration für Kunden ausgegangen. Daher können Sie bei SCSI wie gewohnt für SCSI-LUNs konfigurieren `dm-multipath`, die zu `mpath`-Geräten führen, während NVMe Multipath möglicherweise verwendet wird, um NVMe-of Multipath-Geräte auf dem Host zu konfigurieren.

## Bekannte Einschränkungen

Das Booten von SAN über das NVMe-of-Protokoll wird derzeit nicht unterstützt.

## Aktivieren Sie NVMe Multipath im Kernel

NVMe Multipath im Kernel ist bereits standardmäßig auf SUSE Linux Enterprise Server-Hosts wie SUSE Linux Enterprise Server 15 SP3 aktiviert. Daher ist hier keine weitere Einstellung erforderlich. Genauere Details zu unterstützten Konfigurationen finden Sie in der "[Interoperabilitäts-Matrix-Tool](#)".

## NVMe-of-Initiator-Pakete

Genauere Details zu unterstützten Konfigurationen finden Sie in der "[Interoperabilitäts-Matrix-Tool](#)".

1. Vergewissern Sie sich, dass die erforderlichen Kernel- und `nvme-cli`-MU-Pakete auf dem MU-Host SUSE Linux Enterprise Server 15 SP3 installiert sind.

Beispiel:

```
# uname -r
5.3.18-59.5-default

# rpm -qa|grep nvme-cli
nvme-cli-1.13-3.3.1.x86_64
```

Das oben genannte nvme-cli MU-Paket umfasst jetzt Folgendes:

- **NVMe/FC Skripts zur automatischen Verbindung** - erforderlich für NVMe/FC Auto-(re)Verbindung, wenn zugrunde liegende Pfade zu den Namespaces wiederhergestellt werden sowie während des Host-Neustarts:

```
# rpm -ql nvme-cli-1.13-3.3.1.x86_64
/etc/nvme
/etc/nvme/hostid
/etc/nvme/hostnqn
/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-boot-connections.service
/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-connect.target
/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-connect@.service
...
```

- **ONTAP udev Rule** - Neue udev-Regel zur Gewährleistung der standardmäßigen NVMe-Multipath-Round-Robin-Load-Balancer für alle ONTAP-Namespaces:

```
# rpm -ql nvme-cli-1.13-3.3.1.x86_64
/etc/nvme
/etc/nvme/hostid
/etc/nvme/hostnqn
/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-boot-connections.service
/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-autoconnect.service
/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-connect.target
/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-connect@.service
/usr/lib/udev/rules.d/70-nvme-fc-autoconnect.rules
/usr/lib/udev/rules.d/71-nvme-fc-iopolicy-netapp.rules
...
# cat /usr/lib/udev/rules.d/71-nvme-fc-iopolicy-netapp.rules
# Enable round-robin for NetApp ONTAP and NetApp E-Series
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{model}=="NetApp
ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{model}=="NetApp E-
Series", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

- **NetApp Plug-in für ONTAP Geräte** - das bestehende NetApp Plug-in wurde jetzt geändert, um auch ONTAP Namespaces zu verarbeiten.

2. Prüfen Sie die hostnqn-Zeichenfolge bei `/etc/nvme/hostnqn` Auf dem Host und stellen Sie sicher, dass es ordnungsgemäß mit der hostnqn-Zeichenfolge für das entsprechende Subsystem auf dem ONTAP-Array übereinstimmt. Beispiel:

```
# cat /etc/nvme/hostnqn
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:3ca559e1-5588-4fc4-b7d6-5ccfb0b9f054
:> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_fc_nvme_145
Vserver      Subsystem      Host NQN
-----
vs_nvme_145 nvme_145_1 nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
              nvme_145_2 nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
              nvme_145_3 nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
              nvme_145_4 nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
              nvme_145_5 nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
5 entries were displayed.
```

Je nach dem FC-Adapter, der auf dem Host verwendet wird, fahren Sie mit den folgenden Schritten fort.

## Konfiguration von NVMe/FC

### Broadcom/Emulex

1. Vergewissern Sie sich, dass die empfohlenen Adapter- und Firmware-Versionen vorliegen. Beispiel:

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
LPe32002-M2
LPe32002-M2
# cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
# cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
12.8.340.8, sli-4:2:c
12.8.840.8, sli-4:2:c
```

- Die neueren lpfc-Treiber (sowohl inbox als auch outbox) haben bereits den Standardwert `lpfc_enable_fc4_type` auf 3 gesetzt, daher müssen Sie diesen nicht mehr explizit in der `/etc/modprobe.d/lpfc.conf` setzen. Und erstellen Sie die `initrd`. Der lpfc nvme Die Unterstützung ist bereits standardmäßig aktiviert:

```
# cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
3
```

- Der bestehende native Inbox lpfc Treiber ist bereits der neueste und kompatibel mit NVMe/FC. Daher

müssen Sie den lpfc oob-Treiber nicht installieren.

```
# cat /sys/module/lpfc/version  
0:12.8.0.10
```

