

# Proxmox Best Practice Setup für ZFS und / oder Ceph im Cluster für Einsteiger (Stand Dezember 2024)

---

## Proxmox Cluster mit ZFS und Ceph – Best Practices für Einsteiger

---

### Praxiswissen aus rund 150 Proxmox- und ZFS-Systemen

Der Verfasser dieses Artikels, **Christian-Peter Zengel**, verfügt über rund **15 Jahre Praxiserfahrung mit Proxmox VE und ZFS** und betreibt aktuell etwa **150 Systeme mit Proxmox und ZFS**.

Die Erfahrungen reichen von Standalone-Installationen bis hin zu Proxmox-Clustern mit bis zu zehn Hosts. Der Schwerpunkt liegt klar auf **ZFS, Replikation, Backup, Monitoring und praxistauglicher Hochverfügbarkeit**.

**Hinweis:** Dieser Artikel versteht sich nicht als Ceph-Expertenleitfaden. Ceph wird hier vor allem zum Funktionsvergleich und als Einstieg behandelt. Für viele kleine und mittlere Installationen bis etwa zehn Hosts ist ZFS mit Replikation in unserer Praxis häufig die einfachere, günstigere und besser beherrschbare Lösung.

### Proxmox Best Practice Kurs mit ZFS und Ceph

Diese Dokumentation basiert auf einem Onlinekurs von **cloudistboese.de**.

## **Proxmox Best Practice Cluster mit ZFS und Ceph für Einsteiger**

Der Kurs vermittelt einen schnellen, praxisnahen Einstieg in den Aufbau eines Proxmox-Clusters mit ZFS, einfacher Ceph-Grundlage, Backup, Snapshots, Monitoring und Hochverfügbarkeit.

## **Aktuelle Kurse und Wiederholungen auf cloudistboese.de ansehen**

# Für wen eignet sich diese Anleitung?

Der folgende Artikel richtet sich besonders an Einsteiger, Administratoren und IT-Dienstleister, die mit mehr als einem Proxmox-Host starten möchten und eine robuste, nachvollziehbare Cluster-Grundlage suchen.

- Proxmox VE mit ZFS installieren
- Proxmox Cluster mit mehreren Nodes aufbauen
- ZFS-Replikation verstehen und kontrollieren
- VMs und LXCs performant anlegen
- einfache Ceph-Grundlagen kennenlernen
- Proxmox Backup Server integrieren
- Snapshots, Replikation und Monitoring verbessern
- Hochverfügbarkeit sinnvoll einordnen

**Nach diesem Kurs können Sie einen kleinen Proxmox-Cluster sicherer planen, installieren und betreiben.**

# ZFS oder Ceph im Proxmox Cluster?

ZFS ist für kleine und mittlere Proxmox-Installationen eine sehr starke Grundlage. Durch Prüfsummen, Snapshots, Replikation und einfache Wiederherstellung schützt ZFS zuverlässig vor vielen typischen Problemen wie defekten Datenträgern, versehentlichen Änderungen und

manchen Folgen von Ransomware-Angriffen.

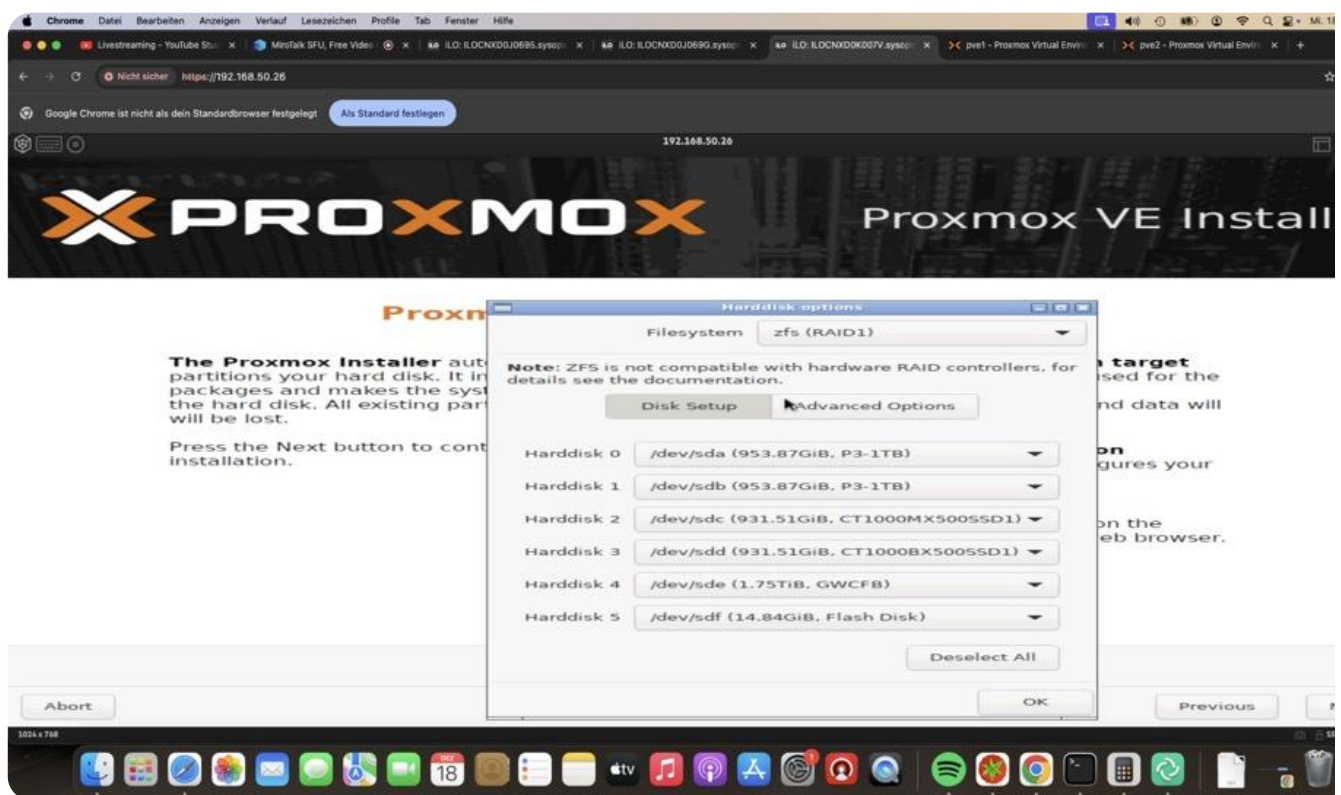
**ZFS ersetzt jedoch kein Backup.** Gegen kompromittierte Root-Zugänge, Brand, Diebstahl, vollständigen Standortausfall oder absichtlich gelöschte Snapshots hilft nur ein sauberes Backup- und Replikationskonzept.

Ceph bietet echten verteilten Storage und hohe Skalierbarkeit, benötigt aber deutlich mehr Hardware, Netzwerkplanung und Betriebserfahrung. Für viele Umgebungen bis etwa zehn Hosts ist ZFS mit Replikation oft wirtschaftlicher und einfacher zu betreiben.

# Installation von Proxmox VE auf ZFS

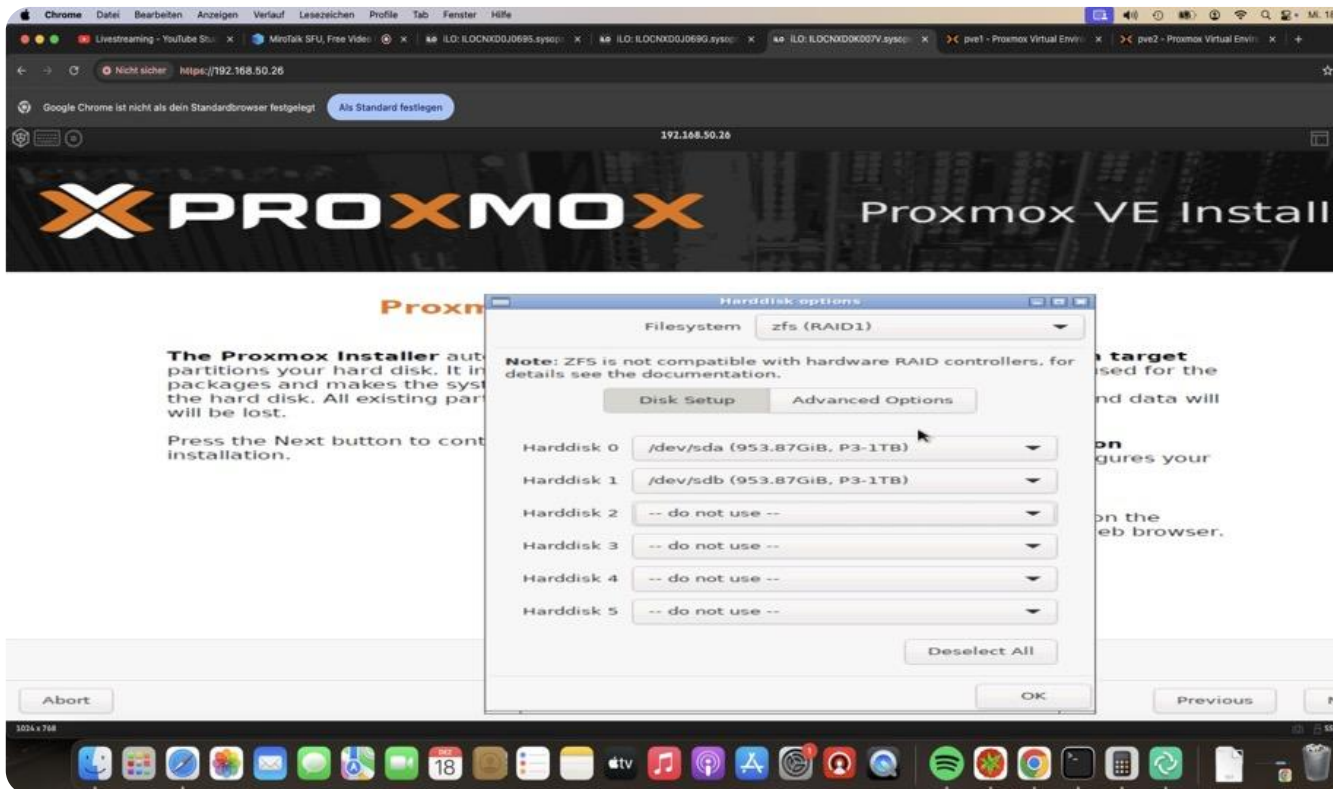
Für den Workshop wird ein HPE Microserver Gen10 Plus V2 verwendet. Empfehlenswert ist eine Ausstattung mit ECC-RAM und direkt ansprechbaren Datenträgern.

## HPE Microserver Gen10 Plus V2 ansehen



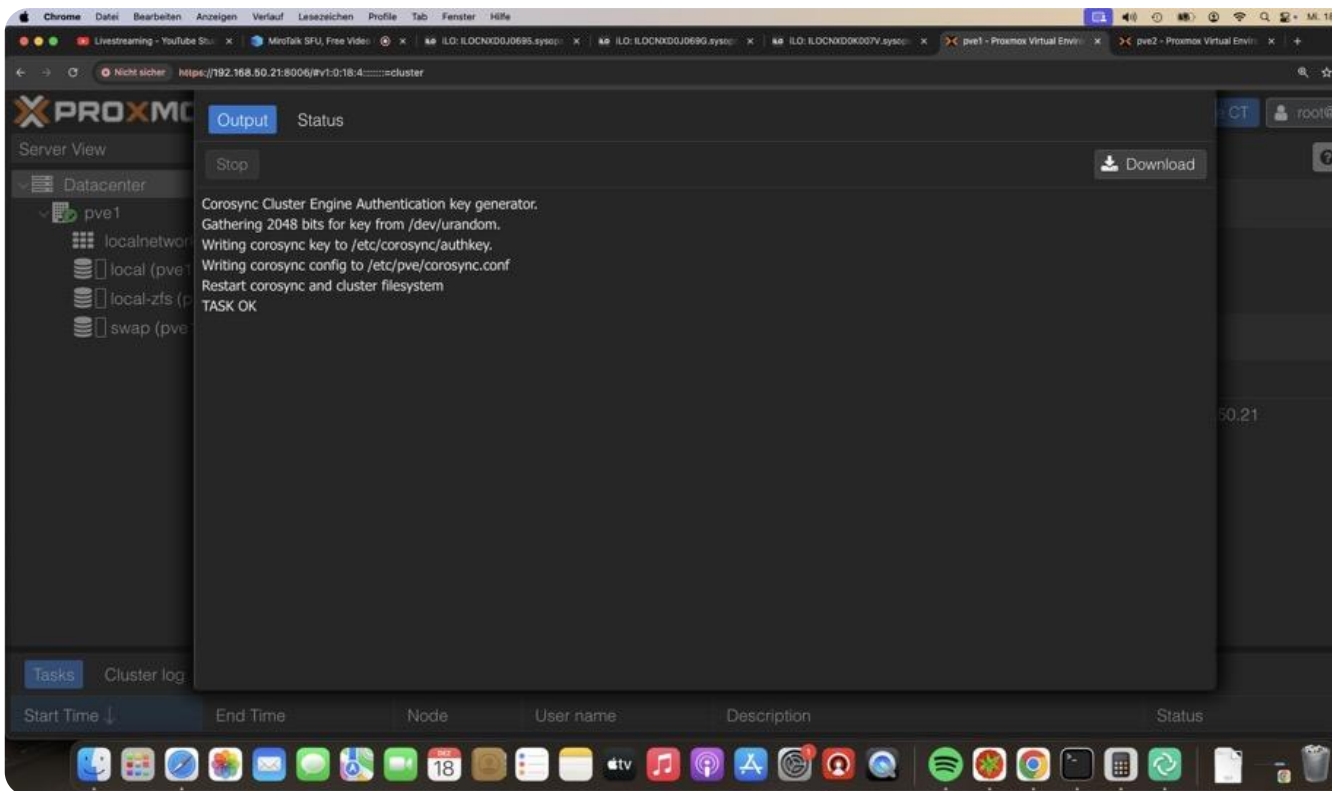
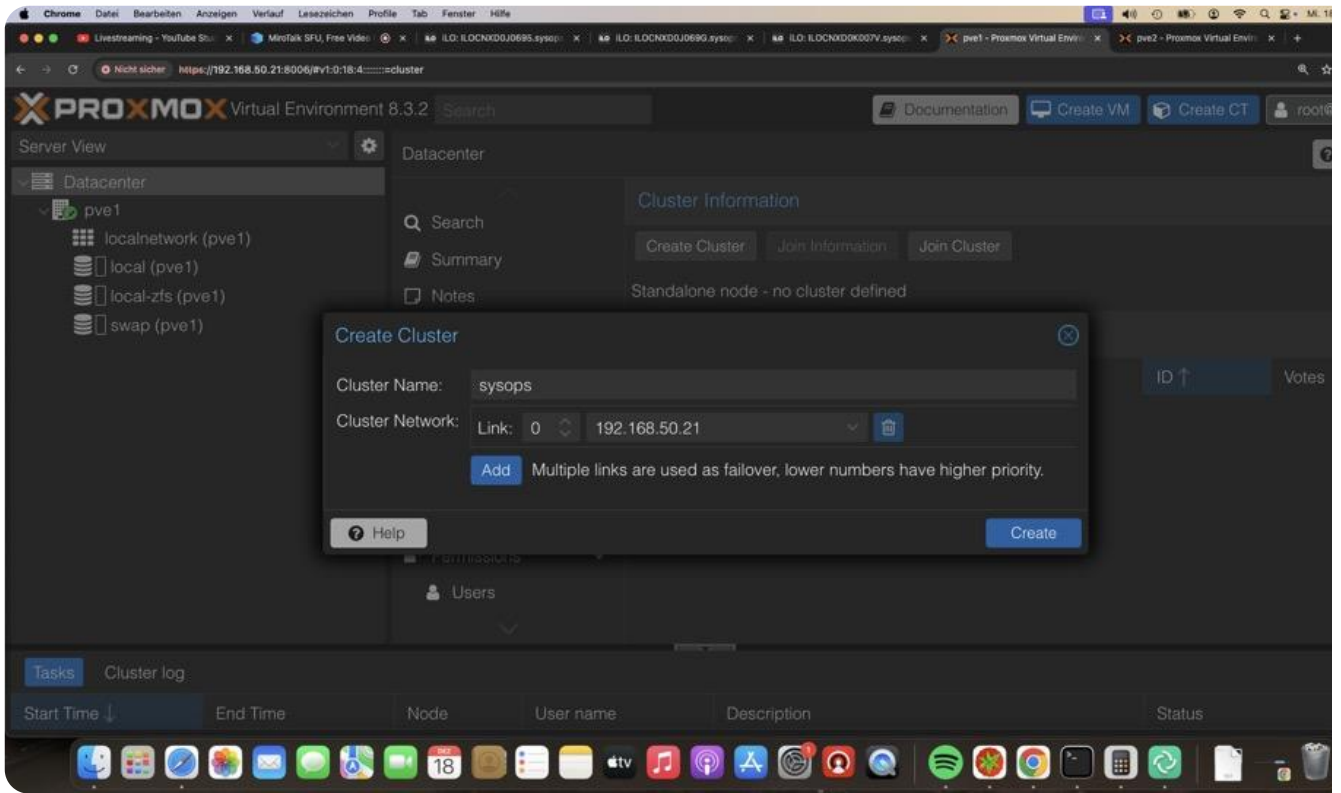
Wir installieren Proxmox VE bevorzugt auf **ZFS Mirror, RAID10 oder RAIDZ**. Hardware-RAID-Controller sollten für ZFS vermieden werden. Empfehlenswert sind Controller im HBA- oder IT-Mode, damit ZFS direkten Zugriff auf die Datenträger erhält.

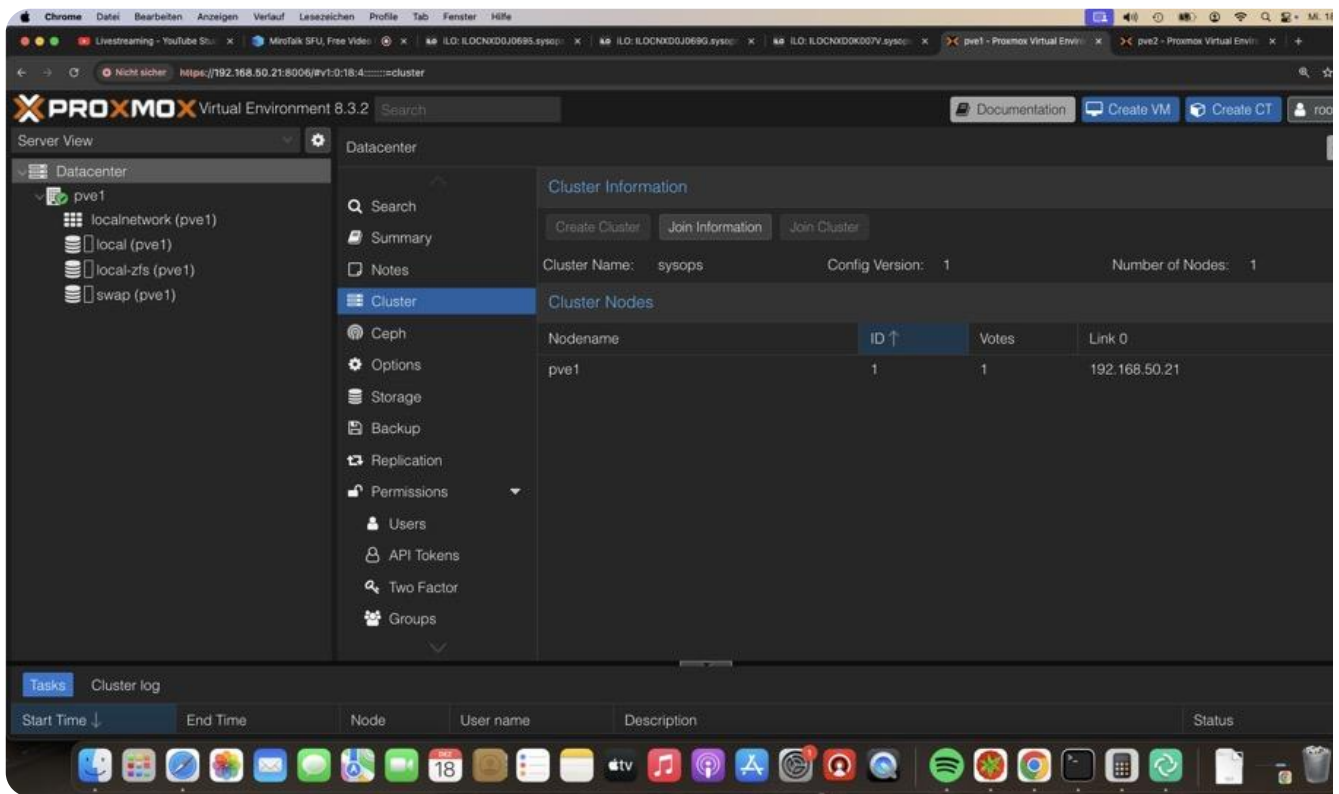
Für Cluster sollten Hostnamen, IP-Adressen, Netzwerke und DNS-Einträge vor der Installation sauber geplant werden. Nachträgliche Änderungen verursachen häufig unnötige Zusatzarbeit.



# Proxmox Cluster mit drei Nodes erstellen

Ein Proxmox-Cluster kann sehr schnell erzeugt werden. Auch ein einzelner Node kann zunächst problemlos allein laufen. Für echte Cluster-Funktionen und Quorum sollten jedoch mindestens drei Nodes oder ein sinnvoller QDevice-Aufbau geplant werden.

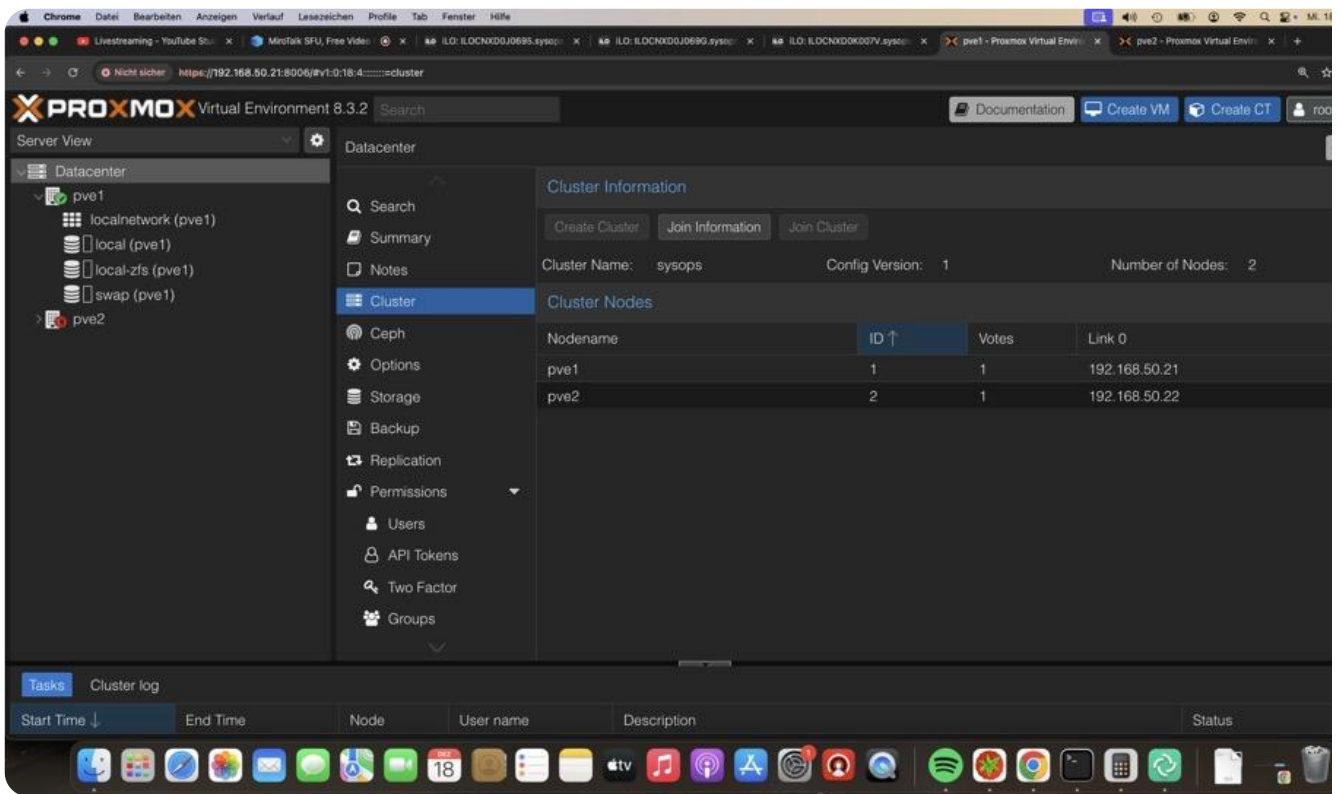




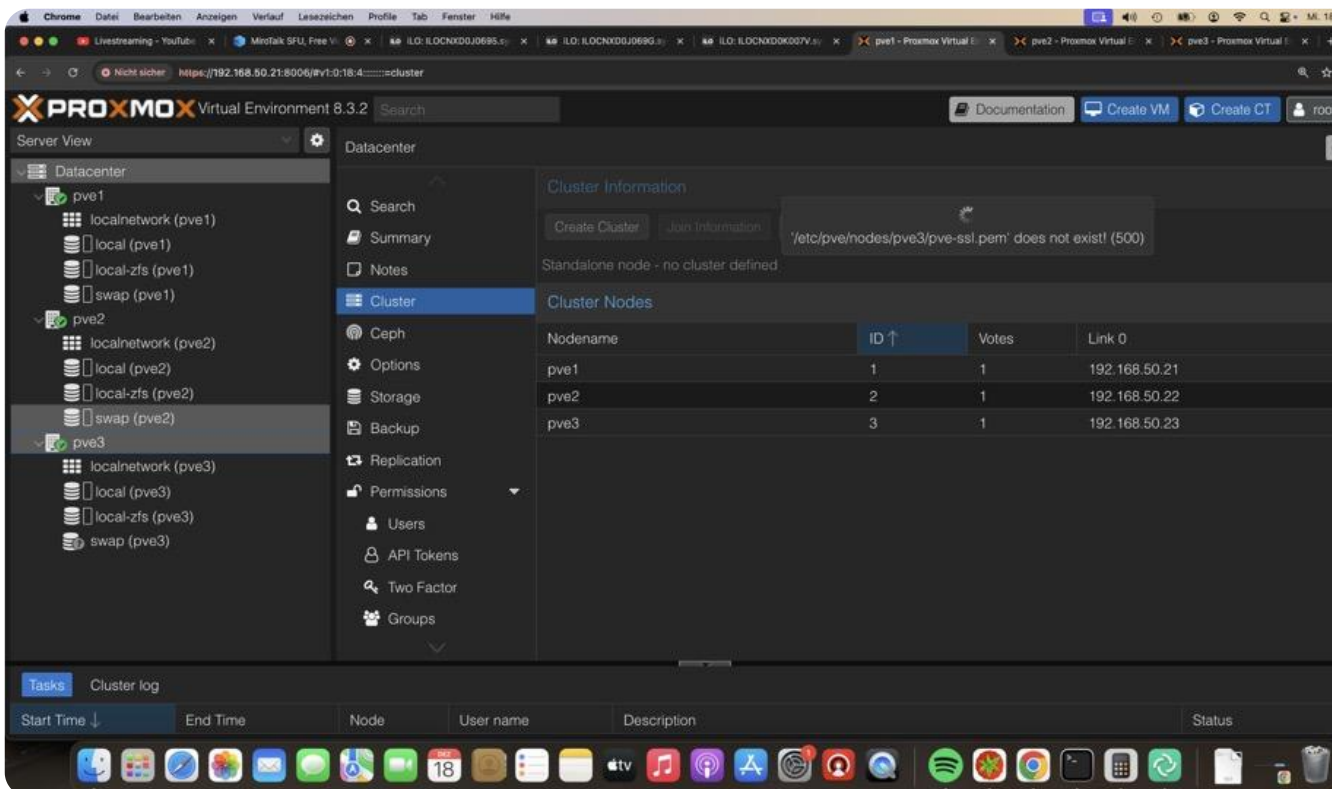
# Weitere Proxmox Nodes hinzufügen

Weitere Nodes werden über die Join-Informationen des ersten Cluster-Nodes hinzugefügt. Auf dem neuen Node werden die Informationen unter **Join Cluster** eingefügt. Zusätzlich werden Root-Passwort und Cluster-Netzwerk angegeben.





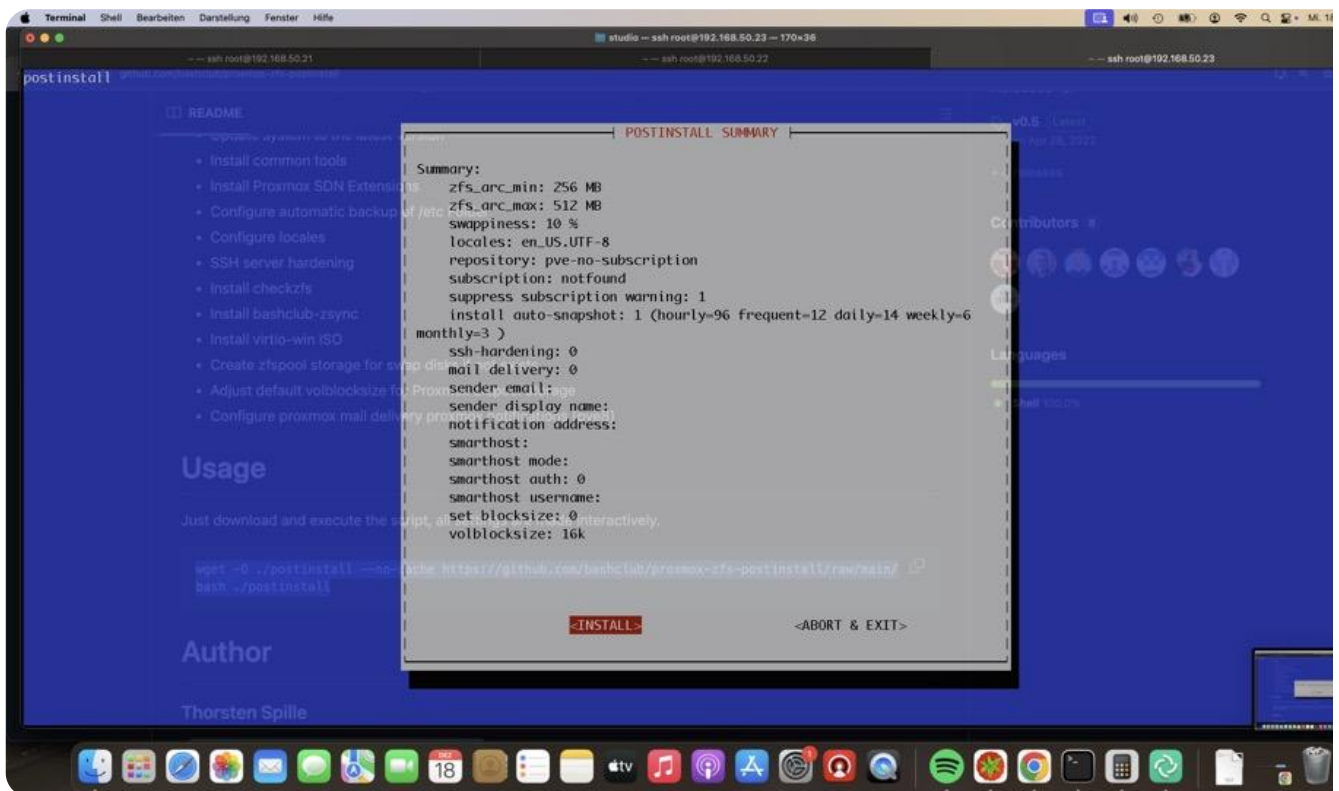
Während des Cluster-Beitritts kann der neue Node kurzzeitig die Verbindung zum Browser verlieren, da Schlüssel und Zertifikate des Clusters übernommen werden. Danach sollte die Weboberfläche neu geladen werden.



# Postinstaller für Proxmox VE

Unser **Proxmox ZFS Postinstaller vom Bashclub** hilft bei vielen wiederkehrenden Aufgaben nach der Installation.

Für Cluster-Setups sollten die Optionen bewusst gewählt werden. Im Workshop verzichten wir beispielsweise auf Autosnapshots für `rpool/data` und auf SSH-Hardening, soweit dies aus Kompatibilitätsgründen sinnvoll ist.



## ZFS RAID demonstrieren und überwachen

ZFS-Software-RAID lässt sich im Fehlerfall sehr schnell analysieren und wiederherstellen. Der direkte Zugriff auf die Datenträger ermöglicht ein gutes Monitoring und kann Probleme frühzeitig sichtbar machen.

Im Workshop wird beispielhaft eine Platte vor einem Reboot offline gesetzt. Das ist eine Demonstration und sollte auf produktiven Systemen nicht unüberlegt nachgestellt werden.

```
Terminal Shell Bearbeiten Darstellung Fenster Hilfe
studio -- ssh root@192.168.50.21 -- 170x36
-- ssh root@192.168.50.21
Wed Dec 18 10:41:54 AM CET 2024 Starting Installation
Wed Dec 18 10:41:54 AM CET 2024 Setting locales
Wed Dec 18 10:41:55 AM CET 2024 Setting Proxmox package repositories to pve-no-subscription
Wed Dec 18 10:41:55 AM CET 2024 Setting Ceph package repositories to none
Wed Dec 18 10:41:55 AM CET 2024 Configuring bashclub apt repositories
Wed Dec 18 10:41:55 AM CET 2024 Downloading latest package lists
Wed Dec 18 10:41:56 AM CET 2024 Upgrading system to latest version - Depending on your version this could take a while...
Wed Dec 18 10:43:02 AM CET 2024 Installing toolset - Depending on your version this could take a while...
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Enabling SDN features
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Adjusting ZFS level 1 arc (Min: 512, Max: 1024)
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Setting swappiness to 10 %
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Setting zfs-auto-snapshot retention: monthly = 3
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Setting zfs-auto-snapshot retention: weekly = 6
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Setting zfs-auto-snapshot retention: daily = 14
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Setting zfs-auto-snapshot retention: frequent = 12
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Setting zfs-auto-snapshot retention: hourly = 96
Wed Dec 18 10:43:34 AM CET 2024 Configuring pve-conf-backup
Wed Dec 18 10:43:35 AM CET 2024 Configuring swap storage
Wed Dec 18 10:43:35 AM CET 2024 Removing virtio-win updater if exists
Wed Dec 18 10:43:35 AM CET 2024 Updating initramfs - This will take some time...
Wed Dec 18 10:44:24 AM CET 2024 Proxmox postinstallation finished!
root@pve1:~# zfs set com.sun:auto-snapshot=false rpool/data
root@pve1:~# zfs set com.sun:auto-snapshot=false rpool/data/C
root@pve1:~# zpool status
pool: rpool
state: ONLINE
config:
  NAME                                STATE     READ WRITE CKSUM
  rpool                               ONLINE    0     0     0
  mirror-0
    ata-CT1000BX500SSD1_2348E8859863-part3  ONLINE    0     0     0
    ata-CT1000BX500SSD1_2348E8859860-part3  ONLINE    0     0     0
errors: No known data errors
root@pve1:~# zpool offline rpool ata-CT1000BX500SSD1_2348E8859860-part3
```

```
Terminal Shell Bearbeiten Darstellung Fenster Hilfe
studio -- ssh root@192.168.50.21 -- 170x36
-- ssh root@192.168.50.21
Wed Dec 18 10:43:35 AM CET 2024 Removing virtio-win updater if exists
Wed Dec 18 10:43:35 AM CET 2024 Updating initramfs - This will take some time...
Wed Dec 18 10:44:24 AM CET 2024 Proxmox postinstallation finished!
root@pve1:~# zfs set com.sun:auto-snapshot=false rpool/data
root@pve1:~# zfs set com.sun:auto-snapshot=false rpool/data/C
root@pve1:~# zpool status
pool: rpool
state: ONLINE
config:
  NAME                                STATE     READ WRITE CKSUM
  rpool                               ONLINE    0     0     0
  mirror-0
    ata-CT1000BX500SSD1_2348E8859863-part3  ONLINE    0     0     0
    ata-CT1000BX500SSD1_2348E8859860-part3  ONLINE    0     0     0
errors: No known data errors
root@pve1:~# zpool offline rpool ata-CT1000BX500SSD1_2348E8859860-part3
root@pve1:~# zpool status
pool: rpool
state: DEGRADED
status: One or more devices has been taken offline by the administrator.
       Sufficient replicas exist for the pool to continue functioning in a
       degraded state.
action: Online the device using 'zpool online' or replace the device with
       'zpool replace'.
config:
  NAME                                STATE     READ WRITE CKSUM
  rpool                               DEGRADED  0     0     0
  mirror-0
    ata-CT1000BX500SSD1_2348E8859863-part3  ONLINE    0     0     0
    ata-CT1000BX500SSD1_2348E8859860-part3  OFFLINE   0     0     0
errors: No known data errors
root@pve1:~#
```

“Das Proxmox-Dashboard zeigt nicht alle Storage-Probleme so deutlich, wie es für den produktiven Betrieb wünschenswert wäre. Für professionelle

Umgebungen empfehlen wir zusätzliches Monitoring, zum Beispiel mit Checkmk oder CV4PVE.

The screenshot shows the Proxmox VE 8.3.2 web interface. The left sidebar displays the Datacenter (sysops) tree with three nodes: pve1, pve2, and pve3. The main panel shows the Health status, which is green with a checkmark, indicating the cluster is healthy. The status bar shows 'Cluster: sysops, Quorate: Yes'. The Nodes section shows 3 Online nodes and 0 Offline nodes. The Guests section shows 0 Running and 0 Stopped Virtual Machines, and 0 Running and 0 Stopped LXC Containers. The bottom of the interface shows a table with columns: Start Time, End Time, Node, User name, Description, and Status.

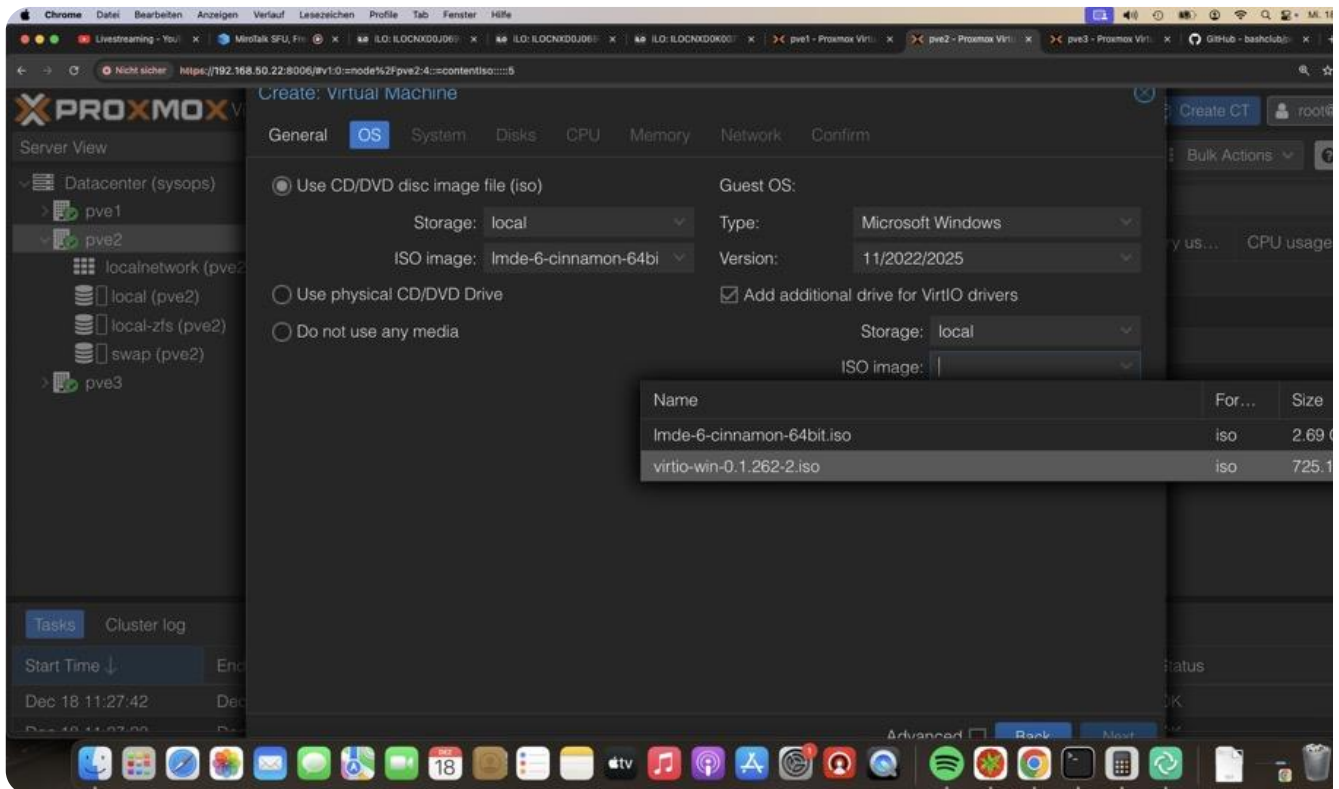
The screenshot shows the Proxmox VE 8.3.2 web interface. The left sidebar displays the Datacenter (sysops) tree with three nodes: pve1, pve2, and pve3. The main panel shows the Subscriptions status, which is red with a large 'X' icon, indicating no subscription is present. The status bar shows 'No Subscription' and 'You have at least one node without subscription.' Below this, a table lists the nodes and their subscription status:

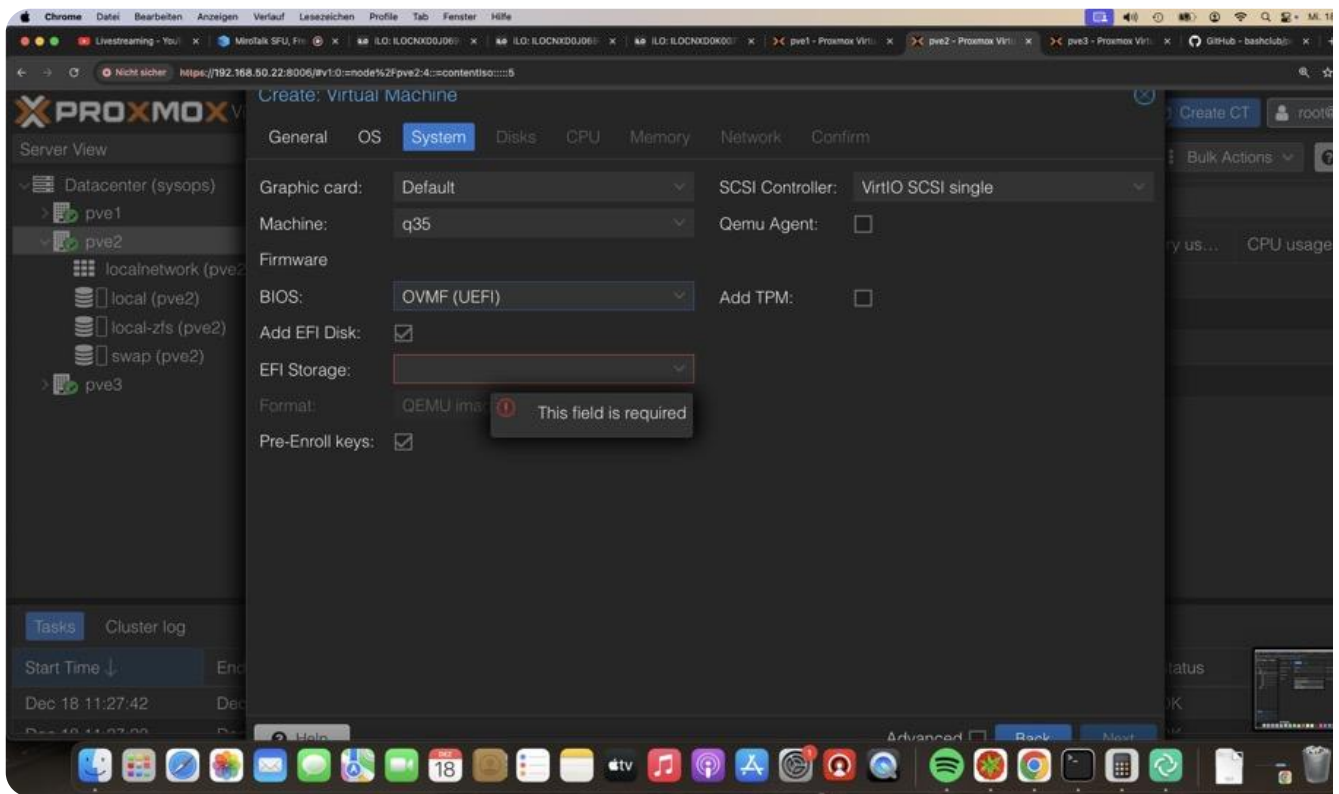
| Name | ID | Online | Support | Server Address | CPU usage | Memory usage | U |
|------|----|--------|---------|----------------|-----------|--------------|---|
| pve1 | 1  | ✓      | -       | 192.168.50.21  | 0%        | 14%          | 1 |
| pve2 | 2  | ✓      | -       | 192.168.50.22  | 0%        | 7%           | 1 |
| pve3 | 3  | ✓      | -       | 192.168.50.23  | 25%       | 19%          | 0 |

The bottom of the interface shows a table with columns: Start Time, End Time, Node, User name, Description, and Status.

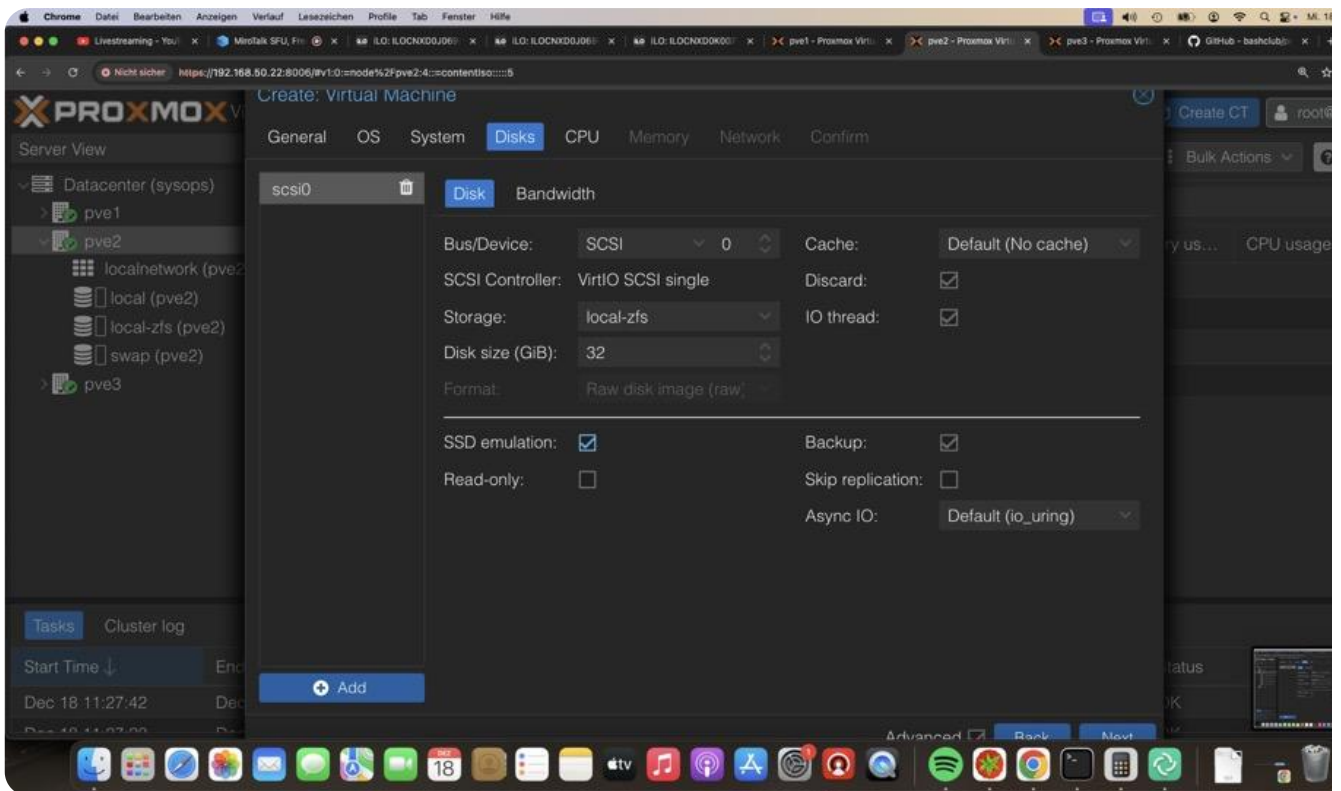
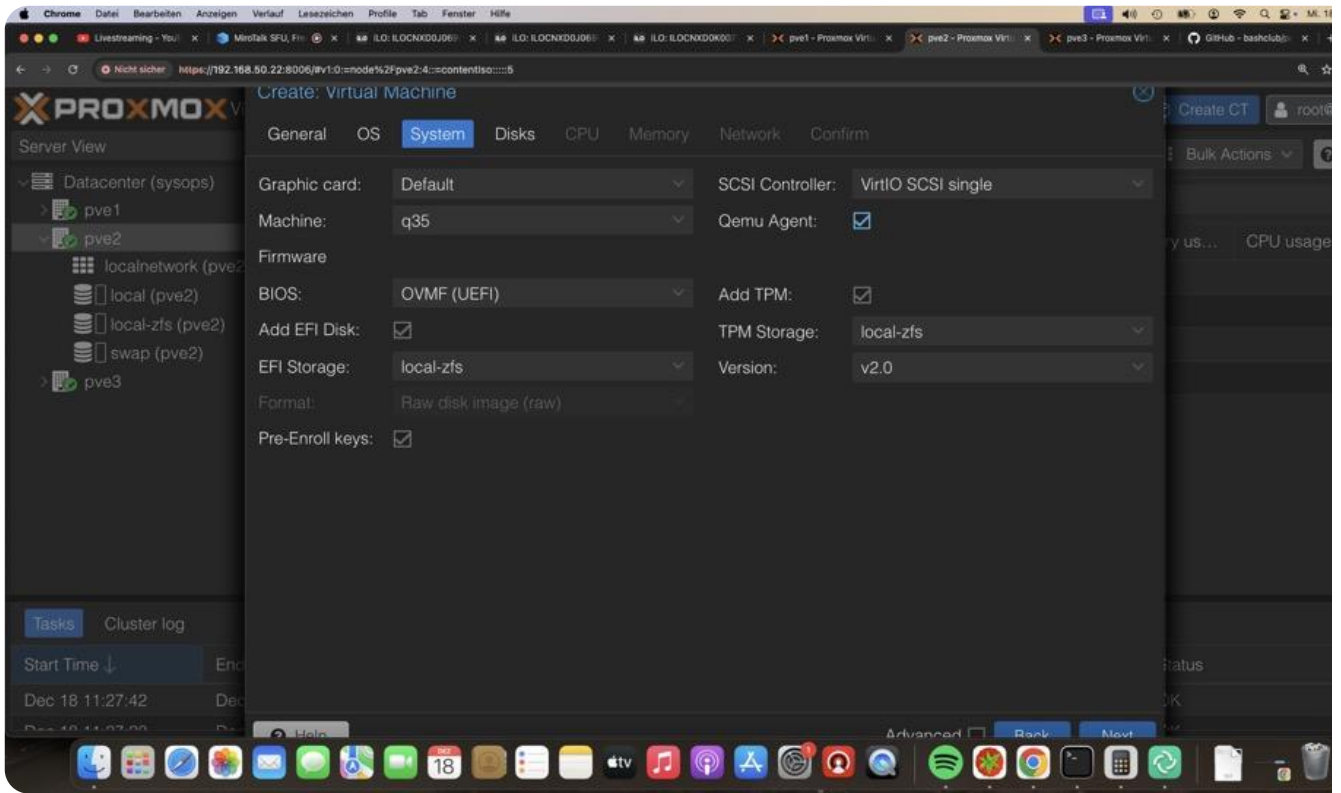
# VMs und LXCs unter Proxmox richtig anlegen