2. Vergewissern Sie sich, dass die Initiator-Ports ausgeführt werden:

```
# cat /sys/class/fc_host/host*/port_name  
0x100000109b579d5e  
0x100000109b579d5f  
# cat /sys/class/fc_host/host*/port_state  
Online  
Online
```

3. Vergewissern Sie sich, dass die NVMe/FC-Initiator-Ports aktiviert sind, dass die Ziel-Ports angezeigt werden und alle Ports ausgeführt werden. + im folgenden Beispiel ist nur ein Initiator-Port aktiviert und mit zwei Ziel-LIFs verbunden:

```

# cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109b579d5e WWNN x200000109b579d5e DID x011c00 ONLINE
NVME RPORT WWPN x208400a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x011503 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x208500a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x010003 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000e49 Cmpl 0000000e49 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000003ceb594f Issue 000000003ce65dbe OutIO
ffffffffffffb046f
abort 00000bd2 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000 wqerr
00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000014f4 Err 00012abd
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109b579d5f WWNN x200000109b579d5f DID x011b00 ONLINE
NVME RPORT WWPN x208300a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x010c03 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x208200a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x012a03 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000e50 Cmpl 0000000e50 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000003c9859ca Issue 000000003c93515e OutIO
ffffffffffffaf794
abort 00000b73 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000 wqerr
00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000159d Err 000135c3

```

4. Starten Sie den Host neu.

### 1 MB I/O-Größe aktivieren (optional)

ONTAP meldet in den Identify Controller-Daten ein MDTs (MAX Data Transfer Size) von 8, was bedeutet, dass die maximale E/A-Anforderungsgröße bis zu 1 MB betragen sollte. Um jedoch I/O-Anforderungen der Größe 1 MB für den Broadcom NVMe/FC-Host auszustellen, sollte der lpfc-Parameter `lpfc_sg_seg_cnt` auch bis zu 256 vom Standardwert 64 entfernt werden. Befolgen Sie dazu die folgenden Anweisungen:

1. Fügen Sie den Wert 256 in der jeweiligen hinzu `modprobe lpfc.conf` Datei:



```
# cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. Führen Sie den Befehl aus `dracut -f`, und starten Sie den Host neu.
3. Überprüfen Sie nach dem Neustart, ob die oben genannte Einstellung angewendet wurde, indem Sie den entsprechenden `sysfs`-Wert überprüfen:

```
# cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
256
```

Jetzt sollte der Broadcom NVMe/FC-Host in der Lage sein, 1-MB-I/O-Anfragen an den ONTAP Namespace-Geräten zu senden.

### Marvell/QLogic

Der native Inbox `qla2xxx`-Treiber, der im neueren SUSE Linux Enterprise Server 15 SP3 MU-Kernel enthalten ist, verfügt über die neuesten Upstream-Fehlerbehebungen. Diese Fehlerbehebungen sind für die Unterstützung von ONTAP unerlässlich.

1. Vergewissern Sie sich, dass Sie den unterstützten Adaptertreiber und die unterstützten Firmware-Versionen ausführen, z. B.:

```
# cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
QLE2742 FW:v9.06.02 DVR:v10.02.00.106-k
QLE2742 FW:v9.06.02 DVR:v10.02.00.106-k
```

2. Verifizieren `ql2xnvmeenable` Ist gesetzt, sodass der Marvell-Adapter als NVMe/FC-Initiator fungieren kann:

```
# cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
1
```

### Konfiguration von NVMe/TCP

Im Gegensatz zu NVMe/FC verfügt NVMe/TCP über keine automatische Verbindungsfunktion. Es gibt zwei wesentliche Einschränkungen für den Linux NVMe/TCP-Host:

- **Kein automatischer erneuten Verbindungsaufbau nach der Wiederherstellung von Pfaden**  
NVMe/TCP kann nicht automatisch eine Verbindung zu einem Pfad herstellen, der über den Standard hinaus wiederhergestellt ist `ctrl-loss-tmo` Timer von 10 Minuten nach einem Pfad nach unten.
- **Beim Host-Bootup kann keine automatische Verbindung hergestellt werden** NVMe/TCP kann auch beim Host-Bootup nicht automatisch eine Verbindung herstellen.

Sie sollten den Wiederholungszeitraum für Failover-Ereignisse auf mindestens 30 Minuten einstellen, um Zeitüberschreitungen zu vermeiden. Sie können den Wiederholungszeitraum erhöhen, indem Sie den Wert des `Ctrl_Loss_tmo`-Timers erhöhen. Im Folgenden sind die Details aufgeführt:

## Schritte

1. Überprüfen Sie, ob der Initiator-Port die Daten der Erkennungsprotokollseiten in den unterstützten NVMe/TCP LIFs abrufen kann:

```
# nvme discover -t tcp -w 192.168.1.8 -a 192.168.1.51
Discovery Log Number of Records 10, Generation counter 119
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.56e362e9bb4f11ebbaded039ea165abc:subsystem.nvme_118_tcp
_1
traddr: 192.168.2.56
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.56e362e9bb4f11ebbaded039ea165abc:subsystem.nvme_118_tcp
_1
traddr: 192.168.1.51
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.56e362e9bb4f11ebbaded039ea165abc:subsystem.nvme_118_tcp
_2
traddr: 192.168.2.56
sectype: none
...
```

2. Überprüfen Sie, ob andere LIF-Kombos des NVMe/TCP-Initiators-Initiators erfolgreich die Daten der Erkennungsprotokoll-Seite abrufen können. Beispiel:

```
# nvme discover -t tcp -w 192.168.1.8 -a 192.168.1.52
# nvme discover -t tcp -w 192.168.2.9 -a 192.168.2.56
# nvme discover -t tcp -w 192.168.2.9 -a 192.168.2.57
```

3. Laufen `nvme connect-all` Befehl über alle unterstützten NVMe/TCP-Initiator-Ziel-LIFs über die Nodes hinweg Stellen Sie einen längeren Zeitraum ein `ctrl_loss_tmo` Zeitschaltuhr-Wiederholungszeitraum (z. B. 30 Minuten, die über eingestellt werden kann `-l 1800`) Während des `connect-all`, so dass es für einen längeren Zeitraum im Falle eines Pfadverlusts erneut versuchen würde. Beispiel:

```
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.8 -a 192.168.1.51 -l 1800
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.8 -a 192.168.1.52 -l 1800
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.9 -a 192.168.2.56 -l 1800
# nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.9 -a 192.168.2.57 -l 1800
```

## NVMe-of validieren

1. Überprüfung des NVMe Multipath im Kernel durch Prüfung:

```
# cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
Y
```

2. Vergewissern Sie sich, dass die entsprechenden NVMe-of Einstellungen (z. B. `model` Auf einstellen NetApp ONTAP Controller Und `load balancing iopolicy` Auf einstellen `round-robin`) Für die jeweiligen ONTAP-Namespaces richtig reflektieren auf dem Host:

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller

# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
round-robin
round-robin
```

3. Vergewissern Sie sich, dass die ONTAP-Namespaces auf dem Host ordnungsgemäß reflektieren. Beispiel:

```
# nvme list
Node              SN                      Model                      Namespace
-----
/dev/nvme0n1     81CZ5BQuUNfGAAAAAAB   NetApp ONTAP Controller   1

Usage              Format                    FW Rev
-----
85.90 GB / 85.90 GB  4 KiB + 0 B           FFFFFFFF
```

Ein weiteres Beispiel:

```
# nvme list
Node              SN                      Model                      Namespace
-----
/dev/nvme0n1     81CYrBQuTHQFAAAAAAAC  NetApp ONTAP Controller   1

Usage              Format                    FW Rev
-----
85.90 GB / 85.90 GB  4 KiB + 0 B           FFFFFFFF
```

4. Überprüfen Sie, ob der Controller-Status jedes Pfads aktiv ist und den korrekten ANA-Status aufweist.  
Beispiel:

```
# nvme list-subsys /dev/nvme1n1
nvme-subsys1 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.04ba0732530911ea8e8300a098dfdd91:subsystem.nvme_145_1
\
+- nvme2 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-0x208200a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b579d5f:pn-0x100000109b579d5f live non-
optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-0x208500a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b579d5e:pn-0x100000109b579d5e live non-
optimized
+- nvme4 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-0x208400a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b579d5e:pn-0x100000109b579d5e live optimized
+- nvme6 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-0x208300a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b579d5f:pn-0x100000109b579d5f live optimized
```

Ein weiteres Beispiel:

```
#nvme list-subsys /dev/nvme0n1
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.37ba7d9cbfba11eba35dd039ea165514:subsystem.nvme_114_tcp
_1
\
+- nvme0 tcp traddr=192.168.2.36 trsvcid=4420 host_traddr=192.168.1.4
live optimized
+- nvme1 tcp traddr=192.168.1.31 trsvcid=4420 host_traddr=192.168.1.4
live optimized
+- nvme10 tcp traddr=192.168.2.37 trsvcid=4420 host_traddr=192.168.1.4
live non-optimized
+- nvme11 tcp traddr=192.168.1.32 trsvcid=4420 host_traddr=192.168.1.4
live non-optimized
+- nvme20 tcp traddr=192.168.2.36 trsvcid=4420 host_traddr=192.168.2.5
live optimized
+- nvme21 tcp traddr=192.168.1.31 trsvcid=4420 host_traddr=192.168.2.5
live optimized
+- nvme30 tcp traddr=192.168.2.37 trsvcid=4420 host_traddr=192.168.2.5
live non-optimized
+- nvme31 tcp traddr=192.168.1.32 trsvcid=4420 host_traddr=192.168.2.5
live non-optimized
```