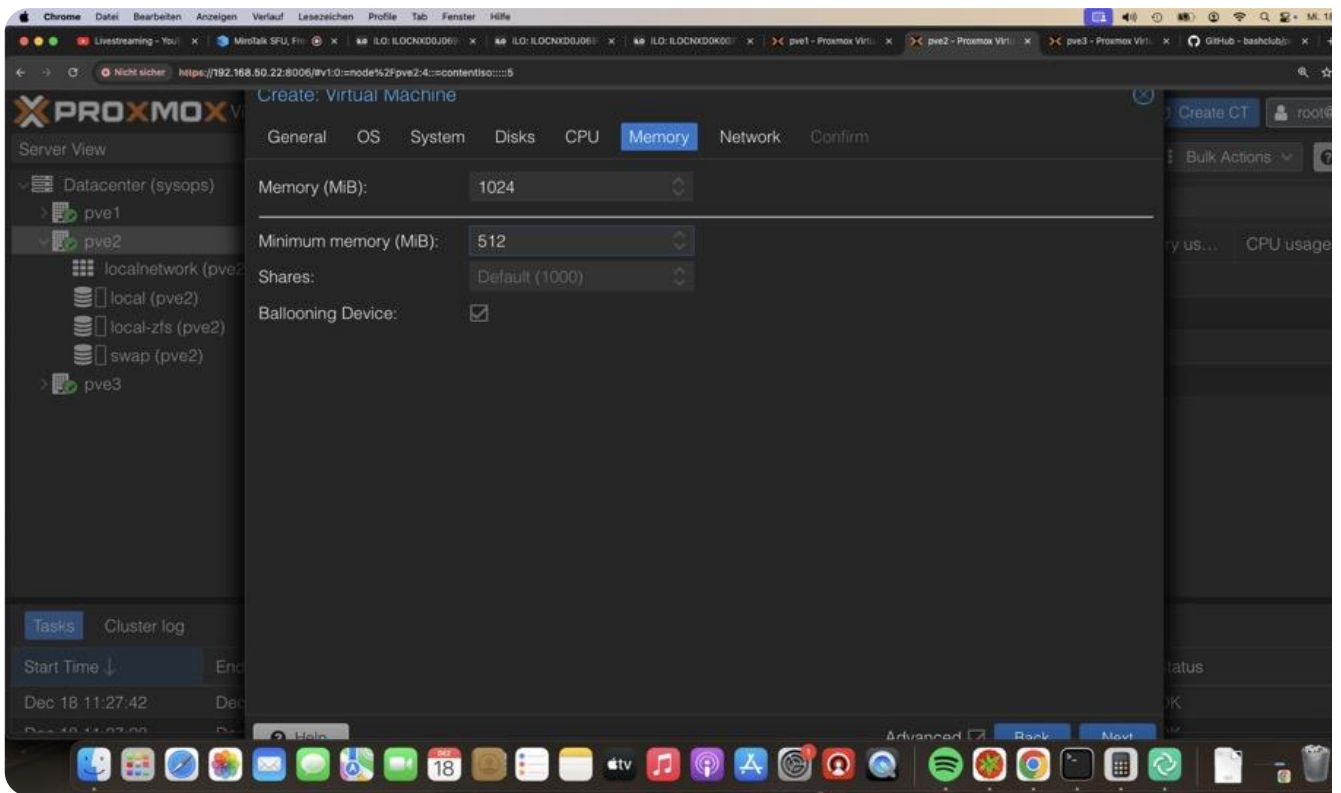
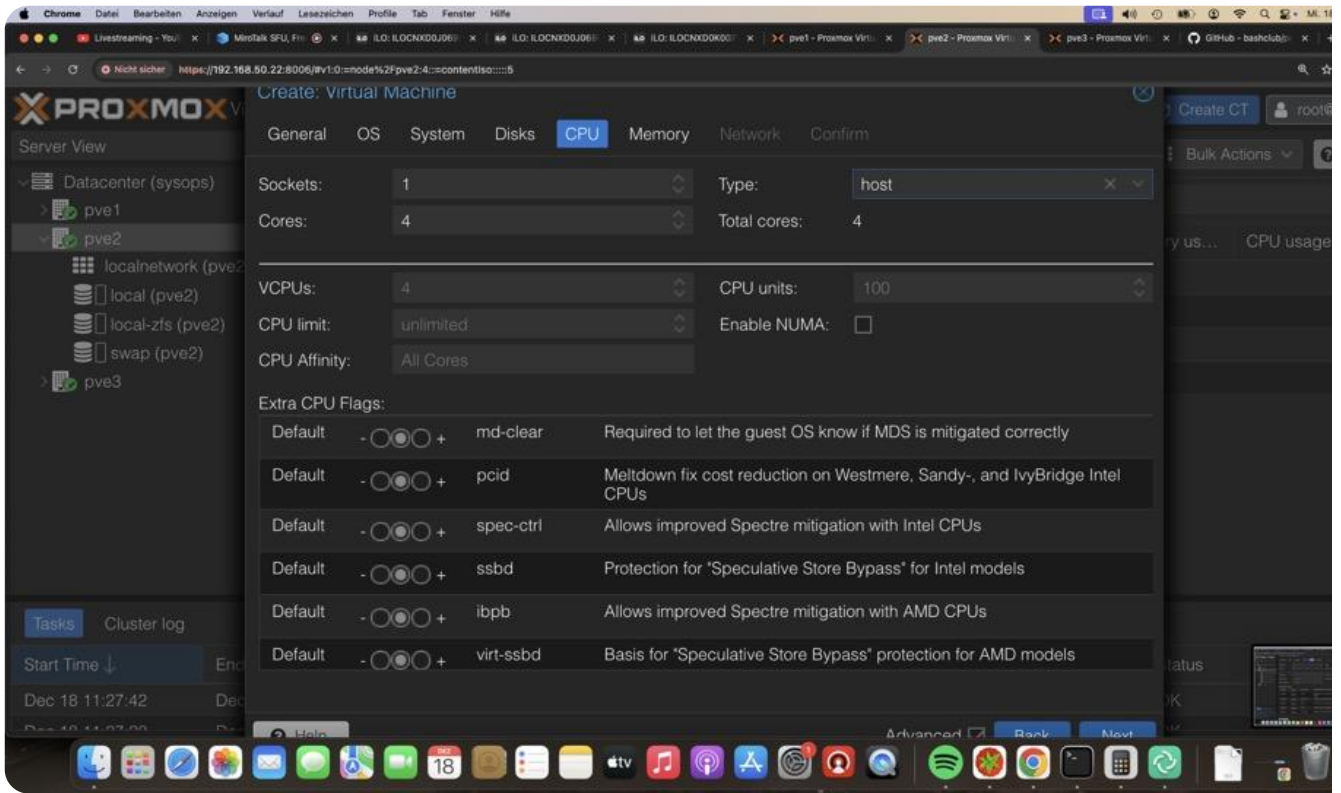
Für moderne virtuelle Maschinen sollten heute in der Regel **q35** und **OVMF/UEFI** verwendet werden. Ältere Einstellungen wie i440FX und klassisches BIOS sind für neue Systeme meist nicht mehr empfehlenswert.

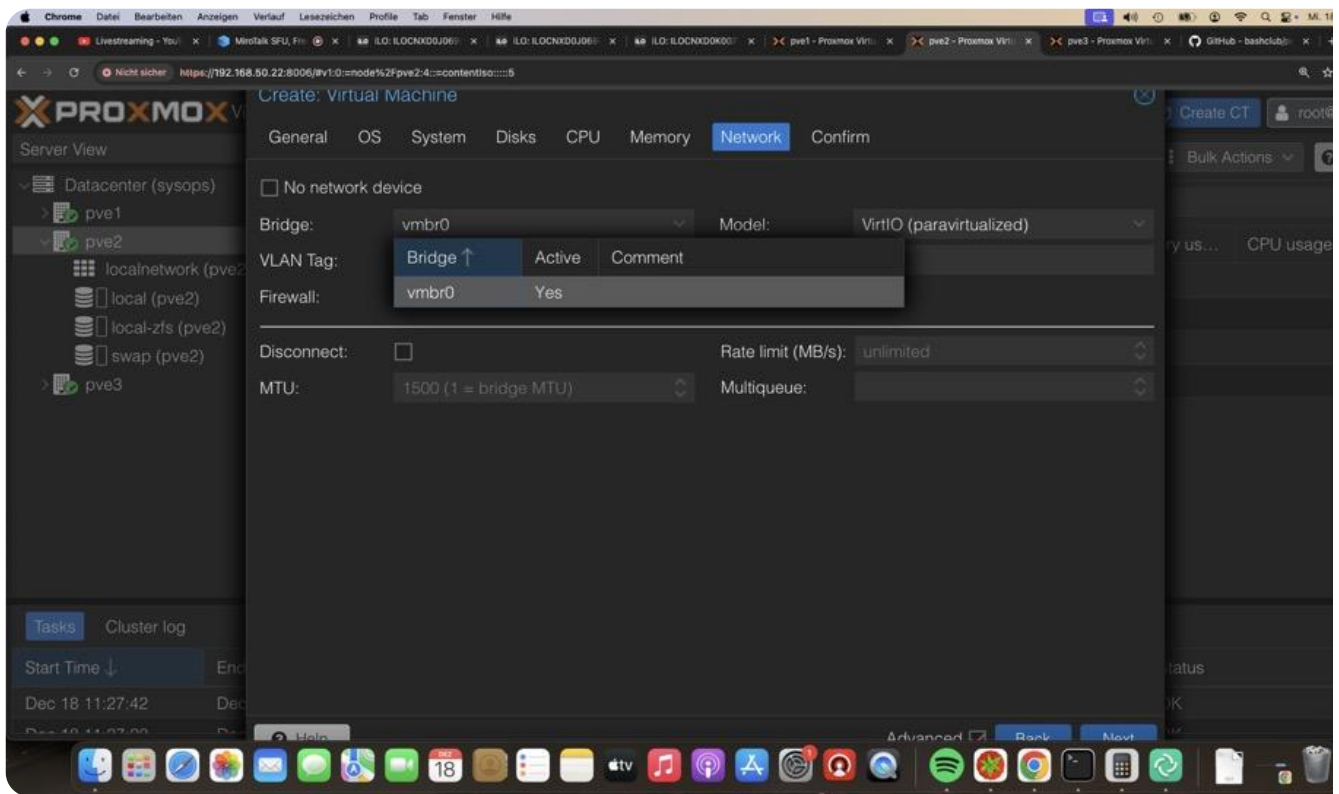




- **VirtIO SCSI Single:** gute Performance und eigener Prozess pro Disk
- **QEMU Guest Agent:** wichtig für Shutdown, Freeze, IP-Erkennung und Backups
- **Discard und SSD Emulation:** bessere Rückgabe gelöschter Blöcke an den Host
- **IO Thread:** bessere Entkopplung von I/O-Last
- **CPU Typ Host:** ideal bei identischer Hardware, vorsichtig bei gemischten CPUs im Cluster
- **Ballooning:** ermöglicht dynamischere RAM-Nutzung, benötigt aber passende Treiber



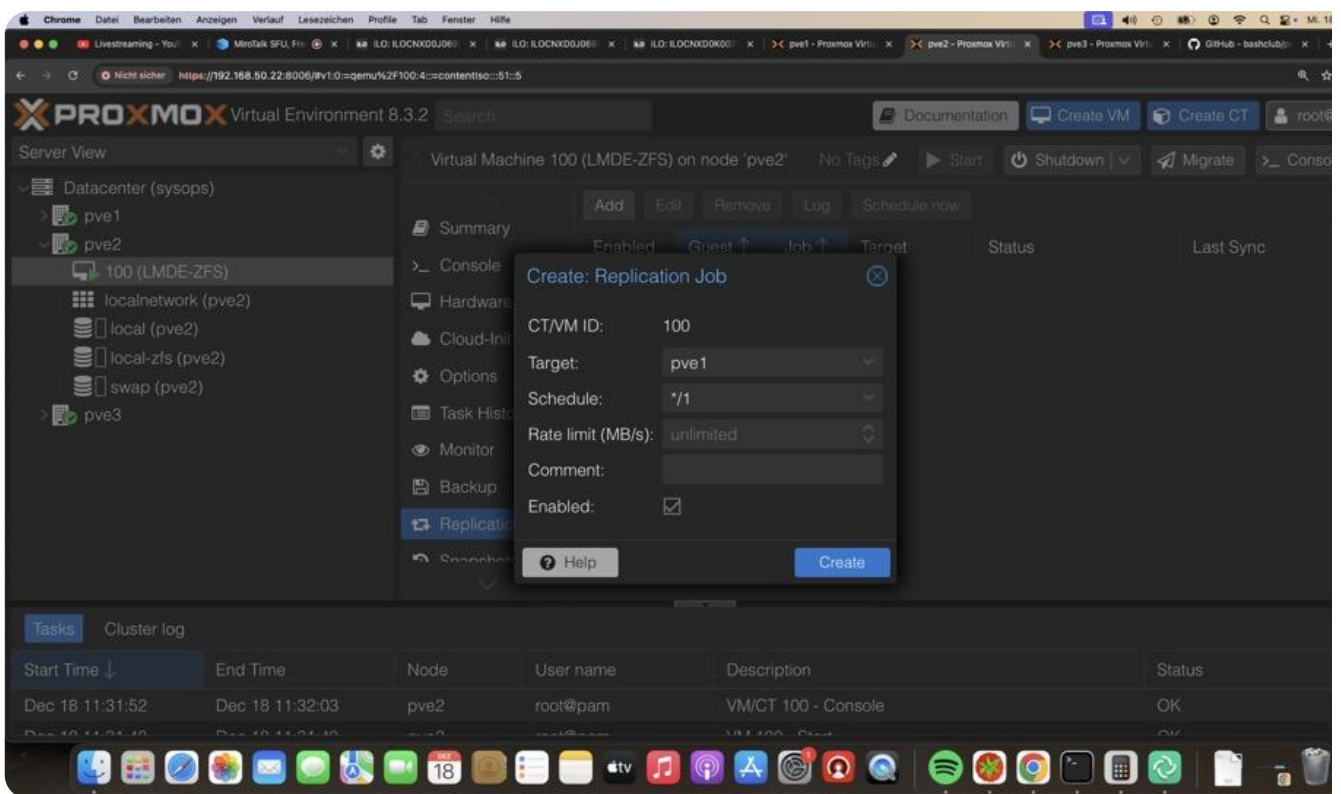
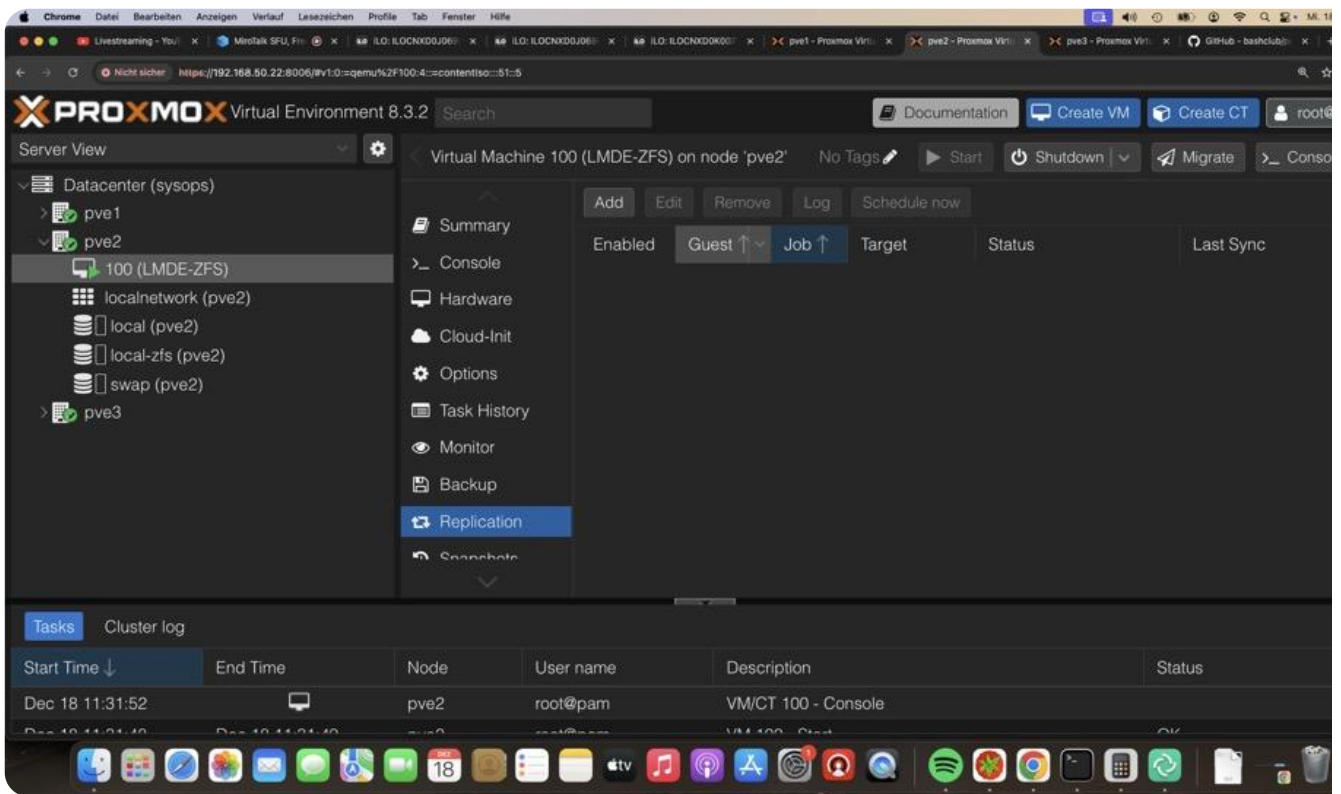




# ZFS-Replikation in Proxmox VE

Die eingebaute ZFS-Replikation von Proxmox VE ist für viele kleine und mittlere Cluster eine sehr gute Grundlage. Bei vorhandener Replikation liegt der größte Teil der VM bereits auf dem Zielsystem und muss nur inkrementell ergänzt werden.

Ohne vorherige Replikation muss die komplette VM oder der komplette Container übertragen werden. Je nach Zustand erfolgt die Übertragung über KVM-Mechanismen oder ZFS. Dabei kann es Unterschiede beim Erhalt von Snapshots geben.



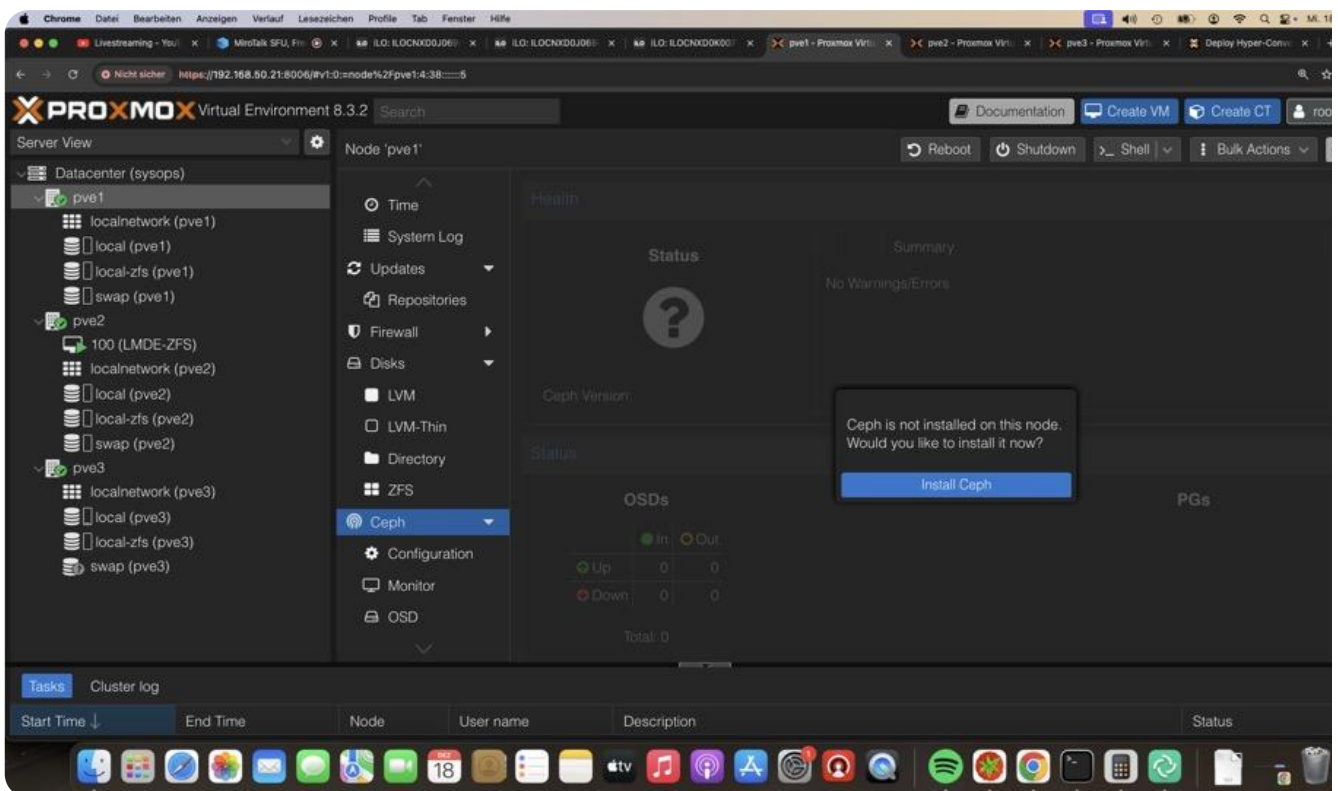
Replikationsintervalle von 15 bis 60 Minuten sind für viele Umgebungen ein guter Kompromiss. Eine Minute ist technisch möglich, sollte aber nicht pauschal für jede VM verwendet werden.

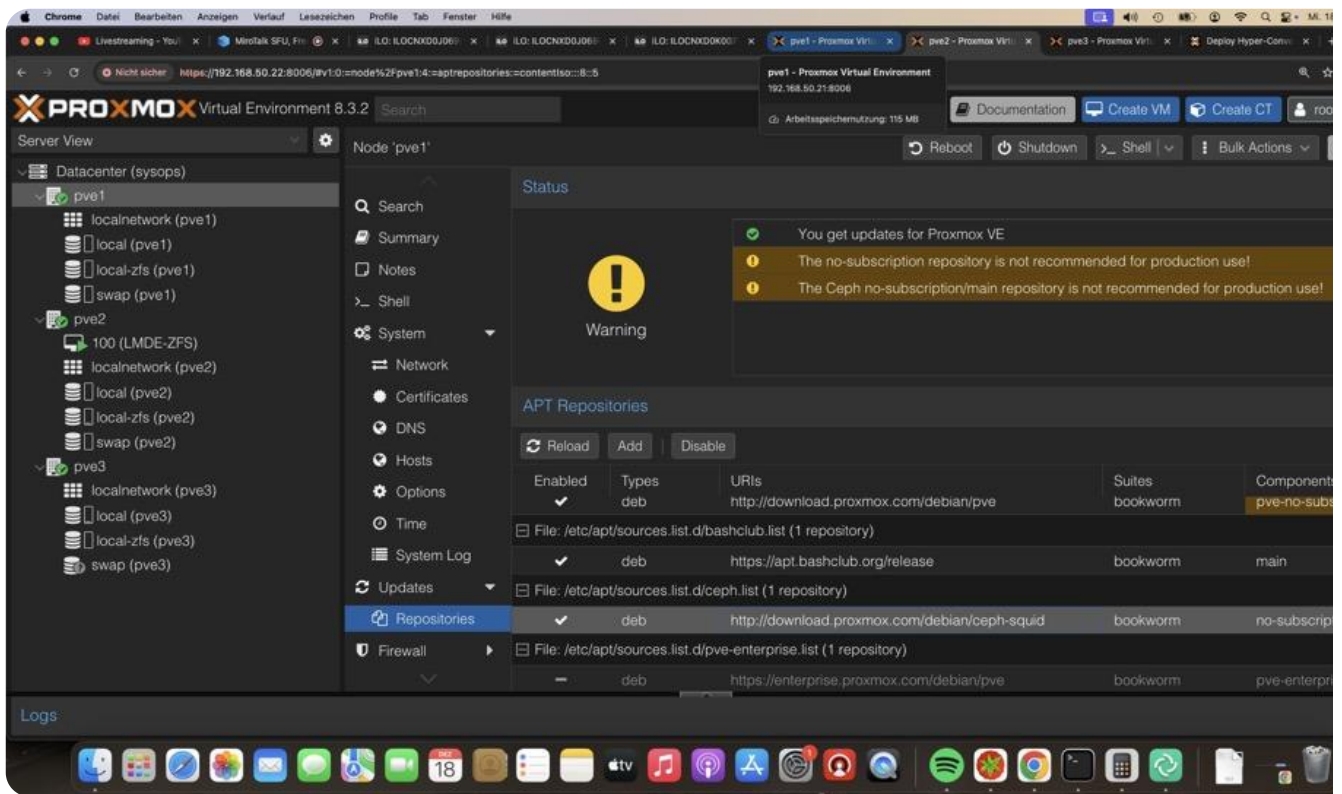
# Ceph-Grundlagen im Proxmox Cluster

Ceph ermöglicht verteilten Storage innerhalb eines Proxmox-Clusters. Dadurch können VMs auf gemeinsamem Storage liegen und bei passender Architektur sehr flexibel zwischen Nodes betrieben werden.