5. Überprüfen Sie, ob das NetApp Plug-in die richtigen Werte für jedes ONTAP Namespace-Gerät anzeigt.  
Beispiel:

```

# nvme netapp ontapdevices -o column
Device          Vserver          Namespace Path
-----          -
-----
/dev/nvme1n1 vserver_fcnvme_145 /vol/fcnvme_145_vol_1_0_0/fcnvme_145_ns

NSID  UUID                               Size
----  -
1     23766b68-e261-444e-b378-2e84dbe0e5e1 85.90GB

# nvme netapp ontapdevices -o json
{
  "ONTAPdevices" : [
    {
      "Device" : "/dev/nvme1n1",
      "Vserver" : "vserver_fcnvme_145",
      "Namespace_Path" : "/vol/fcnvme_145_vol_1_0_0/fcnvme_145_ns",
      "NSID" : 1,
      "UUID" : "23766b68-e261-444e-b378-2e84dbe0e5e1",
      "Size" : "85.90GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 20971520
    }
  ]
}

```

Ein weiteres Beispiel:

```

# nvme netapp ontapdevices -o column
Device          Vserver          Namespace Path
-----          -
-----
/dev/nvme0n1 vs_tcp_114      /vol/tcpnvme_114_1_0_1/tcpnvme_114_ns

NSID  UUID                               Size
----  -
1     a6aee036-e12f-4b07-8e79-4d38a9165686 85.90GB

# nvme netapp ontapdevices -o json
{
  "ONTAPdevices" : [
    {
      "Device" : "/dev/nvme0n1",
      "Vserver" : "vs_tcp_114",
      "Namespace_Path" : "/vol/tcpnvme_114_1_0_1/tcpnvme_114_ns",
      "NSID" : 1,
      "UUID" : "a6aee036-e12f-4b07-8e79-4d38a9165686",
      "Size" : "85.90GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 20971520
    }
  ]
}

```

## Bekannte Probleme

Es sind keine Probleme bekannt.

## NVMe/FC-Hostkonfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2 mit ONTAP

NVMe/FC wird auf ONTAP 9.6 und höher mit SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2 unterstützt. Auf dem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2-Host kann sowohl NVMe/FC- als auch FCP-Datenverkehr über dieselben Fibre-Channel-Initiator-Adapter-Ports ausgeführt werden. Eine Liste der unterstützten FC-Adapter und Controller finden Sie im ["Hardware Universe"](#).

Die aktuelle Liste der unterstützten Konfigurationen und Versionen finden Sie im ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#).



Mit den in diesem Verfahren angegebenen Konfigurationseinstellungen können Sie Cloud-Clients konfigurieren, die mit und verbunden ["Cloud Volumes ONTAP"](#)/["Amazon FSx für ONTAP"](#) sind.

## Bekannte Einschränkungen

Das Booten von SAN über das NVMe-of-Protokoll wird derzeit nicht unterstützt.

### Aktivieren Sie NVMe/FC unter SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2

1. Führen Sie ein Upgrade auf die empfohlene SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2 MU-Kernel-Version durch.
2. Upgrade des nativen nvme-cli-Pakets

Dieses native nvme-cli-Paket enthält die automatischen NVMe/FC-connect-Skripte, die ONTAP udev-Regel für den Round-Robin-Lastausgleich für NVMe Multipath und das NetApp Plug-in für ONTAP Namespaces.

```
# rpm -qa|grep nvme-cli
nvme-cli-1.10-2.38.x86_64
```

3. Überprüfen Sie auf dem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2-Host die NQN-Hostzeichenfolge unter /etc/nvme/hostnqn, und vergewissern Sie sich, dass sie mit der NQN-Hostzeichenfolge für das entsprechende Subsystem im ONTAP-Array übereinstimmt. Beispiel:

```
# cat /etc/nvme/hostnqn
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:3ca559e1-5588-4fc4-b7d6-5ccfb0b9f054
```

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_fc_nvme_145
Vserver Subsystem Host NQN
-----
-----
vs_fc_nvme_145
nvme_145_1
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
nvme_145_2
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
nvme_145_3
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
nvme_145_4
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
nvme_145_5
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c7b07b16-a22e-41a6-a1fd-cf8262c8713f
5 entries were displayed.
```

4. Starten Sie den Host neu.



## Konfigurieren Sie den Broadcom FC-Adapter für NVMe/FC

1. Vergewissern Sie sich, dass Sie den unterstützten Adapter verwenden. Die aktuelle Liste der unterstützten Adapter finden Sie im ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#).

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname  
LPe32002-M2  
LPe32002-M2
```

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc  
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
```

2. Stellen Sie sicher, dass Sie die empfohlene Broadcom lpfc-Firmware und native Inbox-Treiber-Versionen verwenden.

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev  
12.6.240.40, sli-4:2:c  
12.6.240.40, sli-4:2:c
```

```
# cat /sys/module/lpfc/version  
0:12.8.0.2
```

3. Stellen Sie sicher, dass `lpfc_enable_fc4_type` auf 3 gesetzt ist.

```
# cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type  
3
```

4. Vergewissern Sie sich, dass die Initiator-Ports ausgeführt werden.

```
# cat /sys/class/fc_host/host*/port_name  
0x100000109b579d5e  
0x100000109b579d5f
```

```
# cat /sys/class/fc_host/host*/port_state  
Online  
Online
```

5. Vergewissern Sie sich, dass die NVMe/FC-Initiator-Ports aktiviert sind und die Ziel-LIFs ausgeführt werden können.

```

# cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109b579d5e WWNN x200000109b579d5e DID
x011c00 ONLINE
NVME RPORT WWPN x208400a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x011503
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x208500a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x010003
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000e49 Cmpl 0000000e49 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000003ceb594f Issue 000000003ce65dbe OutIO
ffffffffffffb046f
abort 00000bd2 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000 wqerr
00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000014f4 Err 00012abd
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109b579d5f WWNN x200000109b579d5f DID
x011b00 ONLINE
NVME RPORT WWPN x208300a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x010c03
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x208200a098dfdd91 WWNN x208100a098dfdd91 DID x012a03
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000e50 Cmpl 0000000e50 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000003c9859ca Issue 000000003c93515e OutIO
fffffffffffff794
abort 00000b73 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000 wqerr
00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000159d Err 000135c3

```

## NVMe/FC validieren

1. Überprüfen Sie die folgenden NVMe/FC-Einstellungen.

```

# cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
Y

```

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
NetApp ONTAP Controller
```

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
round-robin
```

## 2. Vergewissern Sie sich, dass die Namespaces erstellt wurden.

```
# nvme list
Node SN Model Namespace Usage Format FW Rev
-----
-----
-----
/dev/nvme1n1 814vWBNRwfbGAAAAAAB NetApp ONTAP Controller 1 85.90 GB /
85.90 GB 4 KiB + 0 B FFFFFFFF
```

## 3. Überprüfen Sie den Status der ANA-Pfade.

```
# nvme list-subsys /dev/nvme1n1
nvme-subsys1 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.04ba0732530911ea8e8300a098dfdd91:subsystem.nvme_145_1
\
+- nvme2 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-0x208200a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b579d5f:pn-0x100000109b579d5f live
inaccessible
+- nvme3 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-0x208500a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b579d5e:pn-0x100000109b579d5e live
inaccessible
+- nvme4 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-0x208400a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b579d5e:pn-0x100000109b579d5e live optimized
+- nvme6 fc traddr=nn-0x208100a098dfdd91:pn-0x208300a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b579d5f:pn-0x100000109b579d5f live optimized
```

## 4. Überprüfen Sie das NetApp Plug-in für ONTAP Geräte.

```

# nvme netapp ontapdevices -o column
Device Vserver Namespace Path NSID UUID Size
-----
-----
-----
/dev/nvme1n1 vserver_fcnvme_145 /vol/fcnvme_145_vol_1_0_0/fcnvme_145_ns
1 23766b68-e261-444e-b378-2e84dbe0e5e1 85.90GB

# nvme netapp ontapdevices -o json
{
  "ONTAPdevices" : [
    {
      "Device" : "/dev/nvme1n1",
      "Vserver" : "vserver_fcnvme_145",
      "Namespace_Path" : "/vol/fcnvme_145_vol_1_0_0/fcnvme_145_ns",
      "NSID" : 1,
      "UUID" : "23766b68-e261-444e-b378-2e84dbe0e5e1",
      "Size" : "85.90GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 20971520
    },
  ]
}

```

## Bekannte Probleme

Es sind keine Probleme bekannt.

## Aktivieren Sie 1 MB I/O-Größe für Broadcom NVMe/FC

ONTAP meldet eine MDTS (MAX Data-Übertragungsgröße) von 8 in den Identifizieren von Controller-Daten. Das bedeutet, dass die maximale E/A-Anforderungsgröße bis zu 1 MB betragen kann. Um I/O-Anforderungen der Größe 1 MB für einen Broadcom-NVMe/FC-Host auszustellen, sollten Sie den Wert des `lpfc_sg_seg_cnt` Parameters ab dem Standardwert 64 auf 256 erhöhen `lpfc`.



Diese Schritte gelten nicht für Qlogic NVMe/FC-Hosts.

## Schritte

1. Setzen Sie den `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter auf 256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. Führen Sie den Befehl aus `dracut -f`, und starten Sie den Host neu.
3. Stellen Sie sicher, dass der Wert für `lpfc_sg_seg_cnt` 256 lautet:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

## LPFC Verbose Logging

Legen Sie den lpfc-Treiber für NVMe/FC fest.