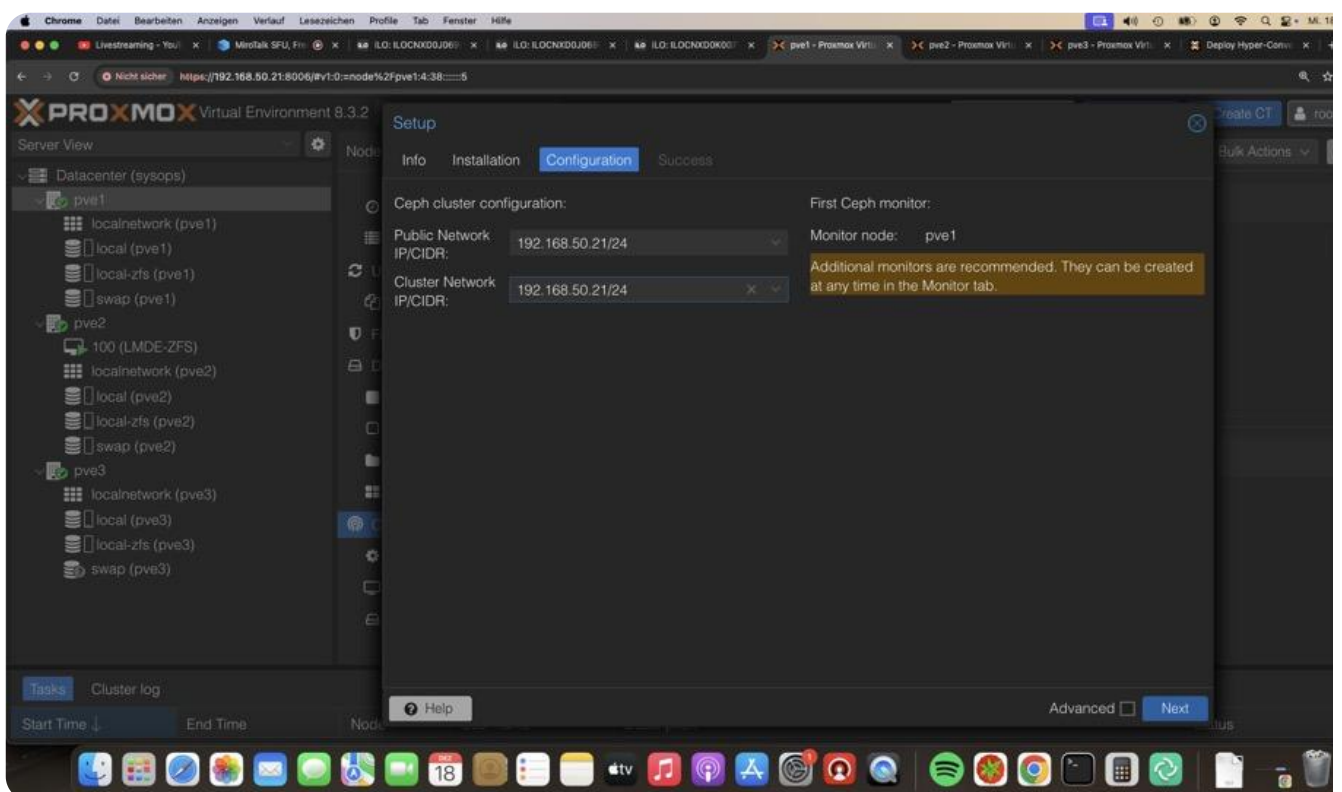
Ceph benötigt jedoch sorgfältige Planung, geeignete Netzwerke, passende Hardware und ausreichende Redundanz.

“Für produktive Ceph-Cluster empfehlen wir mindestens eine Proxmox-Subscription und erfahrene Planung. Ein fehlerhaft aufgebauter Ceph-Cluster kann selbst zum kritischen Ausfallrisiko werden.





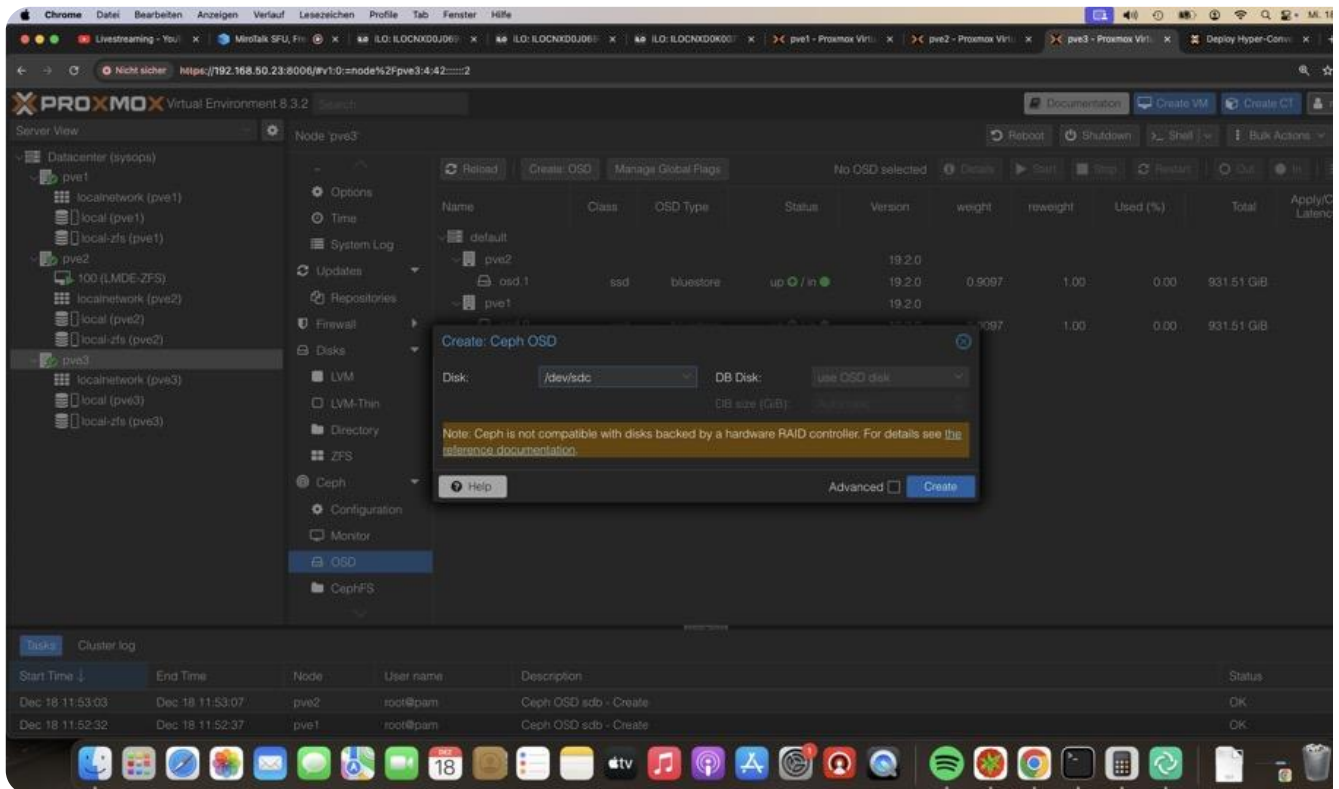
Die Auswahl der Netzwerke für Cluster, Ceph, Redundanz und weitere Segmentierungen sollte durch erfahrene Fachleute erfolgen. Für produktive Ceph-Umgebungen sollte das normale LAN nicht einfach mitverwendet werden.

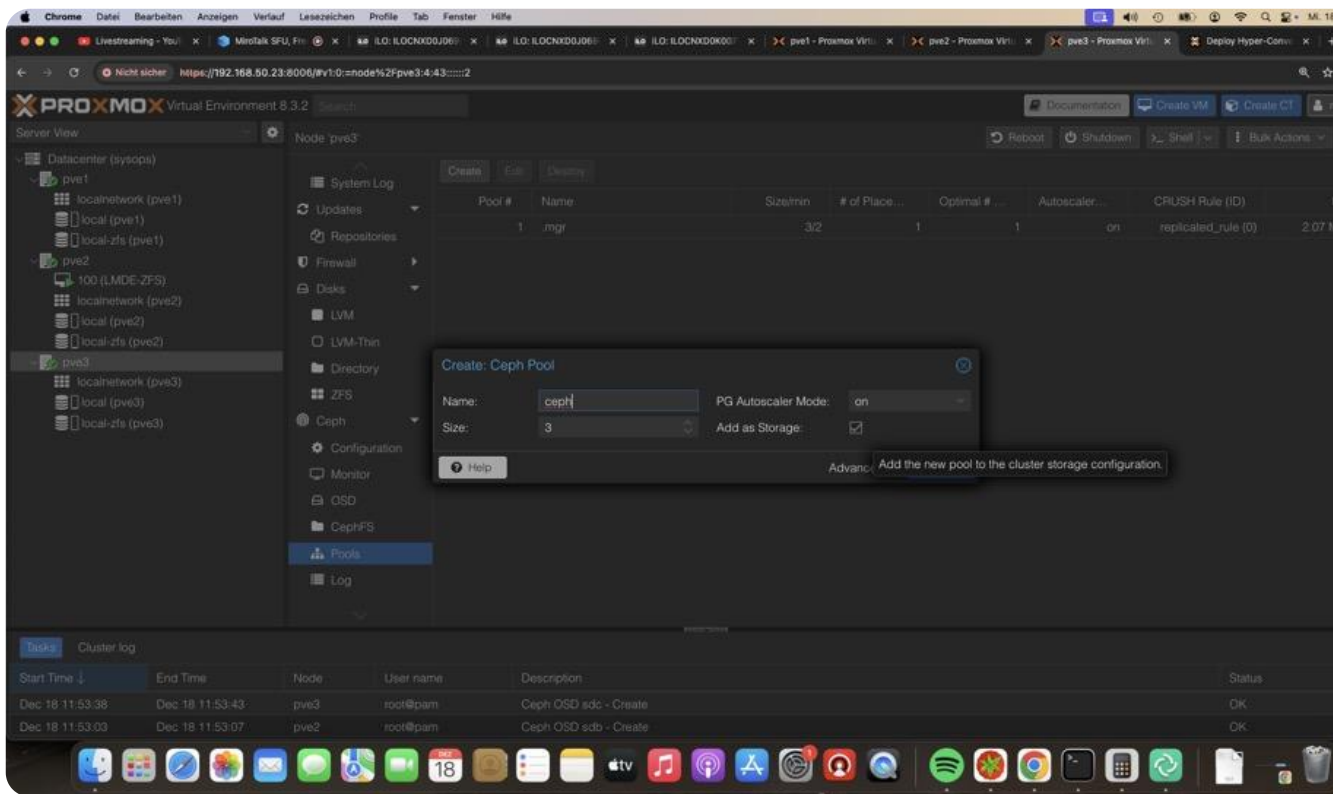


# Ceph OSDs und Pools einrichten

Jeder Host benötigt geeignete Datenträger als OSDs. Für ein einfaches Testsetup reichen drei OSDs, produktiv sollte Ceph jedoch deutlich sorgfältiger und redundant geplant werden.

Hardware-RAID-Controller sollten auch für Ceph nicht verwendet werden. Ceph benötigt direkten Zugriff auf die Datenträger.



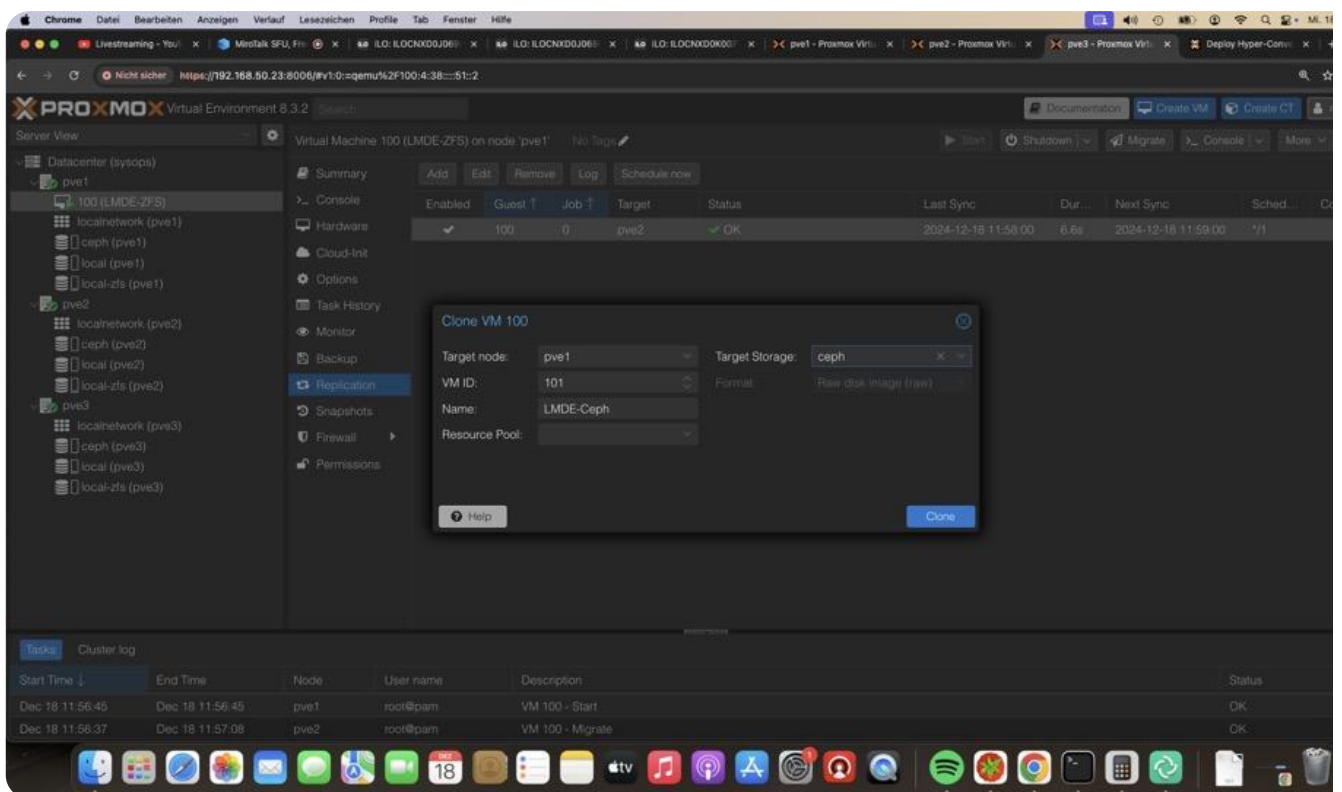
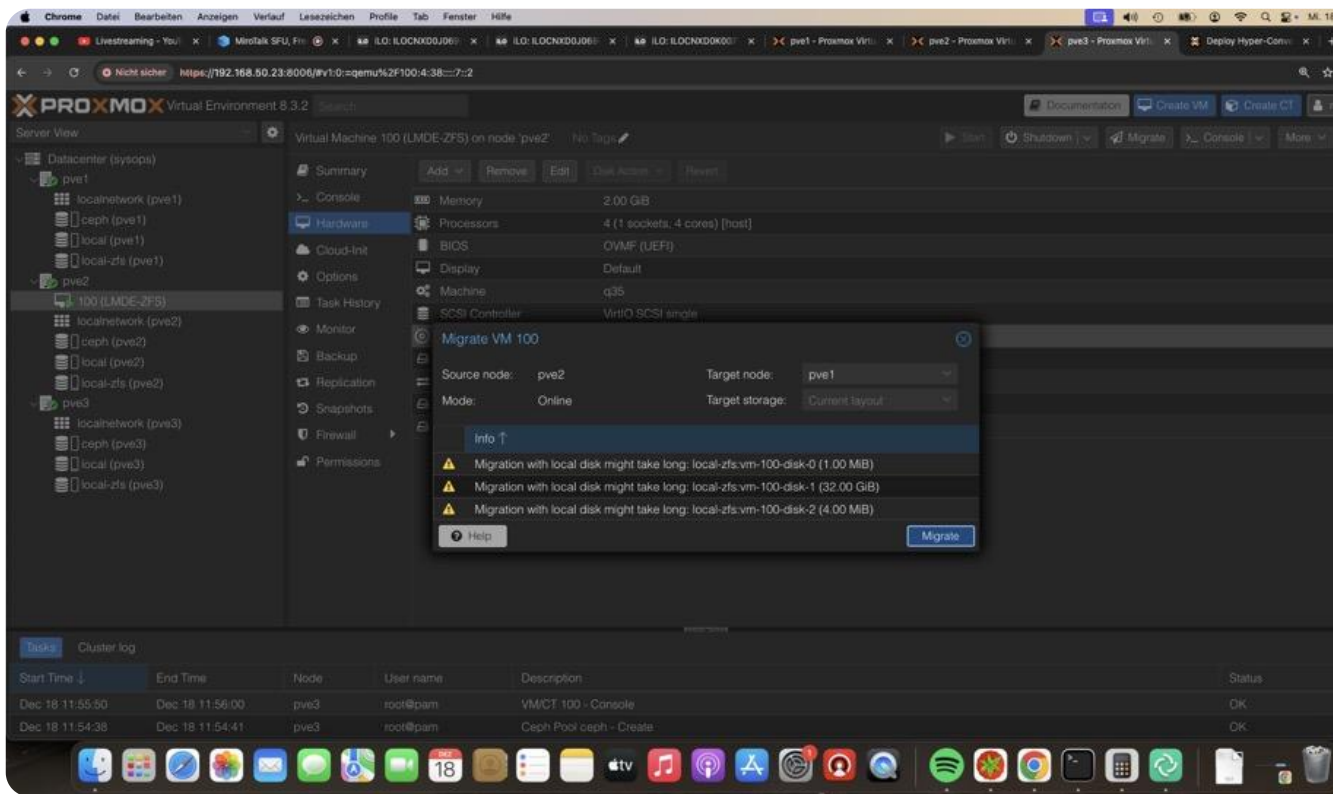


Monitor- und Manager-Rollen sollten auf mehrere Nodes verteilt werden. Andernfalls kann bereits ein Reboot eines einzelnen Nodes zu Problemen führen.

## Migration zwischen Nodes

Die Migration laufender VMs oder gestoppter LXCs ist sowohl mit ZFS als auch mit Ceph möglich. Der wesentliche Unterschied liegt im Storage-Konzept.

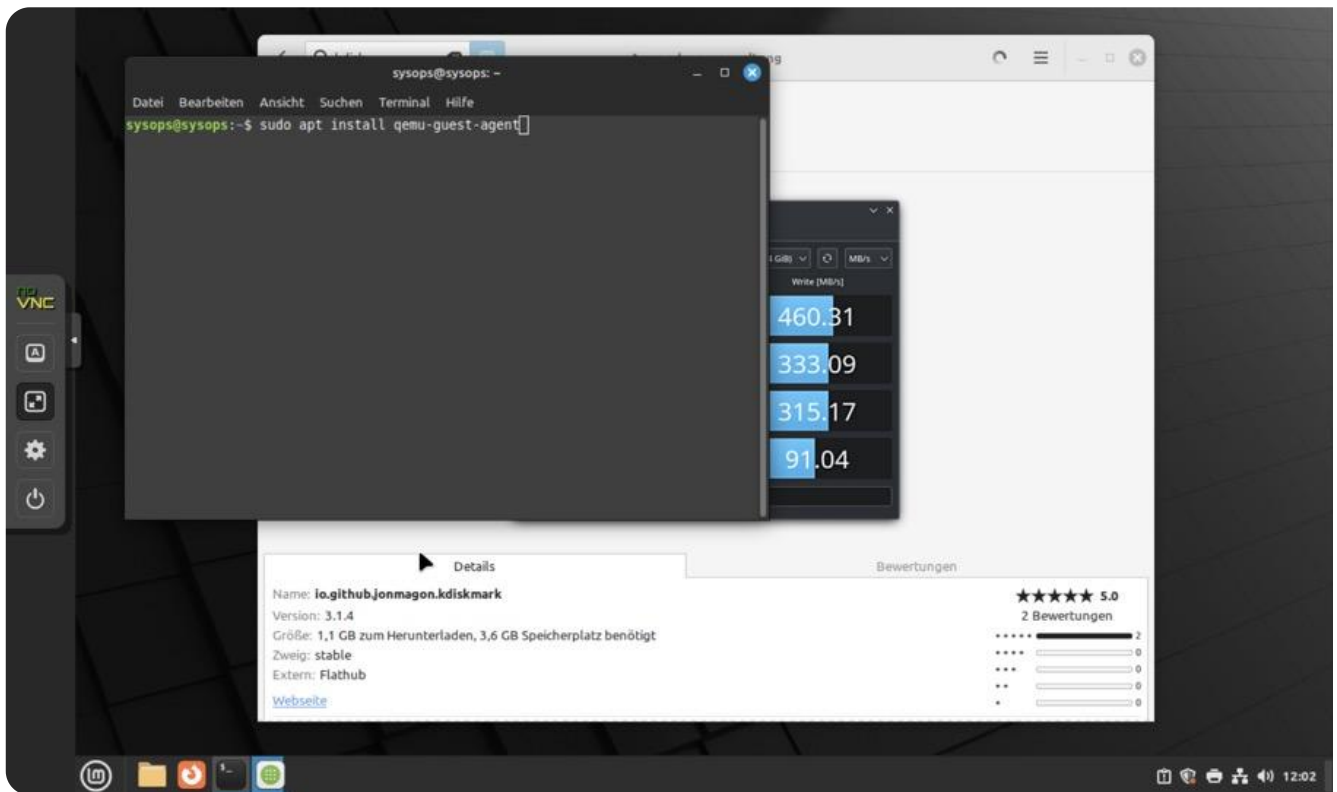
- **Ceph:** Speicher liegt verteilt im Cluster
- **ZFS:** Speicher muss auf dem Zielhost vorhanden sein oder übertragen werden
- **ZFS mit Replikation:** nur die Änderungen müssen ergänzt werden
- **ZFS ohne Replikation:** vollständige Übertragung notwendig



# QEMU Guest Agent installieren

Der **QEMU Guest Agent** sollte in virtuellen Maschinen immer installiert und aktiviert werden. Er ermöglicht geordnetes Herunterfahren, bessere Backup-Konsistenz, IP-Erkennung