### Schritte

1. Stellen Sie die ein `lpfc_log_verbose` Treibereinstellung auf einen der folgenden Werte, um NVMe/FC-Ereignisse zu protokollieren.

```
#define LOG_NVME 0x00100000 /* NVME general events. */
#define LOG_NVME_DISC 0x00200000 /* NVME Discovery/Connect events. */
#define LOG_NVME_ABTS 0x00400000 /* NVME ABTS events. */
#define LOG_NVME_IOERR 0x00800000 /* NVME IO Error events. */
```

2. Führen Sie nach dem Festlegen der Werte den aus `dracut-f` Führen Sie einen Befehl aus und starten Sie den Host neu.
3. Überprüfen Sie die Einstellungen.

```
# cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf options lpfc lpfc_log_verbose=0xf00083
# cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_log_verbose 15728771
```

## NVMe/FC-Hostkonfiguration für SUSE Linux Enterprise Server 15 SP1 mit ONTAP

Sie können NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) auf Hosts konfigurieren, auf denen SUSE Linux Enterprise Server 15 SP1 und ONTAP als Ziel ausgeführt werden.

Ab ONTAP 9.6 wird NVMe/FC für die folgenden Versionen von SUSE Linux Enterprise Server unterstützt:

- SUSE Linux Enterprise Server 15 SP1

Auf dem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP1-Host kann sowohl NVMe/FC- als auch FCP-Datenverkehr über dieselben Fibre-Channel-Initiator-Adapter-Ports ausgeführt werden. Eine Liste der unterstützten FC-Adapter und Controller finden Sie im ["Hardware Universe"](#).

Die aktuelle Liste der unterstützten Konfigurationen und Versionen finden Sie im ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#).

- Das `nvme-cli`-Paket enthält native NVMe/FC-Skripts für die automatische Verbindung. Sie können den nativen `Inbox-lpfc`-Treiber unter SUSE Linux Enterprise Server 15 SP1 verwenden.

## Bekannte Einschränkungen

Das Booten von SAN über das NVMe-of-Protokoll wird derzeit nicht unterstützt.

### Aktivieren Sie NVMe/FC unter SUSE Linux Enterprise Server 15 SP1

1. Führen Sie ein Upgrade auf den empfohlenen SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2 MU-Kernel durch
2. Führen Sie ein Upgrade auf die empfohlene nvme-cli MU-Version durch.

Dieses nvme-cli-Paket enthält die nativen automatischen NVMe/FC-Verbindungsskripts, sodass Sie die von Broadcom bereitgestellten externen NVMe/FC-Skripts für die automatische Verbindung nicht auf dem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP1-Host installieren müssen. Dieses Paket enthält außerdem die ONTAP udev-Regel für den Round Robin-Lastausgleich für NVMe Multipath und das NetApp Plug-in für ONTAP Geräte.

```
# rpm -qa | grep nvme-cli
nvme-cli-1.8.1-6.9.1.x86_64
```

3. Überprüfen Sie auf dem SUSE Linux Enterprise Server 15 SP1-Host die NQN-Hostzeichenfolge unter `/etc/nvme/hostnqn`, und vergewissern Sie sich, dass sie mit der NQN-Hostzeichenfolge für das entsprechende Subsystem im ONTAP-Array übereinstimmt. Beispiel:

```
# cat /etc/nvme/hostnqn
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:75953f3b-77fe-4e03-bf3c-09d5a156fbcd
```

```
*> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_nvme_10
Vserver Subsystem Host NQN
-----
sles_117_nvme_ss_10_0
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:75953f3b-77fe-4e03-bf3c-09d5a156fbcd
```

4. Starten Sie den Host neu.

### Konfigurieren Sie den Broadcom FC-Adapter für NVMe/FC

1. Vergewissern Sie sich, dass Sie den unterstützten Adapter verwenden. Die aktuelle Liste der unterstützten Adapter finden Sie im "[Interoperabilitäts-Matrix-Tool](#)".

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
LPe32002-M2
LPe32002-M2
```

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
```

2. Stellen Sie sicher, dass Sie die empfohlene Broadcom lpfc-Firmware und native Inbox-Treiber-Versionen verwenden.

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
12.4.243.17, sil-4.2.c
12.4.243.17, sil-4.2.c
```

```
# cat /sys/module/lpfc/version
0:12.6.0.0
```

3. Stellen Sie sicher, dass lpfc\_enable\_fc4\_type auf 3 gesetzt ist.

```
# cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
3
```

4. Vergewissern Sie sich, dass die Initiator-Ports ausgeführt werden.