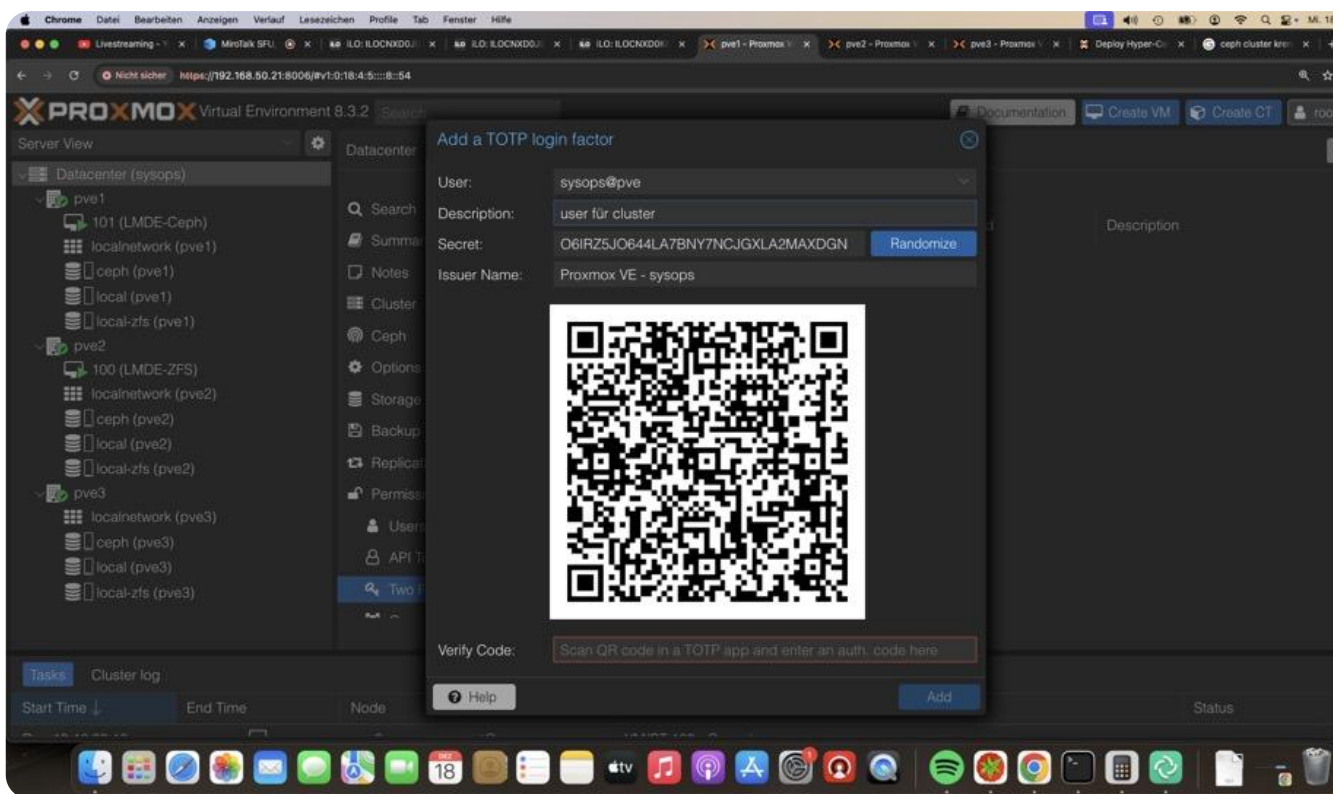
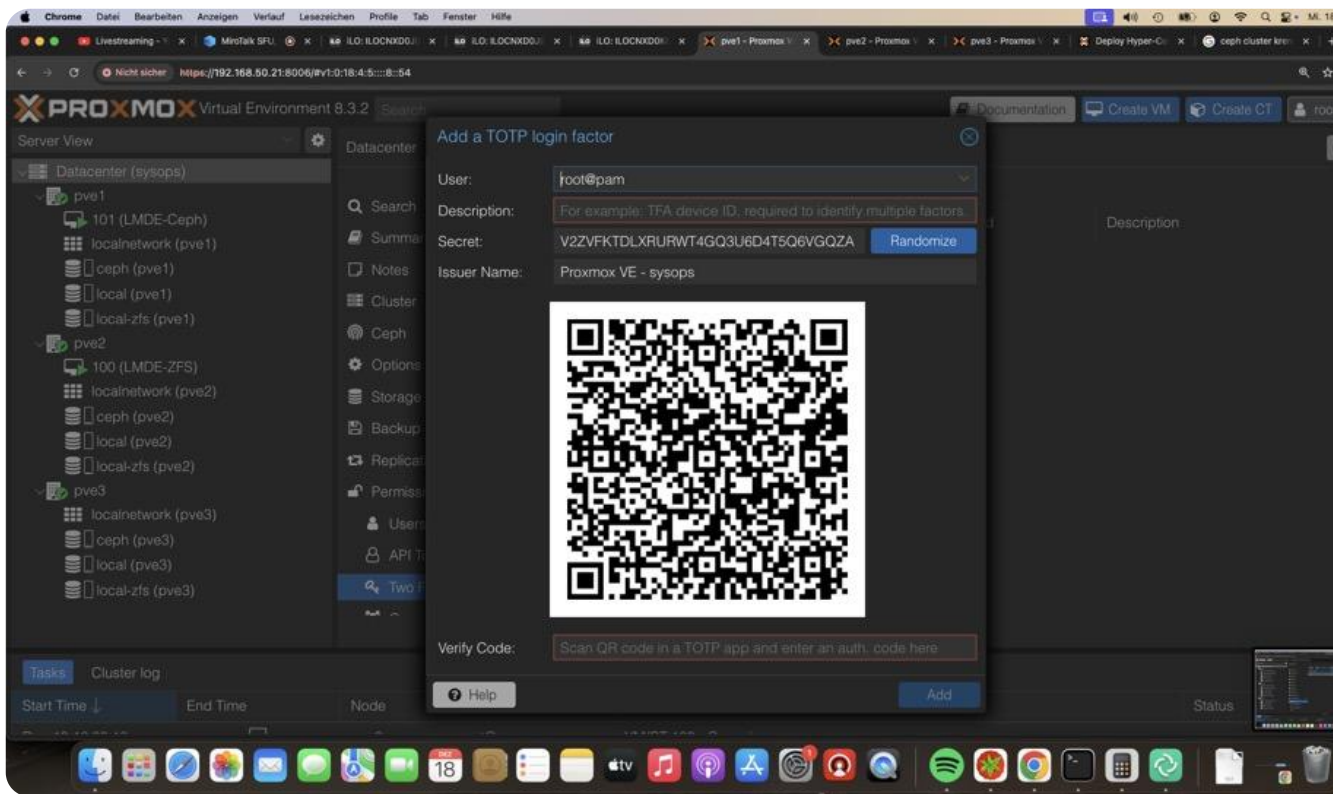
und weitere Verwaltungsfunktionen.



# Proxmox Sicherheit: 2FA, SSH und Netzwerksegmentierung

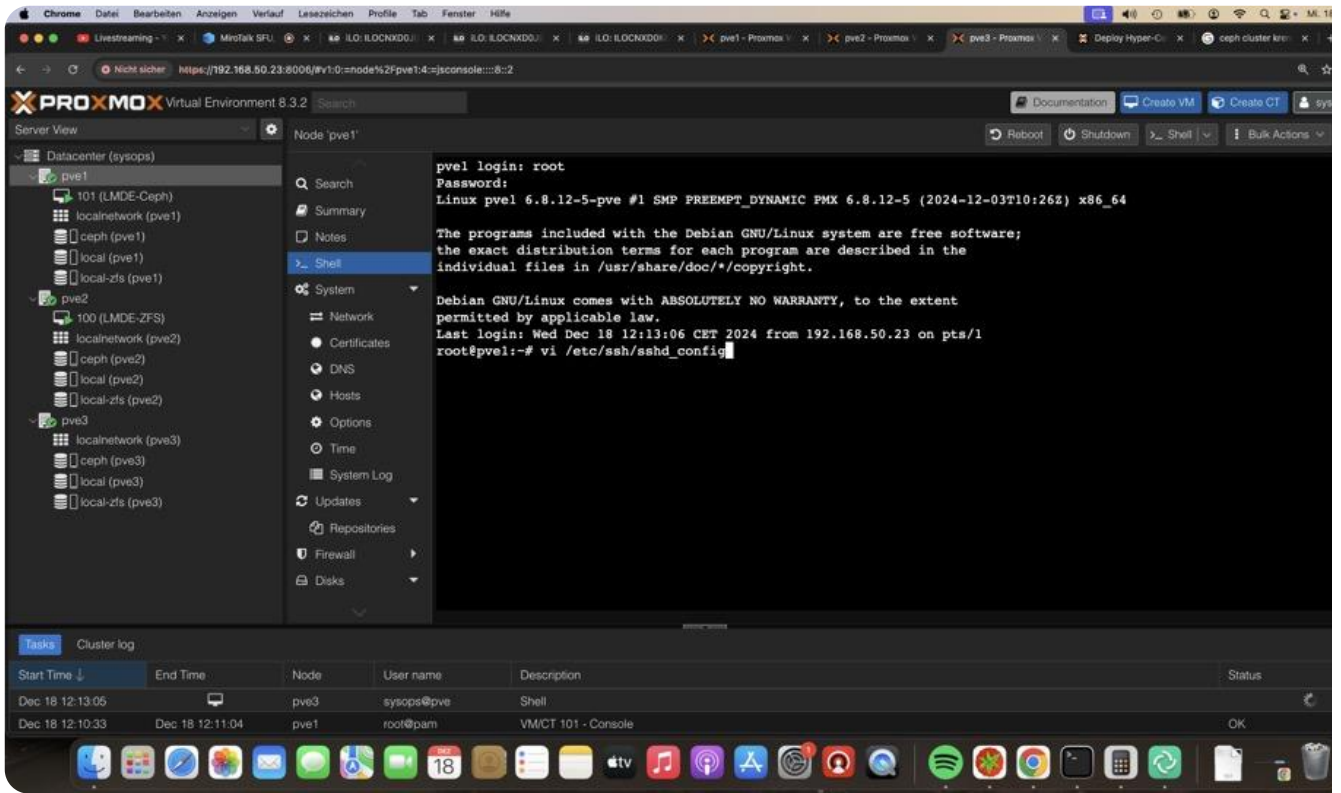
## Zwei-Faktor-Authentifizierung aktivieren

Root- und Proxmox-Benutzer sollten mit Zwei-Faktor-Authentifizierung abgesichert werden.



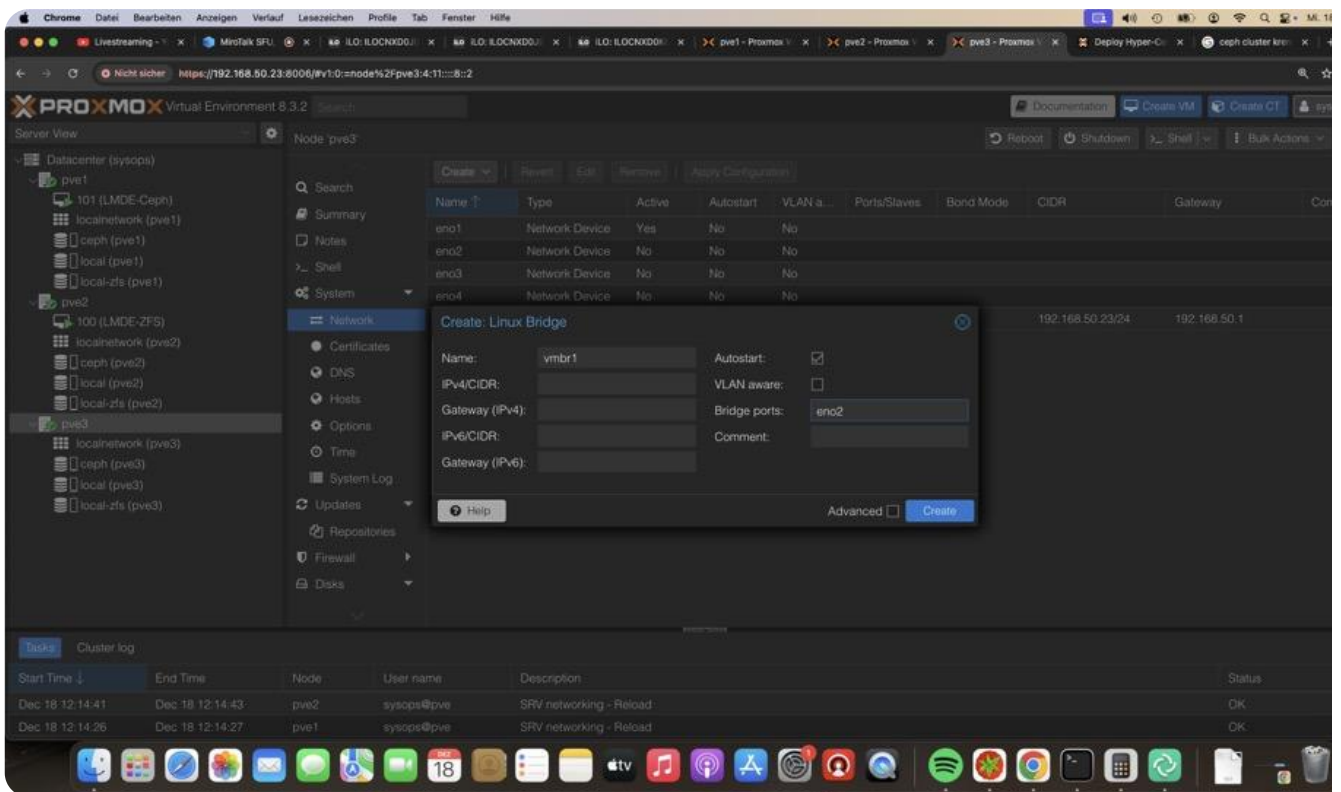
# SSH gegen Passwort-Login absichern

SSH-Zugänge sollten nach Möglichkeit nur mit Schlüsseln und ohne Passwort-Login betrieben werden.



# Verwaltungsnetz trennen

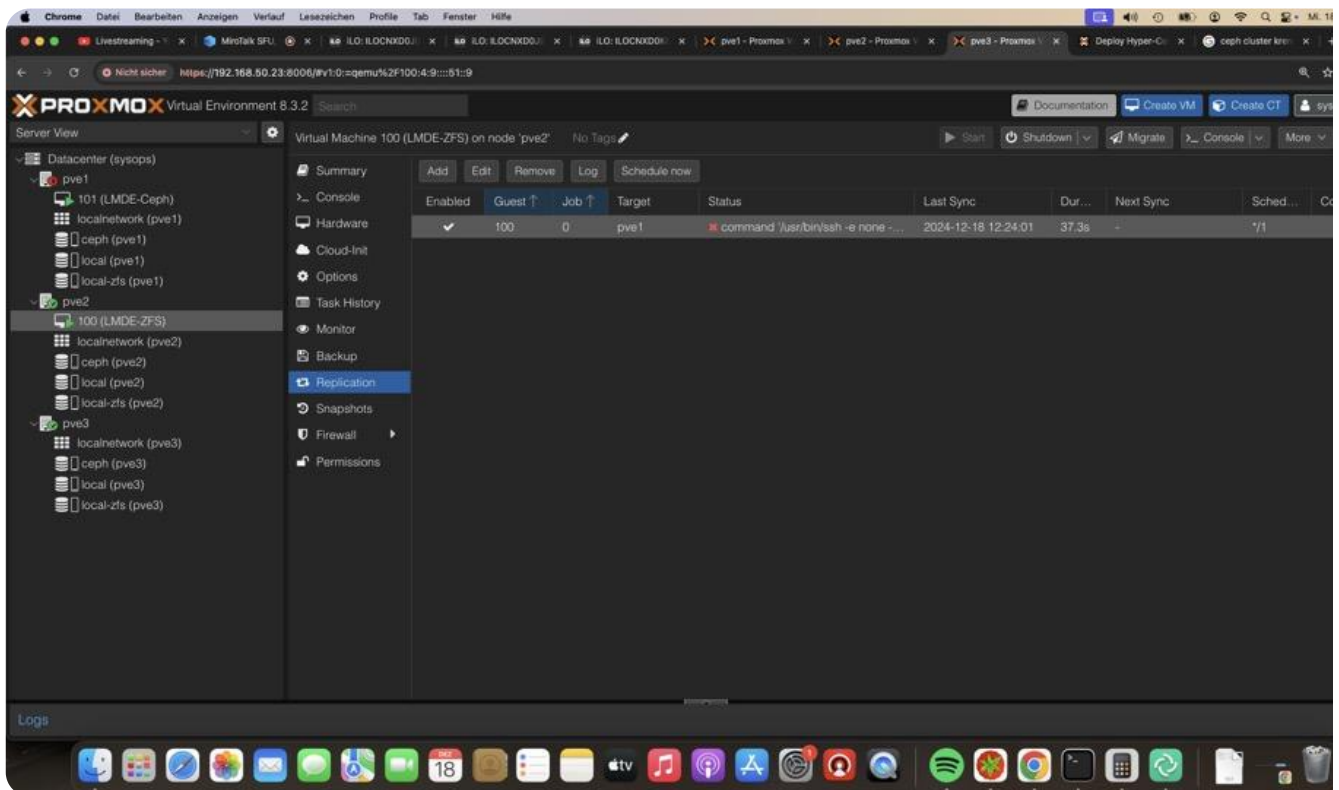
Wenn die Ressourcen vorhanden sind, sollten Anwender- und Gast-VMs keinen direkten Zugriff auf Proxmox VE, Switches oder Firewalls erhalten.

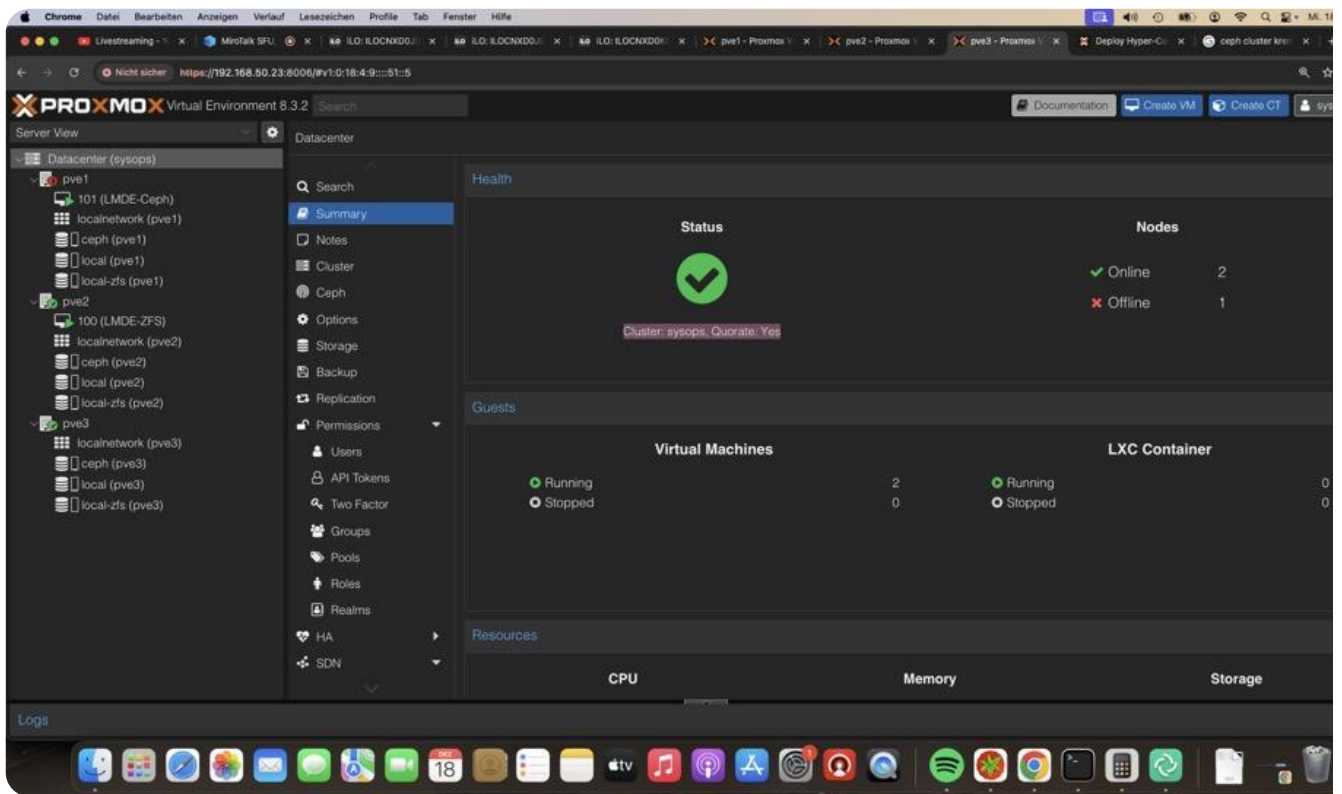


# Replikationen zuverlässig prüfen

Ein Blick auf ZFS allein zeigt nicht zuverlässig, welche VM gerade auf welchem Host aktiv ist. Deshalb müssen Replikationen kontrolliert und nachvollziehbar überwacht werden.

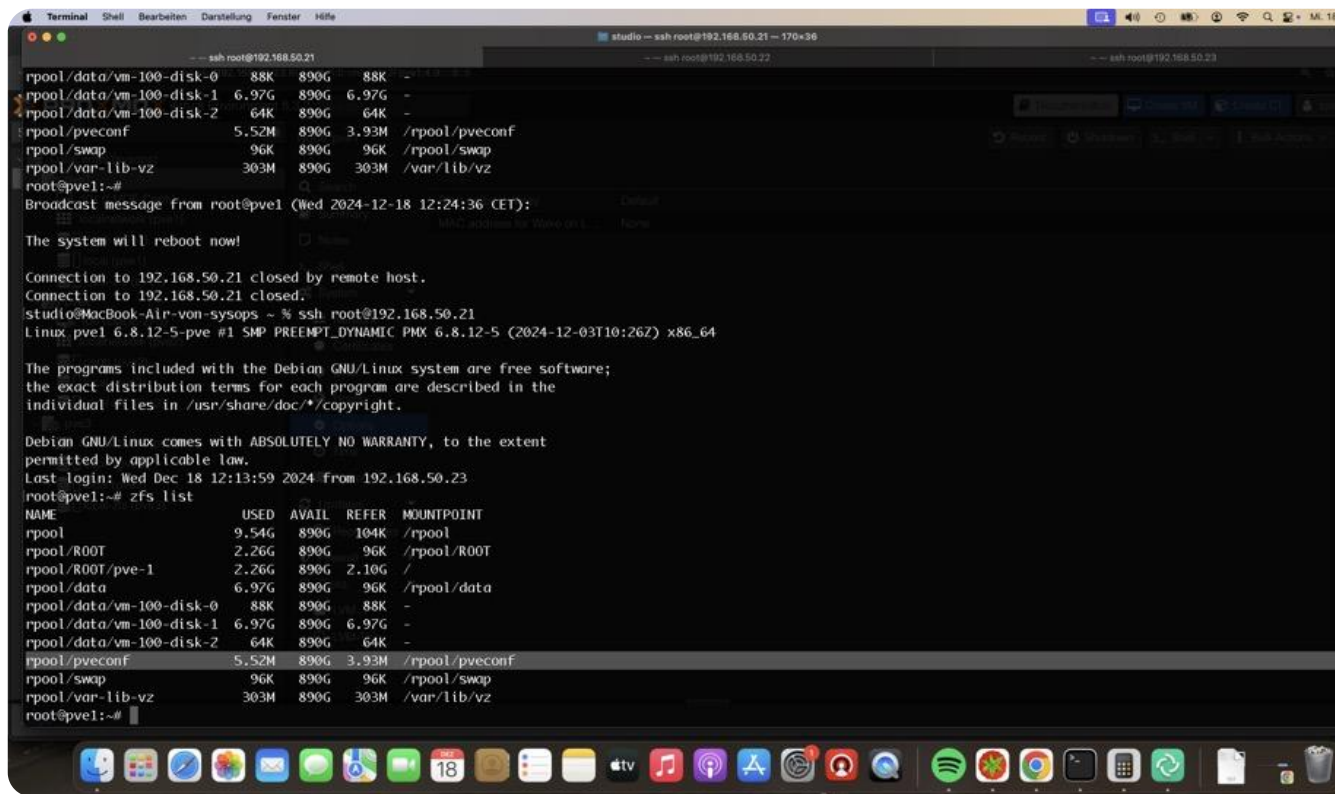
Das Proxmox Dashboard zeigt defekte Platten, RAID-Probleme und Replikationsfehler nicht immer so zentral, wie es für größere Umgebungen wünschenswert wäre. Deshalb sollten Checkmk, CV4PVE oder eigene Prüfwerkzeuge eingesetzt werden.





# Proxmox Konfiguration sichern

Die Proxmox-Konfiguration liegt in einer Cluster-Datenbank und wird unter `/etc/pve` eingebunden. Unser Postinstaller kann diese Konfiguration regelmäßig nach `/rpool/pveconf` sichern und mit ZFS-Autosnapshots historisieren.



```
Terminal Shell Bearbeiten Darstellung Fenster Hilfe
studio -- ssh root@192.168.50.21 -- 170x36

-- ssh root@192.168.50.21
-- ssh root@192.168.50.22
-- ssh root@192.168.50.23

rpool/data/vm-100-disk-0 88K 890G 88K -
rpool/data/vm-100-disk-1 6.97G 890G 6.97G -
rpool/data/vm-100-disk-2 64K 890G 64K -
rpool/pveconf 5.52M 890G 3.93M /rpool/pveconf
rpool/swap 96K 890G 96K /rpool/swap
rpool/var-lib-vz 303M 890G 303M /var/lib/vz
root@pve1:~#

Broadcast message from root@pve1 (Wed 2024-12-18 12:24:36 CET):
The system will reboot now!

Connection to 192.168.50.21 closed by remote host.
Connection to 192.168.50.21 closed.
studio@MacBook-Air-von-sysops ~ % ssh root@192.168.50.21
Linux pve1 6.8.12-5-pve #1 SMP PREEMPT_DYNAMIC PMX 6.8.12-5 (2024-12-03T10:26Z) x86_64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Wed Dec 18 12:13:59 2024 from 192.168.50.23
root@pve1:~# zfs list
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
rpool                               9.54G  890G   104K   /rpool
rpool/ROOT                          2.26G  890G   96K    /rpool/ROOT
rpool/ROOT/pve-1                    2.26G  890G   2.10G   /
rpool/data                          6.97G  890G   96K    /rpool/data
rpool/data/vm-100-disk-0            88K   890G   88K    -
rpool/data/vm-100-disk-1          6.97G  890G   6.97G   -
rpool/data/vm-100-disk-2           64K   890G   64K    -
rpool/pveconf                      5.52M  890G   3.93M   /rpool/pveconf
rpool/swap                          96K   890G   96K    /rpool/swap
rpool/var-lib-vz                   303M   890G   303M   /var/lib/vz
root@pve1:~#
```

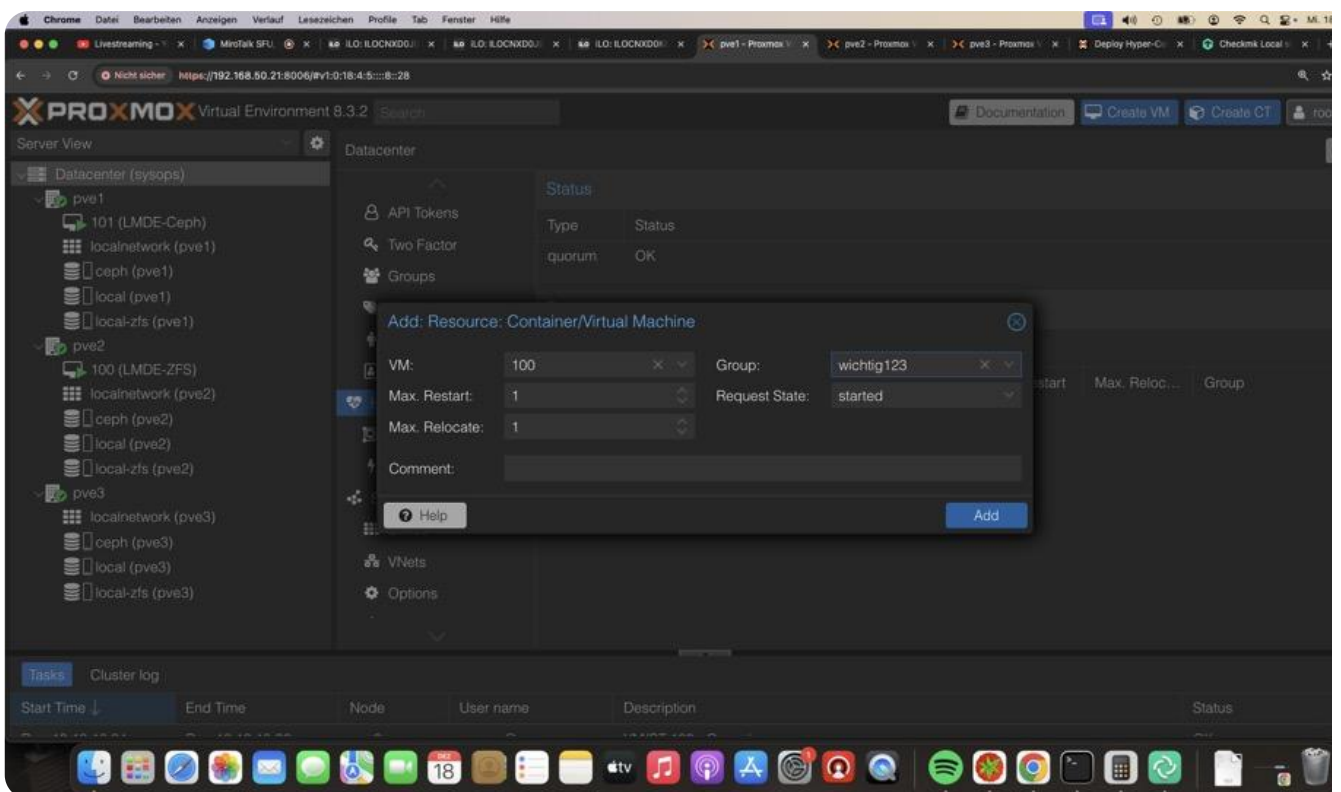
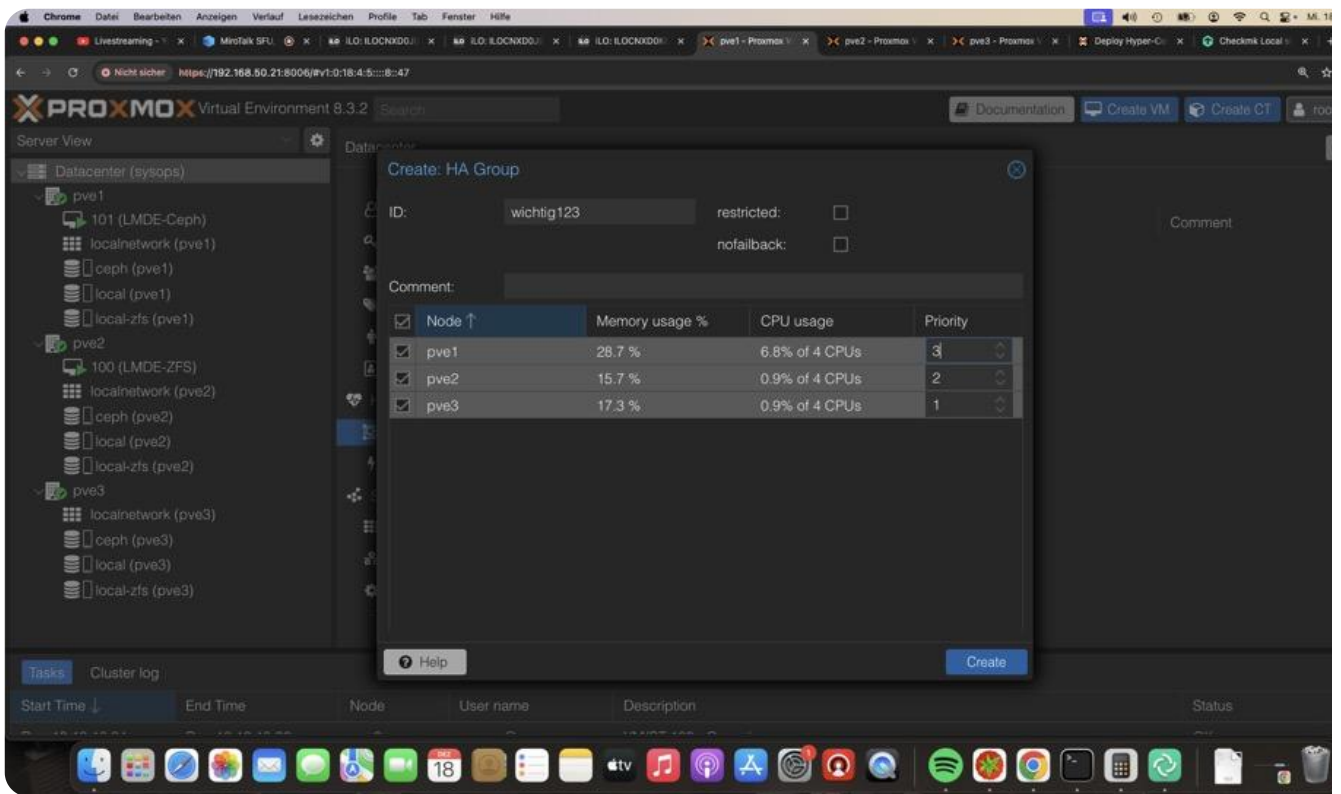
# Hochverfügbarkeit mit Proxmox HA

Die Proxmox HA-Engine sorgt dafür, dass VMs oder LXCs beim Ausfall eines Hosts auf einem anderen Host gestartet werden können.

Wichtig ist die Unterscheidung:

- **Ceph oder SAN:** Storage ist gemeinsam verfügbar
- **ZFS-Replikation:** es kann die Replikationslücke verloren gehen
- **HA mit ZFS:** gut für Dienste mit tolerierbarem Datenverlustfenster

Bei ZFS hängt das mögliche Datenverlustfenster vom Replikationsintervall ab. Daher eignet sich HA mit ZFS besonders für Systeme wie Firewalls, Telefonanlagen oder Dienste, bei denen ein kurzer Rückstand vertretbar ist.

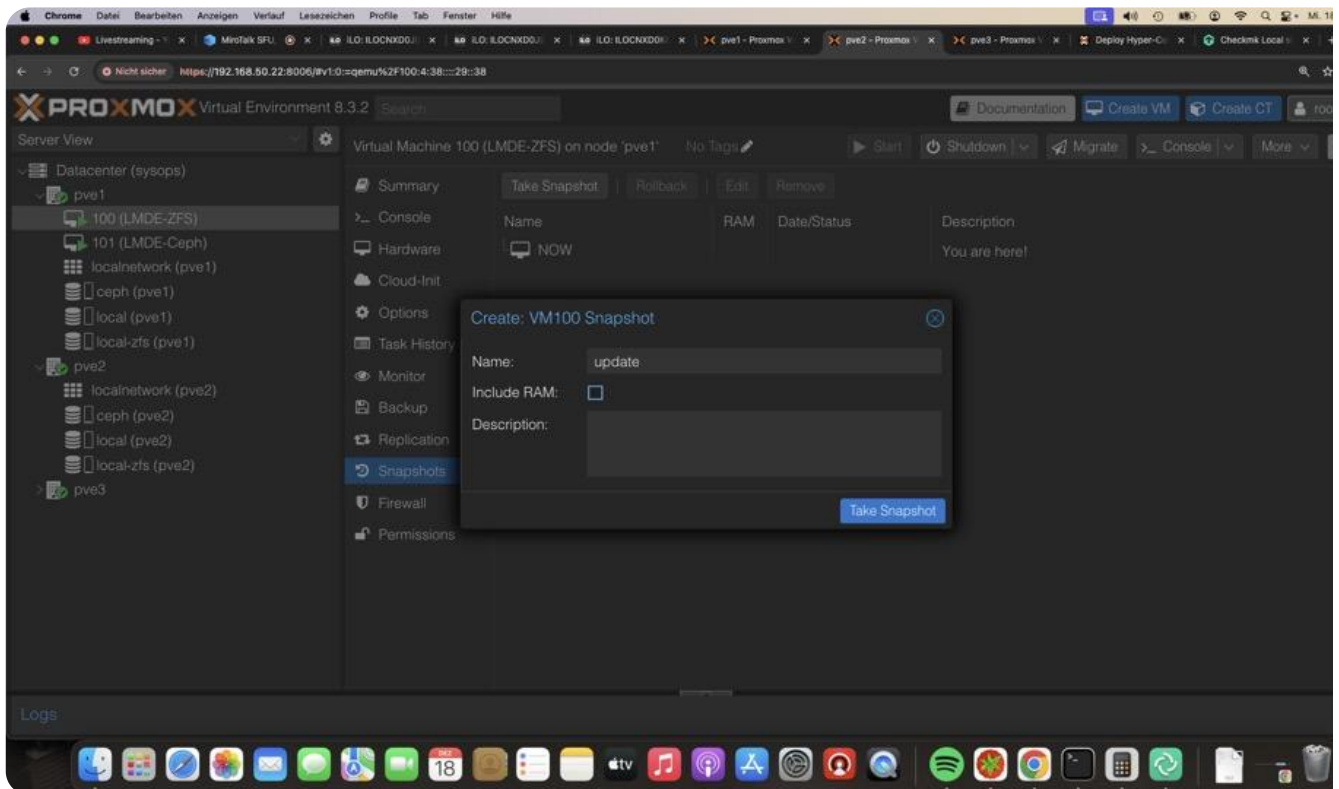


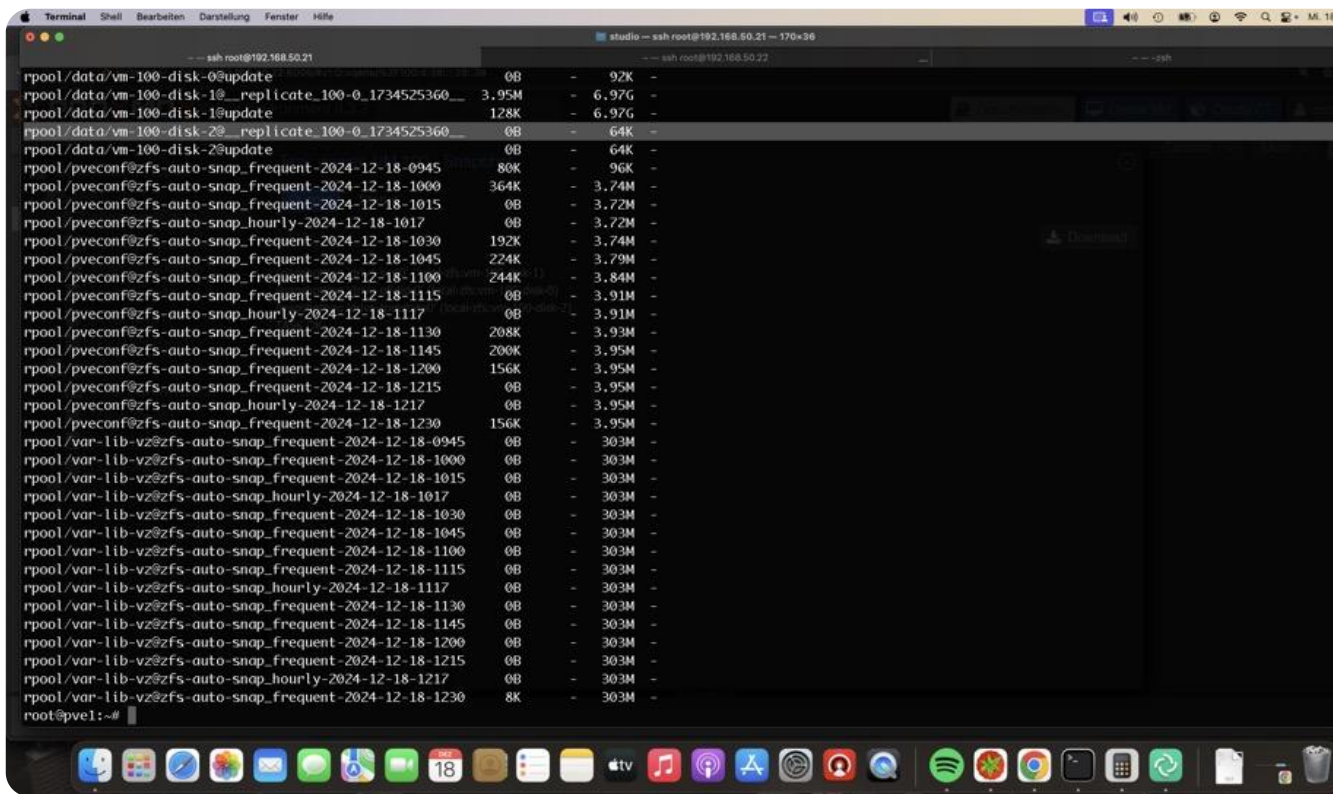
Wird ein Node regulär neu gestartet, sollten VMs vorher bewusst migriert werden. Ein Reboot ersetzt keine geplante Wartung.

# Snapshots manuell und automatisch nutzen

Manuelle Snapshots über die Proxmox GUI oder API werden abhängig vom darunterliegenden Storage erzeugt – beispielsweise auf ZFS, Ceph oder anderen Storage-Backends.

Bei ZFS werden Snapshot-Zustände mitrepliziert und in der VM-Konfiguration sichtbar.

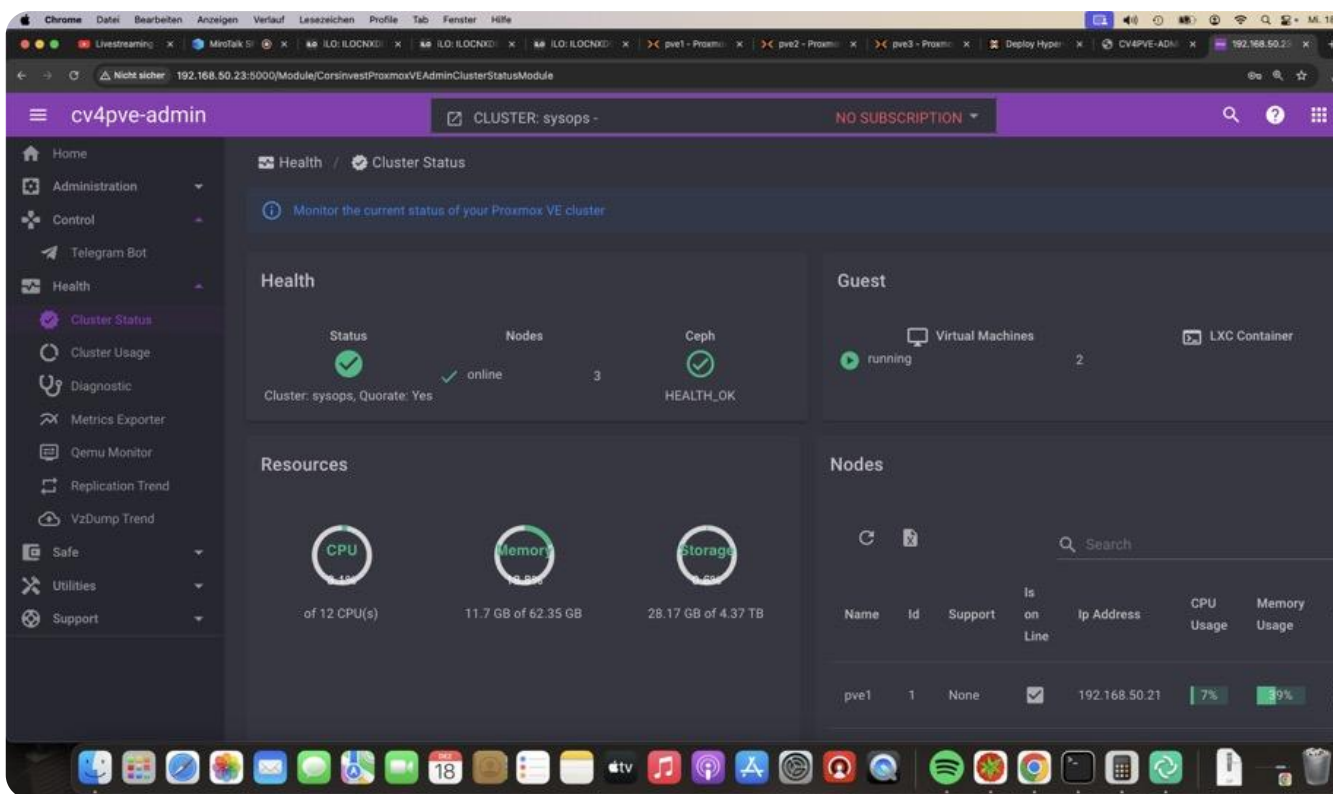
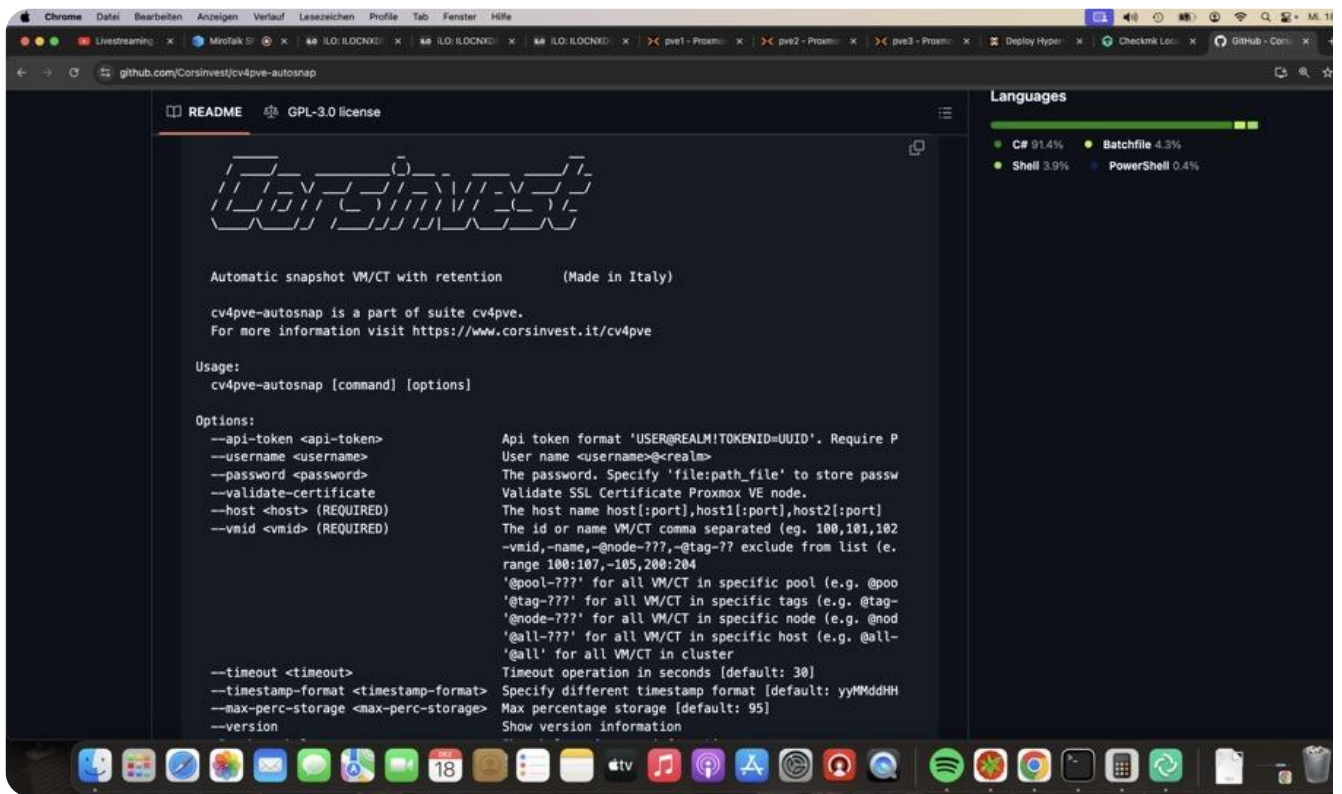




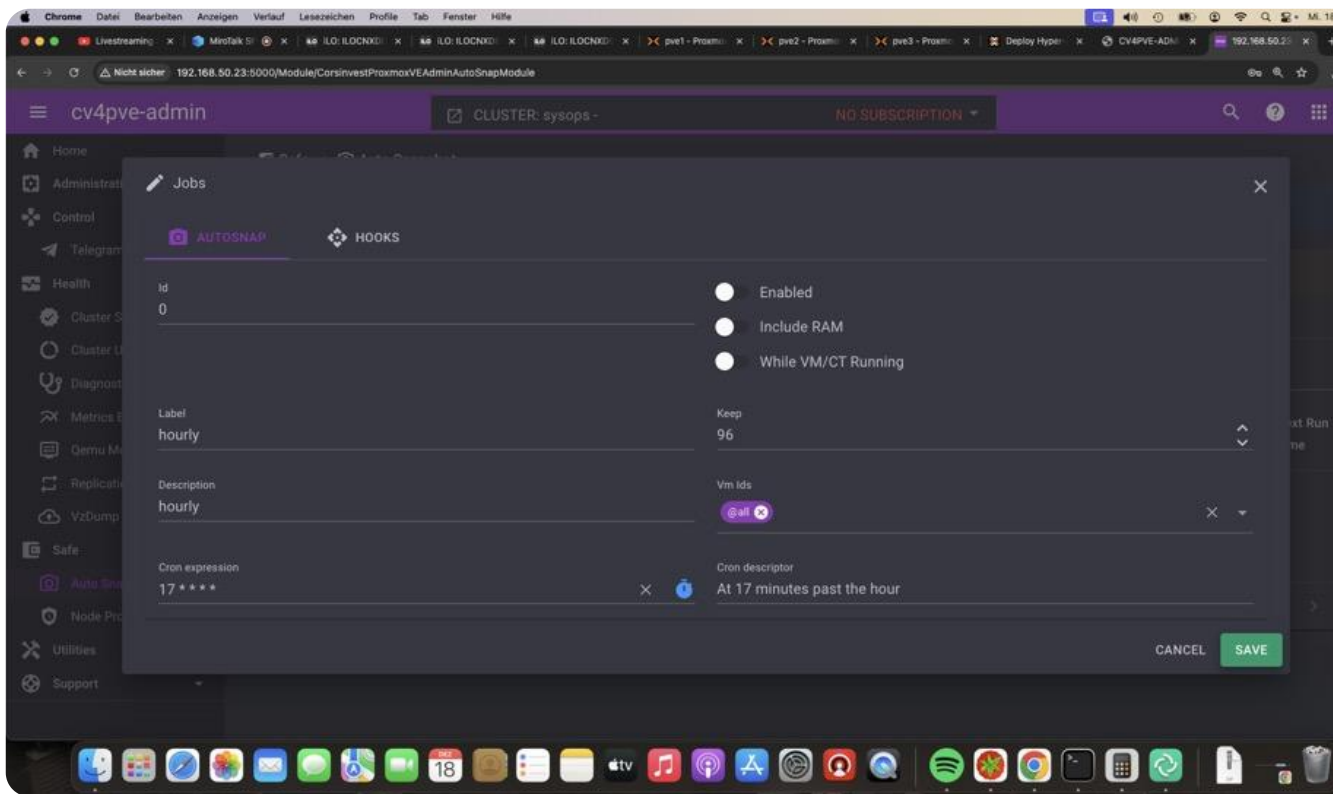
```
Terminal Shell Bearbeiten Darstellung Fenster Hilfe
studio -- ssh root@192.168.50.21 -- 170x36
-- ssh root@192.168.50.21
-- ssh root@192.168.50.22
-- ssh
rpool/data/vm-100-disk-0@update 0B - 92K -
rpool/data/vm-100-disk-1@_replicate_100-0_1734525360__ 3.95M - 6.97G -
rpool/data/vm-100-disk-1@update 128K - 6.97G -
rpool/data/vm-100-disk-2@_replicate_100-0_1734525360__ 0B - 64K -
rpool/data/vm-100-disk-2@update 0B - 64K -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-0945 80K - 96K -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1000 364K - 3.74M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1015 0B - 3.72M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_hourly-2024-12-18-1017 0B - 3.72M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1030 192K - 3.74M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1045 224K - 3.79M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1100 244K - 3.84M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1115 0B - 3.91M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_hourly-2024-12-18-1117 0B - 3.91M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1130 208K - 3.93M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1145 200K - 3.95M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1200 156K - 3.95M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1215 0B - 3.95M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_hourly-2024-12-18-1217 0B - 3.95M -
rpool/pveconf/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1230 156K - 3.95M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-0945 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1000 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1015 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_hourly-2024-12-18-1017 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1030 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1045 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1100 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1115 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_hourly-2024-12-18-1117 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1130 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1145 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1200 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1215 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_hourly-2024-12-18-1217 0B - 303M -
rpool/var-lib-vz/zfs-auto-snap_frequent-2024-12-18-1230 8K - 303M -
root@pve1:~#
```

# CV4PVE-Admin für Snapshots, Monitoring und Replikationen

CV4PVE-Admin kann eine sinnvolle Ergänzung zu Proxmox VE sein. Es bietet bessere Übersicht über Replikationen, Snapshots und bestimmte Monitoring-Funktionen.