```
# cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
0x10000090fae0ec61
0x10000090fae0ec62
```

```
# cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
Online
Online
```

5. Vergewissern Sie sich, dass die NVMe/FC-Initiator-Ports aktiviert sind und die Ziel-LIFs ausgeführt werden können.

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 NVME 2947 SCSI 2977 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x10000090fae0ec61 WWNN x20000090fae0ec61 DID
x012000 ONLINE
NVME RPORT WWPN x202d00a098c80f09 WWNN x202c00a098c80f09 DID x010201
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT WWPN x203100a098c80f09 WWNN x202c00a098c80f09 DID x010601
TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME Statistics
...
```

## NVMe/FC validieren

1. Überprüfen Sie die folgenden NVMe/FC-Einstellungen.

```
# cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
Y
```

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
round-robin
round-robin
```

2. Vergewissern Sie sich, dass die Namespaces erstellt wurden.

```
# nvme list
Node SN Model Namespace Usage Format FW Rev
-----
/dev/nvme0n1 80BADBKnb/JvAAAAAAC NetApp ONTAP Controller 1 53.69 GB /
53.69 GB 4 KiB + 0 B FFFFFFFF
```

3. Überprüfen Sie den Status der ANA-Pfade.



```
# nvme list-subsys/dev/nvme0n1
Nvme-subsysf0 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.341541339b9511e8a9b500a098c80f09:subsystem.sles_117_nvme_ss_10_0
\
+- nvme0 fc traddr=nn-0x202c00a098c80f09:pn-0x202d00a098c80f09
host_traddr=nn-0x20000090fae0ec61:pn-0x10000090fae0ec61 live optimized
+- nvme1 fc traddr=nn-0x207300a098dfdd91:pn-0x207600a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b1c1204:pn-0x100000109b1c1204 live
inaccessible
+- nvme2 fc traddr=nn-0x207300a098dfdd91:pn-0x207500a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b1c1205:pn-0x100000109b1c1205 live optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x207300a098dfdd91:pn-0x207700a098dfdd91 host
traddr=nn-0x200000109b1c1205:pn-0x100000109b1c1205 live inaccessible
```

#### 4. Überprüfen Sie das NetApp Plug-in für ONTAP Geräte.

```
# nvme netapp ontapdevices -o column
Device      Vserver  Namespace Path                               NSID  UUID          Size
-----
/dev/nvme0n1  vs_nvme_10  /vol/sles_117_vol_10_0/sles_117_ns_10_0
1           55baf453-f629-4a18-9364-b6aee3f50dad  53.69GB

# nvme netapp ontapdevices -o json
{
  "ONTAPdevices" : [
    {
      "Device" : "/dev/nvme0n1",
      "Vserver" : "vs_nvme_10",
      "Namespace_Path" : "/vol/sles_117_vol_10_0/sles_117_ns_10_0",
      "NSID" : 1,
      "UUID" : "55baf453-f629-4a18-9364-b6aee3f50dad",
      "Size" : "53.69GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 13107200
    }
  ]
}
```

#### Bekannte Probleme

Es sind keine Probleme bekannt.

## Aktivieren Sie 1 MB I/O-Größe für Broadcom NVMe/FC

ONTAP meldet eine MDTS (MAX Data-Übertragungsgröße) von 8 in den Identifizieren von Controller-Daten. Das bedeutet, dass die maximale E/A-Anforderungsgröße bis zu 1 MB betragen kann. Um I/O-Anforderungen der Größe 1 MB für einen Broadcom-NVMe/FC-Host auszustellen, sollten Sie den Wert des `lpfc_sg_seg_cnt` Parameters ab dem Standardwert 64 auf 256 erhöhen `lpfc`.



Diese Schritte gelten nicht für Qlogic NVMe/FC-Hosts.

### Schritte

1. Setzen Sie den `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter auf 256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. Führen Sie den Befehl aus `dracut -f`, und starten Sie den Host neu.
3. Stellen Sie sicher, dass der Wert für `lpfc_sg_seg_cnt` 256 lautet:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

## LPFC Verbose Logging

Legen Sie den `lpfc`-Treiber für NVMe/FC fest.

### Schritte

1. Stellen Sie die ein `lpfc_log_verbose` Treibereinstellung auf einen der folgenden Werte, um NVMe/FC-Ereignisse zu protokollieren.

```
#define LOG_NVME 0x00100000 /* NVME general events. */  
#define LOG_NVME_DISC 0x00200000 /* NVME Discovery/Connect events. */  
#define LOG_NVME_ABTS 0x00400000 /* NVME ABTS events. */  
#define LOG_NVME_IOERR 0x00800000 /* NVME IO Error events. */
```

2. Führen Sie nach dem Festlegen der Werte den aus `dracut-f` Führen Sie einen Befehl aus und starten Sie den Host neu.
3. Überprüfen Sie die Einstellungen.