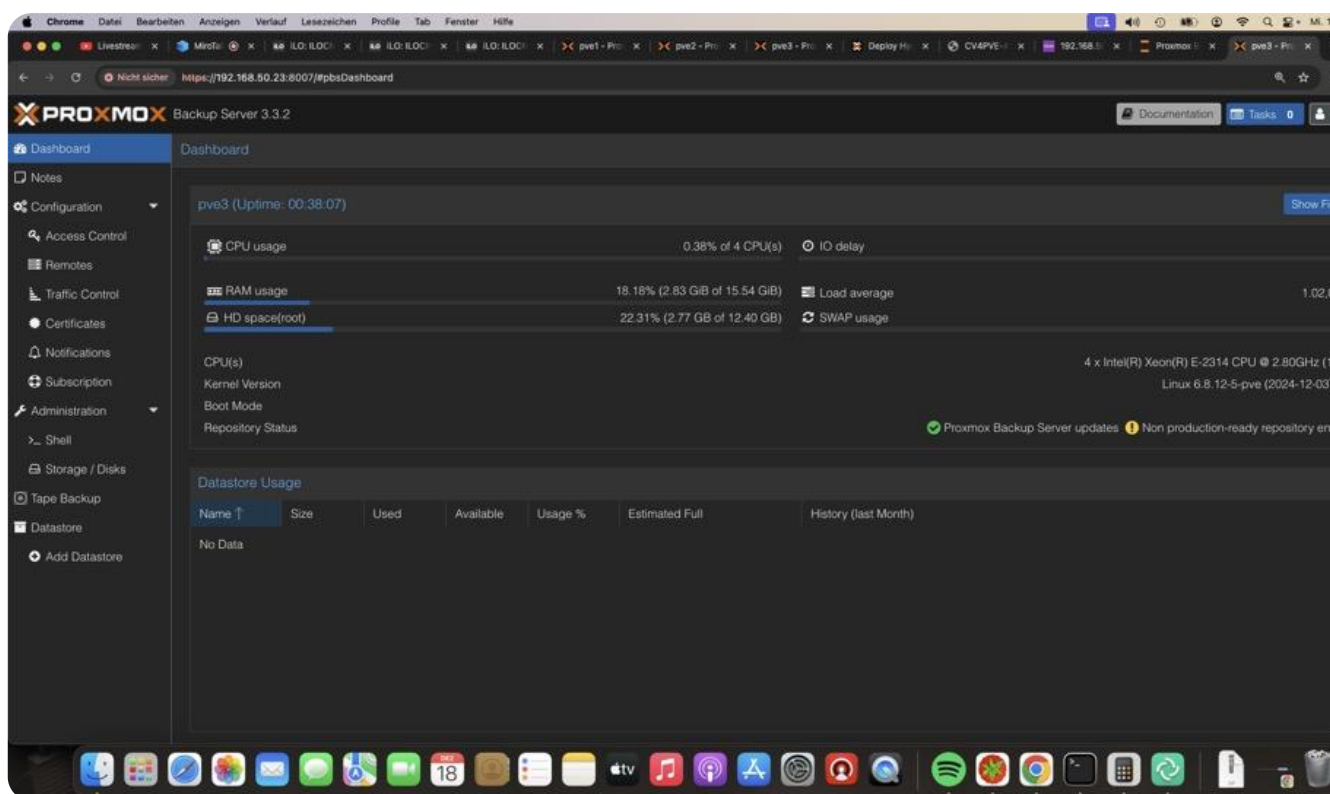
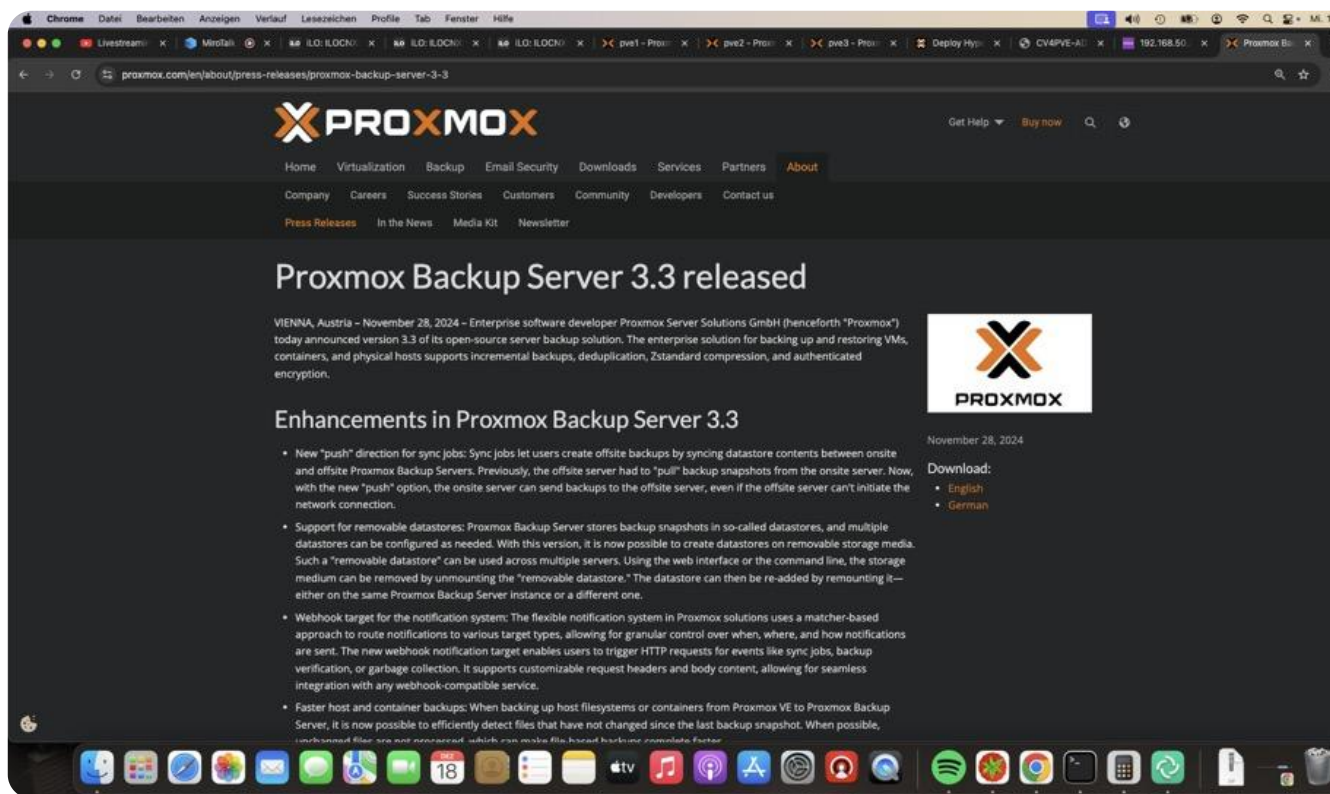
Automatische Snapshots können dort definiert werden. Wichtig ist, dass das System zuverlässig läuft und überwacht wird.



# Proxmox Backup Server einrichten

Proxmox VE kann klassische Backups erstellen. Der **Proxmox Backup Server** ergänzt inkrementelle, deduplizierte Backups, zentrale Verwaltung, Verify Jobs, Prune Jobs und Garbage Collection.

PBS kann auf eigener Hardware, in einer VM oder in bestimmten Szenarien auch als LXC betrieben werden. Für produktive Backups ist ein dediziertes, abgesichertes System vorzuziehen.

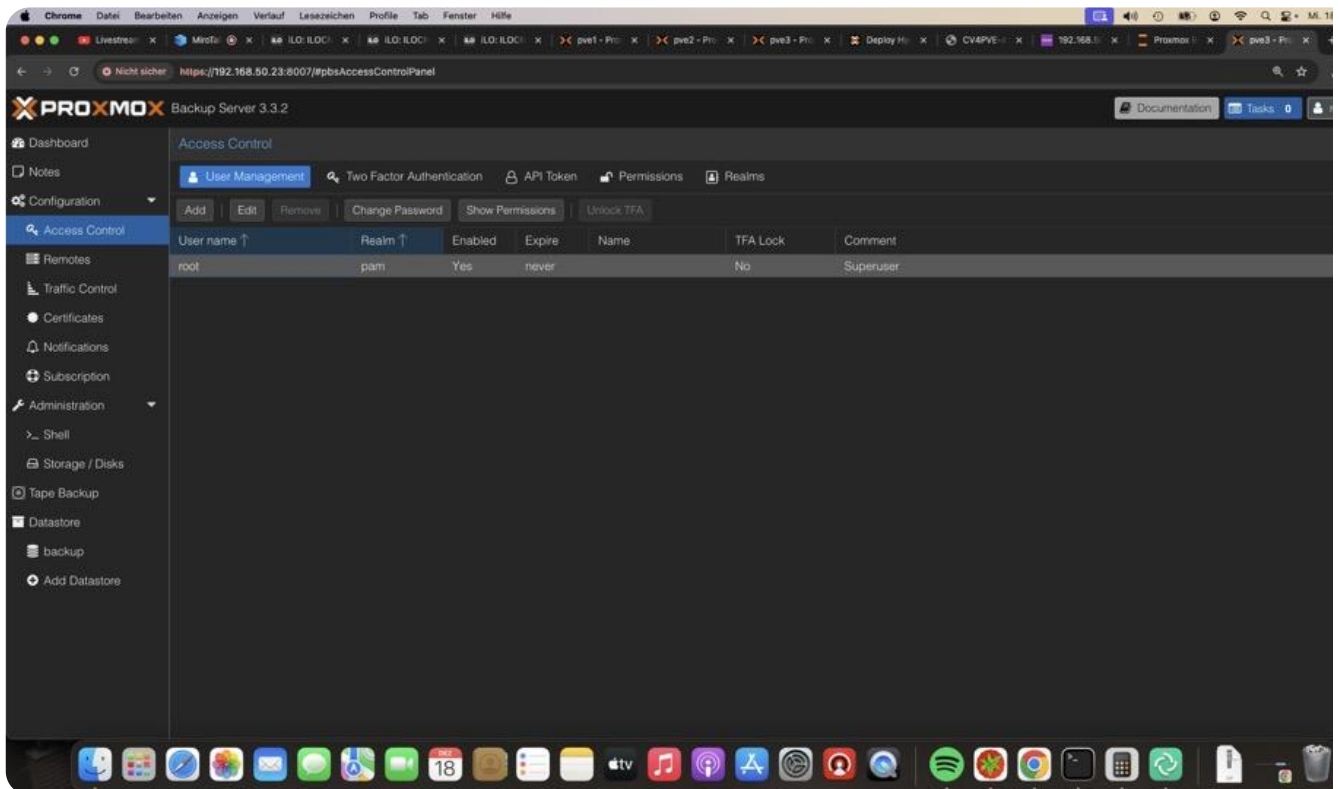


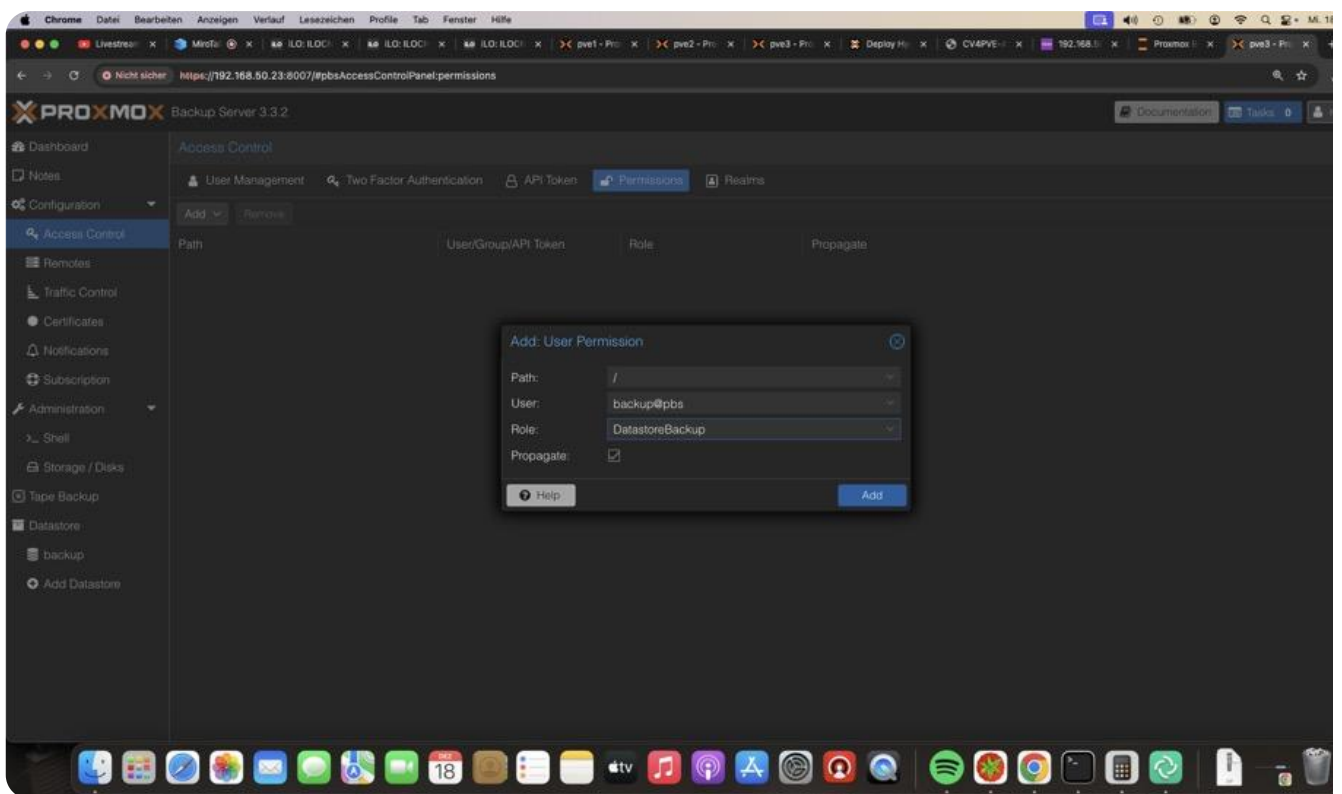
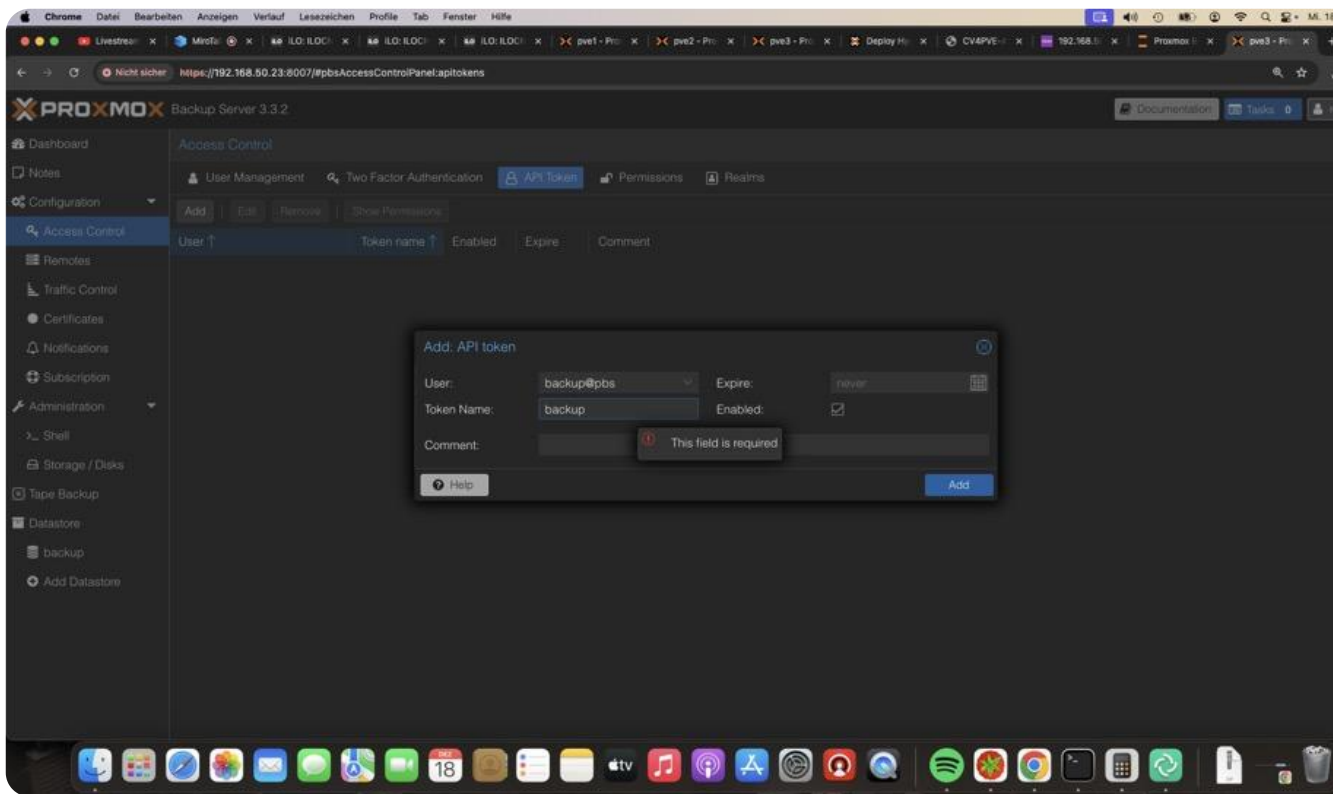
Für den Datastore empfehlen sich lokale Dateisysteme oder geeignete Storage-Anbindungen. SMB verursacht in vielen Umgebungen zusätzlichen Overhead und ist für PBS meist nicht die beste Wahl.

# Backup-Benutzer, Token und Rechte

Für Backups sollte ein eigener Backup-Benutzer mit Token verwendet werden. Root-Zugänge und Backup-Zugänge sollten mit Zwei-Faktor-Authentifizierung abgesichert werden.

Der Benutzer oder Token benötigt die Berechtigung **Datastore Backup**.

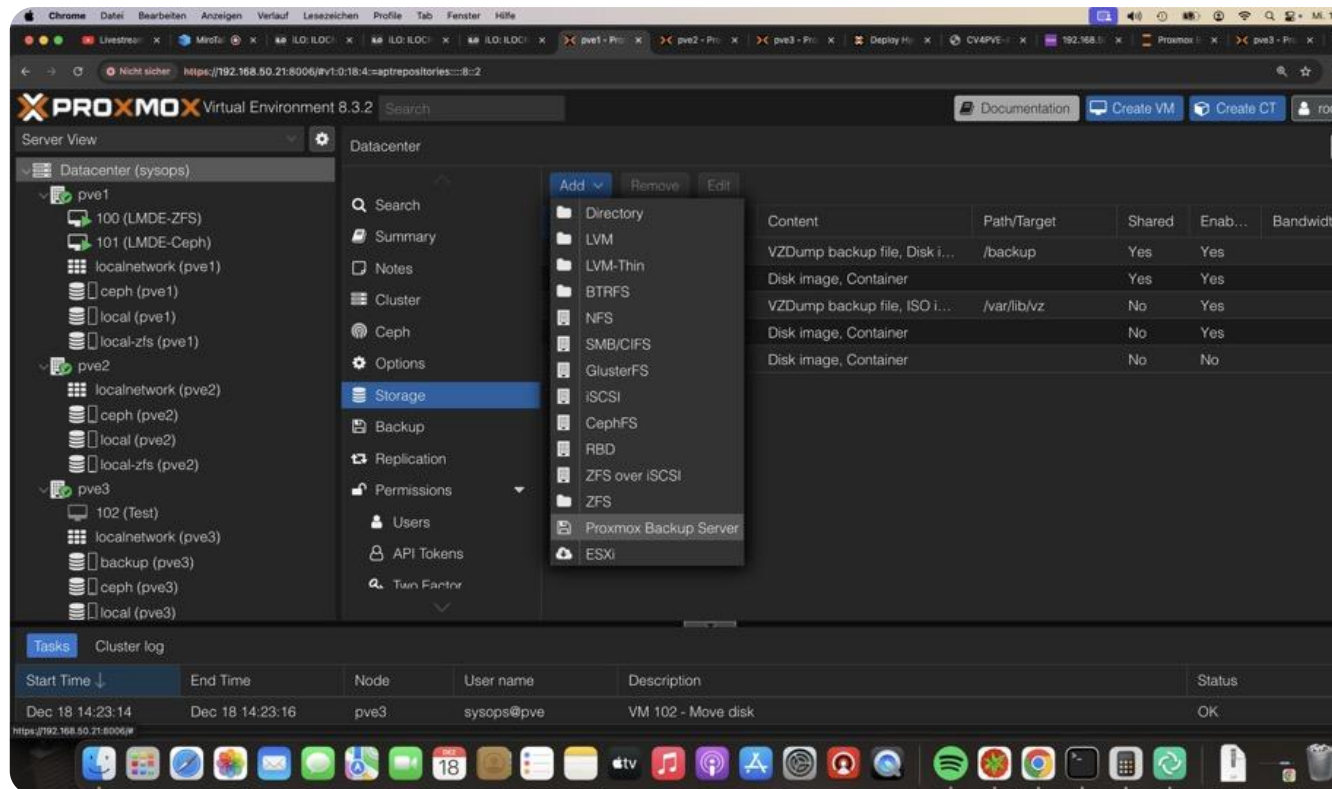


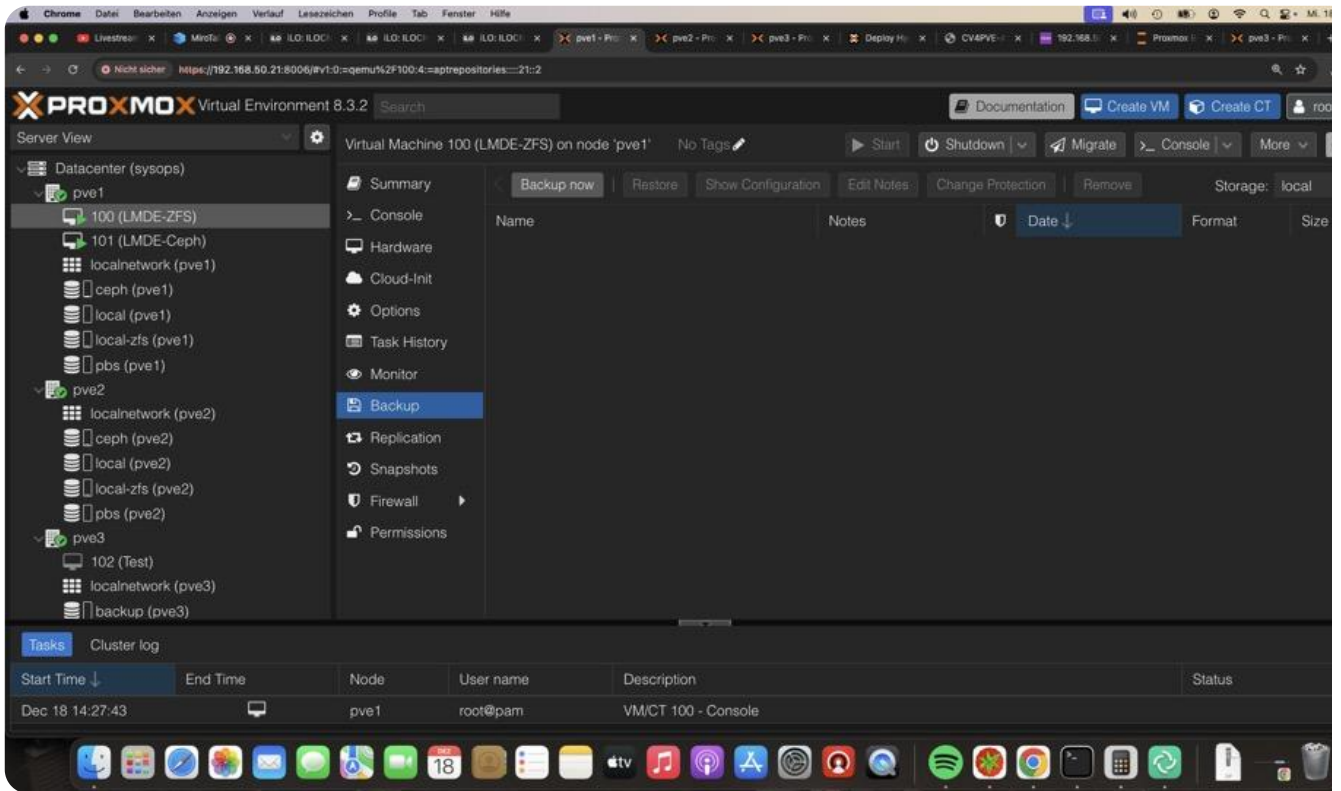


# Proxmox Backup Server in Proxmox VE einbinden

Für die Einbindung des Proxmox Backup Servers in Proxmox VE werden mehrere Angaben benötigt:

- Name des Datastores in Proxmox VE
- Serveradresse des PBS
- Datastore-Name im PBS
- Benutzer oder Token
- Token Secret
- Fingerprint des PBS-Zertifikats