```
# cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf options lpfc lpfc_log_verbose=0xf00083  
  
# cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_log_verbose 15728771
```

## Copyright-Informationen

Copyright © 2025 NetApp. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt in den USA. Dieses urheberrechtlich geschützte Dokument darf ohne die vorherige schriftliche Genehmigung des Urheberrechtinhabers in keiner Form und durch keine Mittel – weder grafische noch elektronische oder mechanische, einschließlich Fotokopieren, Aufnehmen oder Speichern in einem elektronischen Abrufsystem – auch nicht in Teilen, vervielfältigt werden.

Software, die von urheberrechtlich geschütztem NetApp Material abgeleitet wird, unterliegt der folgenden Lizenz und dem folgenden Haftungsausschluss:

DIE VORLIEGENDE SOFTWARE WIRD IN DER VORLIEGENDEN FORM VON NETAPP ZUR VERFÜGUNG GESTELLT, D. H. OHNE JEGLICHE EXPLIZITE ODER IMPLIZITE GEWÄHRLEISTUNG, EINSCHLIESSLICH, JEDOCH NICHT BESCHRÄNKT AUF DIE STILLSCHWEIGENDE GEWÄHRLEISTUNG DER MARKTGÄNGIGKEIT UND EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK, DIE HIERMIT AUSGESCHLOSSEN WERDEN. NETAPP ÜBERNIMMT KEINERLEI HAFTUNG FÜR DIREKTE, INDIREKTE, ZUFÄLLIGE, BESONDERE, BEISPIELHAFT SCHÄDEN ODER FOLGESCHÄDEN (EINSCHLIESSLICH, JEDOCH NICHT BESCHRÄNKT AUF DIE BESCHAFFUNG VON ERSATZWAREN ODER -DIENSTLEISTUNGEN, NUTZUNGS-, DATEN- ODER GEWINNVERLUSTE ODER UNTERBRECHUNG DES GESCHÄFTSBETRIEBS), UNABHÄNGIG DAVON, WIE SIE VERURSACHT WURDEN UND AUF WELCHER HAFTUNGSTHEORIE SIE BERUHEN, OB AUS VERTRAGLICH FESTGELEGTER HAFTUNG, VERSCHULDENSUNABHÄNGIGER HAFTUNG ODER DELIKTSHAFTUNG (EINSCHLIESSLICH FAHRLÄSSIGKEIT ODER AUF ANDEREM WEGE), DIE IN IRGEND EINER WEISE AUS DER NUTZUNG DIESER SOFTWARE RESULTIEREN, SELBST WENN AUF DIE MÖGLICHKEIT DERARTIGER SCHÄDEN HINGEWIESEN WURDE.

NetApp behält sich das Recht vor, die hierin beschriebenen Produkte jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern. NetApp übernimmt keine Verantwortung oder Haftung, die sich aus der Verwendung der hier beschriebenen Produkte ergibt, es sei denn, NetApp hat dem ausdrücklich in schriftlicher Form zugestimmt. Die Verwendung oder der Erwerb dieses Produkts stellt keine Lizenzierung im Rahmen eines Patentrechts, Markenrechts oder eines anderen Rechts an geistigem Eigentum von NetApp dar.

Das in diesem Dokument beschriebene Produkt kann durch ein oder mehrere US-amerikanische Patente, ausländische Patente oder anhängige Patentanmeldungen geschützt sein.

ERLÄUTERUNG ZU „RESTRICTED RIGHTS“: Nutzung, Vervielfältigung oder Offenlegung durch die US-Regierung unterliegt den Einschränkungen gemäß Unterabschnitt (b)(3) der Klausel „Rights in Technical Data – Noncommercial Items“ in DFARS 252.227-7013 (Februar 2014) und FAR 52.227-19 (Dezember 2007).

Die hierin enthaltenen Daten beziehen sich auf ein kommerzielles Produkt und/oder einen kommerziellen Service (wie in FAR 2.101 definiert) und sind Eigentum von NetApp, Inc. Alle technischen Daten und die Computersoftware von NetApp, die unter diesem Vertrag bereitgestellt werden, sind gewerblicher Natur und wurden ausschließlich unter Verwendung privater Mittel entwickelt. Die US-Regierung besitzt eine nicht ausschließliche, nicht übertragbare, nicht unterlizenzierbare, weltweite, limitierte unwiderrufliche Lizenz zur Nutzung der Daten nur in Verbindung mit und zur Unterstützung des Vertrags der US-Regierung, unter dem die Daten bereitgestellt wurden. Sofern in den vorliegenden Bedingungen nicht anders angegeben, dürfen die Daten ohne vorherige schriftliche Genehmigung von NetApp, Inc. nicht verwendet, offengelegt, vervielfältigt, geändert, aufgeführt oder angezeigt werden. Die Lizenzrechte der US-Regierung für das US-Verteidigungsministerium sind auf die in DFARS-Klausel 252.227-7015(b) (Februar 2014) genannten Rechte beschränkt.

## Markeninformationen

NETAPP, das NETAPP Logo und die unter <http://www.netapp.com/TM> aufgeführten Marken sind Marken von NetApp, Inc. Andere Firmen und Produktnamen können Marken der jeweiligen Eigentümer sein.