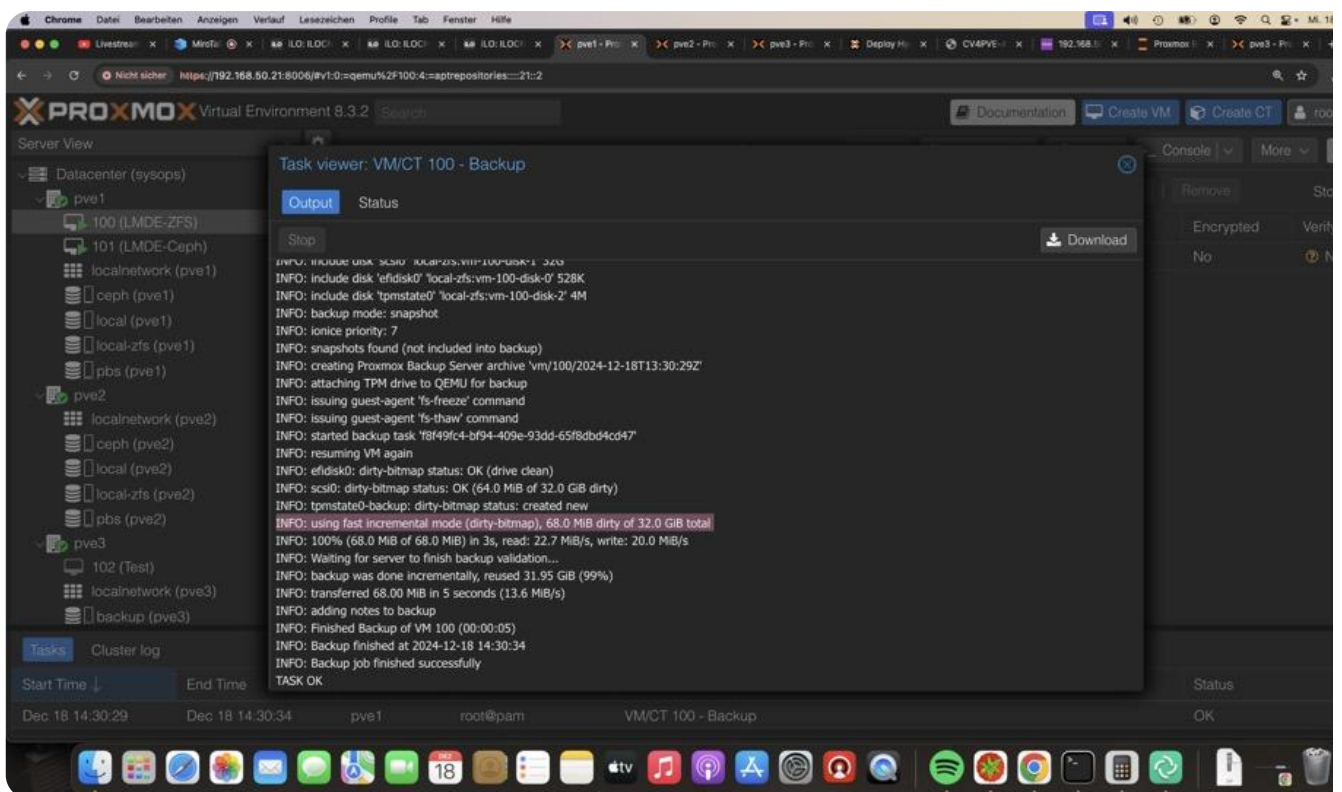
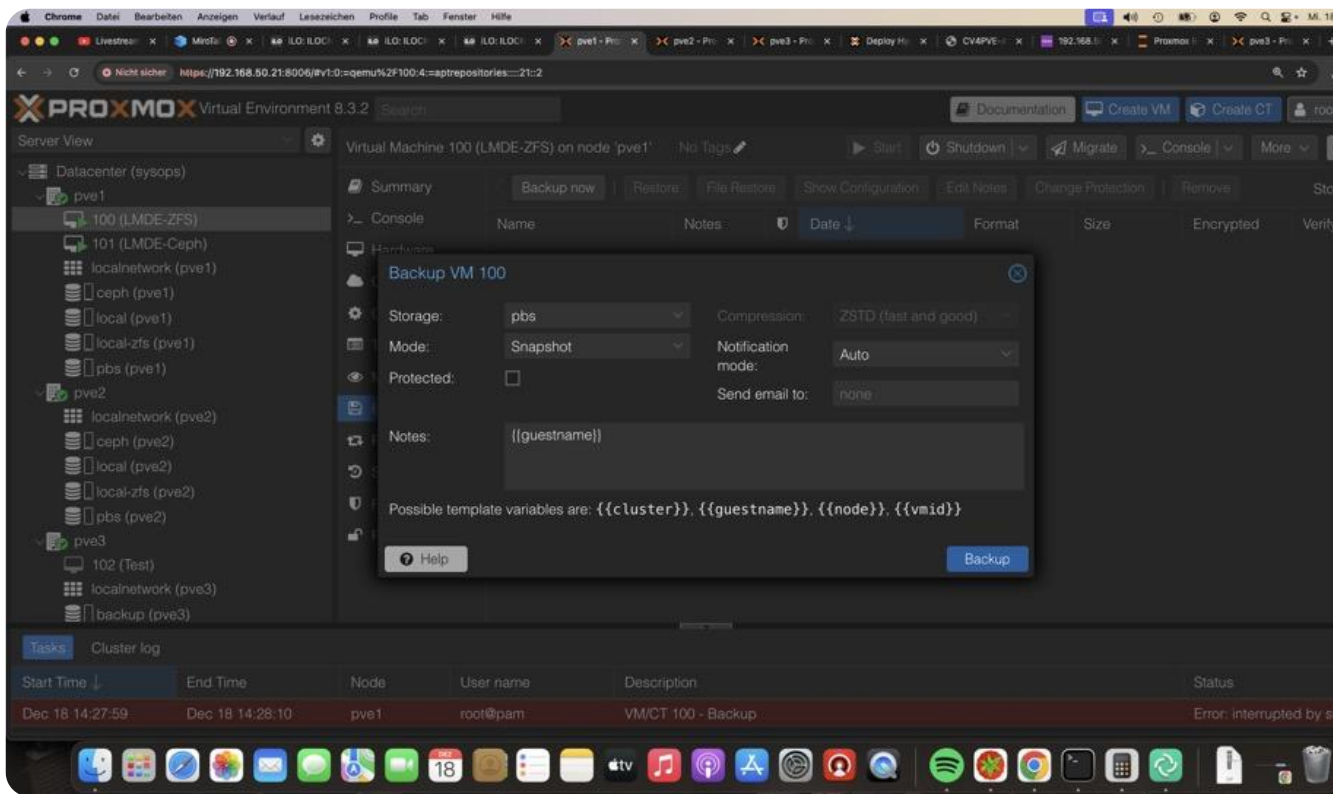


Das lokale Bootvolumen von Proxmox VE sollte nicht als Backup-Ziel verwendet werden.

# Backups, Prune, Garbage Collection und Verify

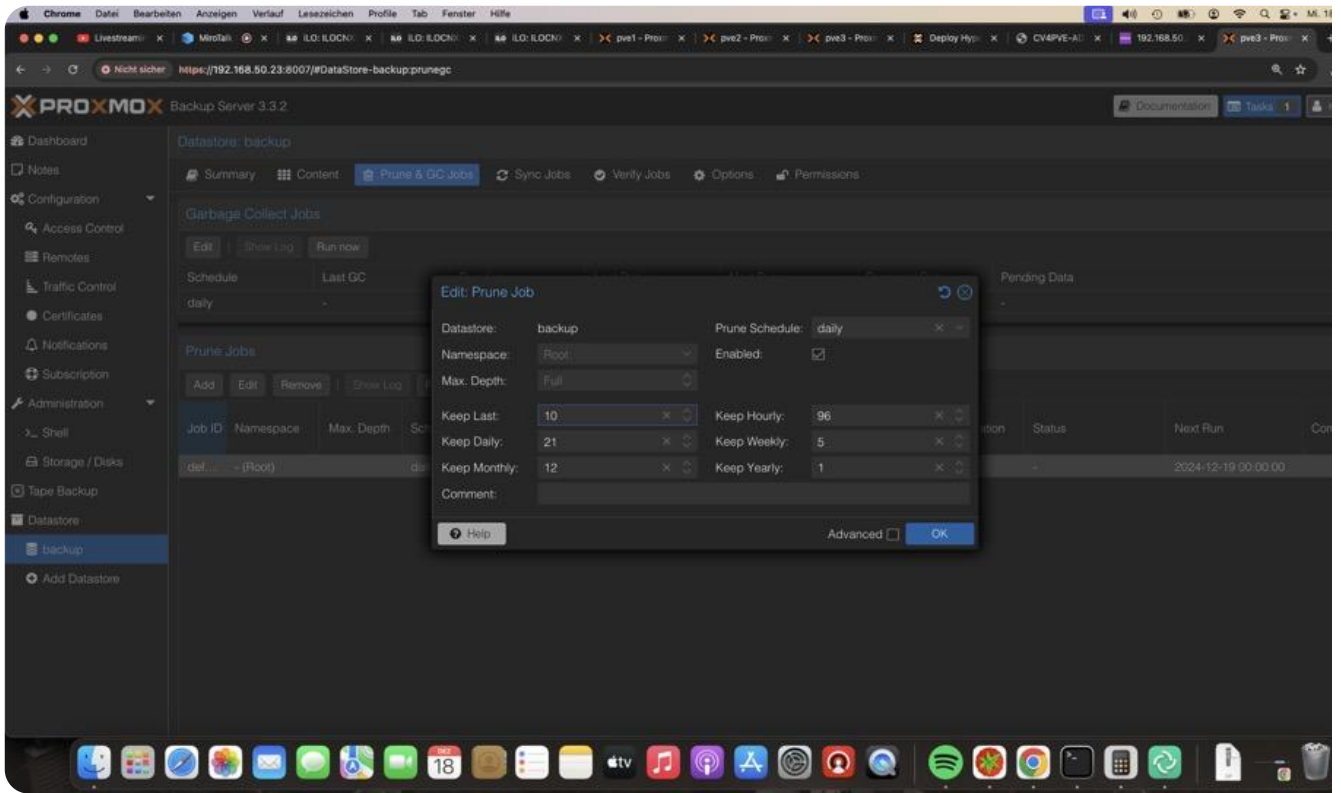
Das erste Backup einer VM ist in der Regel ein vollständiger Durchlauf. Danach werden mit Dirty Bitmap und Deduplizierung nur noch geänderte Daten effizient übertragen und gespeichert.

Nach einem Stop der VM oder Reboot des Hosts kann wieder ein vollständiger Scan notwendig werden. Durch Chunk-Deduplizierung werden jedoch nur neue oder geänderte Chunks gespeichert.



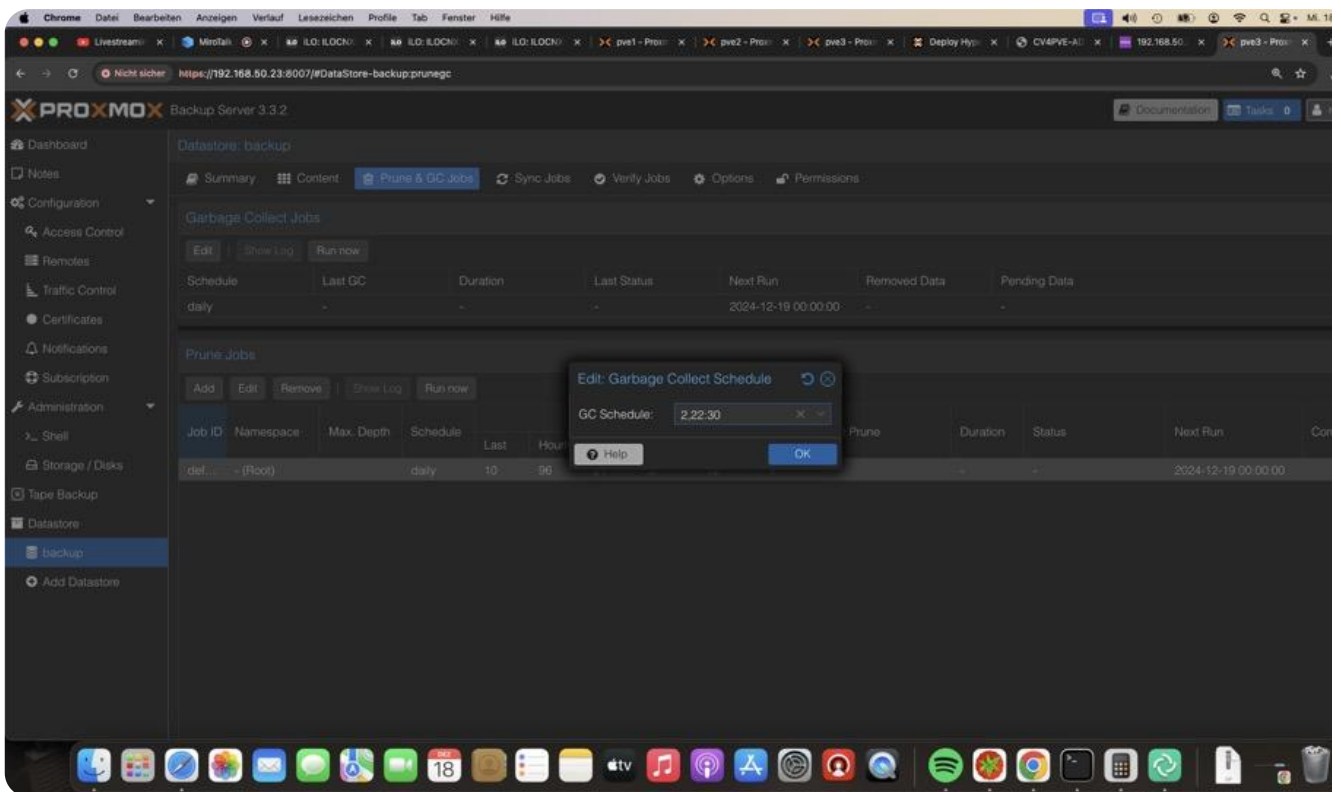
# Prune Jobs

Prune Jobs definieren Aufbewahrungszeiten. Der Proxmox-Simulator hilft bei der Prüfung der Regeln.



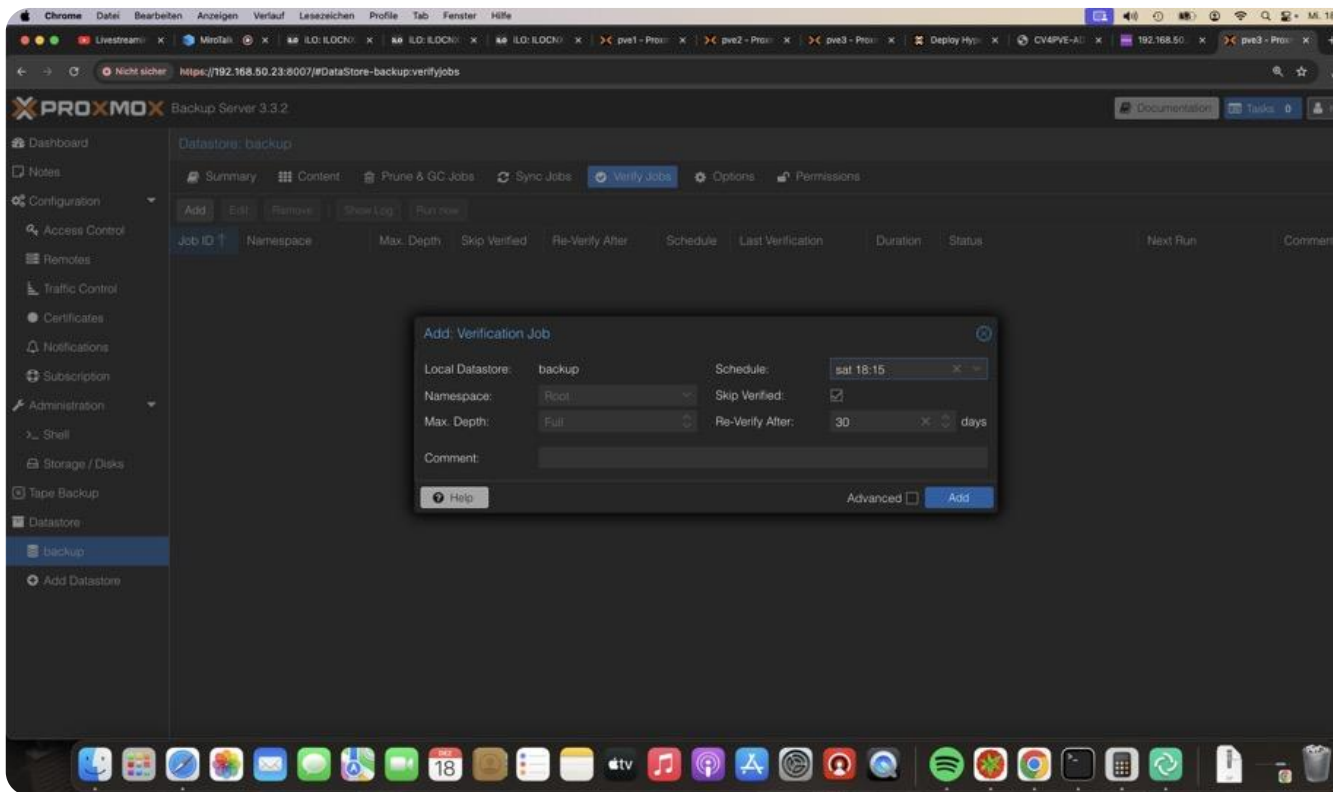
# Garbage Collection

Die Garbage Collection räumt nicht mehr benötigte Chunks auf. Dieser Vorgang kann Last erzeugen und sollte sinnvoll geplant werden.



# Verify Jobs

Verify Jobs prüfen regelmäßig die Integrität der Backups. Der Erfolg wird sowohl im PBS als auch in Proxmox VE angezeigt.



## Optional: Replikationskontrolle mit checkzfs

Mit **checkzfs** vom Bashclub können ZFS-Replikationen zusätzlich kontrolliert werden. Da nicht immer sofort erkennbar ist, welcher Host welche VM aktiv betreibt, kann ein Vergleich der Datastores hilfreich sein.

Der Check sollte nicht während laufender Replikationen ausgeführt werden, da dies zu Fehlmeldungen führen kann.

```
Terminal Shell Bearbeiten Darstellung Fenster Hilfe
studio -- ssh root@192.168.50.21 -- 170x36

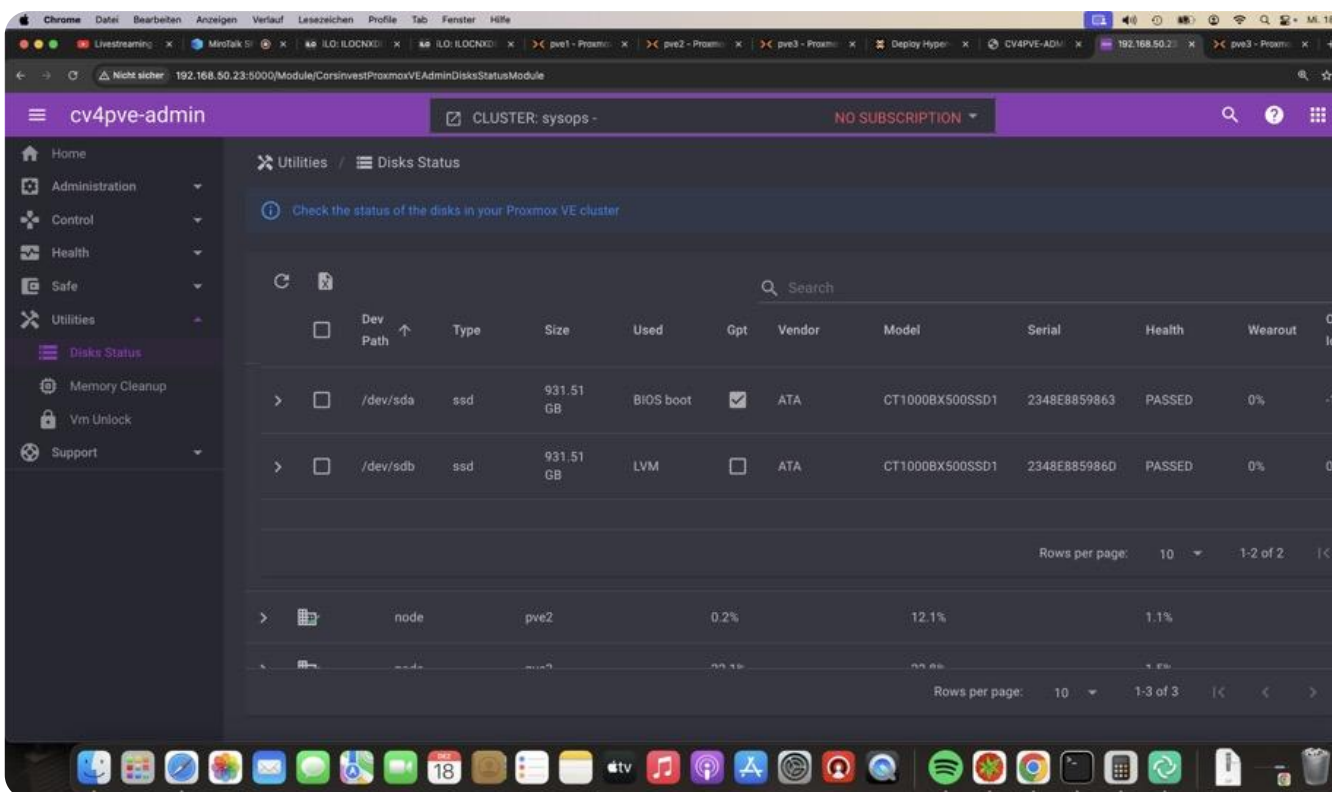
-- ssh root@192.168.50.21
This key is not known by any other names.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '192.168.50.22' (ED25519) to the list of known hosts.
Linux pve2 6.8.12-4-pve #1 SMP PREEMPT_DYNAMIC PMX 6.8.12-4 (2024-11-06T15:04Z) x86_64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Wed Dec 18 11:48:04 2024 from 192.168.50.21
root@pve2:~# exit
logout
Connection to 192.168.50.22 closed.
root@pve1:~# ssh root@192.168.50.23
The authenticity of host '192.168.50.23 (192.168.50.23)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:4ZhdmB9DC2tKPKVnCR1eBDkeZqResSLzotXQntVTZ1.
This key is not known by any other names.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '192.168.50.23' (ED25519) to the list of known hosts.
Linux pve3 6.8.12-5-pve #1 SMP PREEMPT_DYNAMIC PMX 6.8.12-5 (2024-12-03T10:26Z) x86_64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Wed Dec 18 13:41:44 2024 from 192.168.50.110
root@pve3:~# exit
-bash: exit: command not found
root@pve3:~# exit
logout
Connection to 192.168.50.23 closed.
root@pve1:~# checkzfs --filter rpool/data --remote 192.168.50.22,192.168.50.23 --threshold 5,10
```



Fazit: Proxmox Cluster mit ZFS  
bewusst planen

Für viele kleine und mittlere Umgebungen ist ein Proxmox-Cluster mit ZFS, Replikation, Proxmox Backup Server und gutem Monitoring eine sehr leistungsfähige und wirtschaftliche Lösung.

Ceph ist besonders interessant, wenn echter verteilter Storage, hohe Skalierung und passende Hardware vorhanden sind. Für kleinere Installationen ist ZFS jedoch häufig einfacher zu verstehen, schneller einzurichten und leichter zuverlässig zu betreiben.

- ZFS für kleine und mittlere Cluster bevorzugt prüfen
- Ceph nur mit passender Hardware und Erfahrung produktiv einsetzen
- Backups nie durch Snapshots ersetzen
- Replikationen regelmäßig kontrollieren
- Monitoring zwingend einplanen
- 2FA und SSH-Hardening aktivieren
- Proxmox Backup Server sauber absichern

## Ressourcen

- [Aktueller sysops Prospekt](#)
- [aow.de - Linkliste zu allen Projekten](#)
- [cloudistboese.de - Schulungsportal für Proxmox, ZFS und Open Source](#)
- [sysops.tv auf YouTube](#)
- [Bashclub Proxmox ZFS Postinstaller auf GitHub](#)

## Proxmox Schulung oder Beratung anfragen

Sie möchten Proxmox VE mit ZFS, Replikation, Backup und Monitoring professionell einsetzen? Die sysops GmbH unterstützt bei Planung, Installation, Migration, Schulung und Betrieb.

✉ [info@sysops.de](mailto:info@sysops.de)

☎ +49 (0) 6021 2125-0

# Update: Ceph-Vernetzung mit Proxmox VE 9 und Network Fabrics

Seit **Proxmox VE 9** lässt sich die Ceph-Vernetzung deutlich einfacher abbilden. Mit den neuen **SDN Network Fabrics** können geroutete Underlay-Netzwerke direkt über die Proxmox-Oberfläche erstellt werden.

Damit werden insbesondere **Full-Mesh-Netzwerke für Ceph** übersichtlicher und wartbarer. Proxmox beschreibt selbst, dass Fabrics ab PVE 9 über den SDN-Stack in der GUI erstellt werden können und sich für Full-Mesh-Ceph-Setups eignen. [oai\_citation:0†Proxmox VE]([https://pve.proxmox.com/wiki/Full\\_Mesh\\_Network\\_for\\_Ceph\\_Server?utm\\_source=chatgpt.com](https://pve.proxmox.com/wiki/Full_Mesh_Network_for_Ceph_Server?utm_source=chatgpt.com))

Für neue Ceph-Installationen sollte daher geprüft werden, ob die Vernetzung über **Datacenter → SDN → Fabrics** sinnvoller ist als eine manuelle statische Netzwerkkonfiguration.

Version #18

Erstellt: 2024-12-19 10:26:44 UTC von Christian Zengel (sysops GmbH)

Zuletzt aktualisiert: 2026-07-08 11:17:12 UTC von Christian Zengel (sysops GmbH)