Hardware für Proxmox und Truenas

Getestete Hardware für Proxmox VE und TrueNAS

- **Thomas-Krenn Server für Proxmox VE**
- **sysops.tv geprüfte Host Bus Adapter**
- **Terramaster F2-223/F2-423/F4-223/F4-423/T6-423 (NAS, 2-4 Cores, Non-ECC, 2-4x 3,5",2x M.2 2280 NVMe, 2x 2,5GBit)**

Thomas-Krenn Server für Proxmox VE

Die **sysops GmbH** setzt seit vielen Jahren Server- und Storage-Systeme von **Thomas-Krenn** in eigenen Infrastrukturen und in Kundenprojekten ein. Wir sind **Kunde und Werbepartner der Thomas-Krenn AG** und verfügen dadurch über umfangreiche praktische Erfahrung mit Thomas-Krenn Hardware in professionellen **Proxmox VE Umgebungen**.

Grundsätzlich können die aktuellen **Thomas-Krenn Serversysteme mit Proxmox VE** betrieben werden. Darüber hinaus stehen speziell für Proxmox optimierte Systeme und Hardwarekonfigurationen zur Verfügung.

Thomas-Krenn Hardware für Proxmox VE

Welche Serverkonfiguration für eine Proxmox-Umgebung geeignet ist, hängt vom geplanten Einsatzzweck und den Anforderungen an Rechenleistung, Arbeitsspeicher, Storage, Netzwerk und Verfügbarkeit ab.

Thomas-Krenn Systeme können unter anderem für folgende Proxmox-Szenarien eingesetzt werden:

- einzelne **Proxmox VE Hosts**
- Proxmox Cluster mit mehreren Nodes
- Hochverfügbarkeits-Cluster
- Virtualisierung mit KVM und Linux-Containern (LXC)
- lokaler Storage mit **ZFS**
- SSD- und NVMe-Storage
- **Ceph Storage Cluster**
- Proxmox Backup Server
- Backup- und Disaster-Recovery-Systeme
- Virtualisierungsplattformen für Unternehmen und Rechenzentren

Jeder Thomas-Krenn Server kann für Proxmox interessant

sein

Die Auswahl ist nicht auf ausdrücklich als Proxmox-Systeme angebotene Server beschränkt. **Grundsätzlich lassen sich die Thomas-Krenn Serversysteme für Proxmox VE einsetzen**, sofern die jeweilige Hardwarekonfiguration zu den Anforderungen der geplanten Virtualisierungsumgebung passt.

Zusätzlich gibt es speziell für **Proxmox VE optimierte Thomas-Krenn Systeme**. Diese können insbesondere dann interessant sein, wenn bereits bei der Hardwareauswahl eine auf Proxmox abgestimmte Plattform gewünscht wird.

Die richtige Hardware für Proxmox auswählen

Bei produktiven Proxmox-Umgebungen sollte die Auswahl eines Servers nicht ausschließlich anhand von CPU-Leistung oder Arbeitsspeicher erfolgen. Entscheidend ist das Zusammenspiel der gesamten Infrastruktur.

Bei der Planung berücksichtigen wir unter anderem:

- Anzahl und Größe der geplanten virtuellen Maschinen
- Anzahl und Anforderungen der Linux-Container
- CPU- und RAM-Bedarf
- lokalen Storage und ZFS-Konfiguration
- SSD- und NVMe-Anforderungen
- RAID-, HBA- und Storage-Controller
- Netzwerkgeschwindigkeit und Redundanz
- 10-, 25- oder schnellere Netzwerkverbindungen
- Cluster- und Hochverfügbarkeitsanforderungen
- Ceph Storage
- Backup mit Proxmox Backup Server
- Wiederherstellung und Disaster Recovery

Gerade bei größeren Installationen sollten **Proxmox Server, Storage, Netzwerk und Backup als Gesamtsystem** geplant werden.

Proxmox Cluster und Ceph mit Thomas-Krenn Hardware

Thomas-Krenn Server eignen sich auch für den Aufbau von **Proxmox VE Clustern und Ceph-Umgebungen**. Hier spielen neben CPU und Arbeitsspeicher insbesondere die Storage-Konfiguration und das Netzwerk eine wichtige Rolle.

Wir unterstützen bei der Dimensionierung geeigneter Nodes sowie bei der Auswahl von Netzwerkkarten, SSDs, NVMe-Systemen und weiteren Komponenten für die geplante Proxmox- und Ceph-Infrastruktur.

Proxmox Backup Server

Neben den eigentlichen Virtualisierungshosts können Thomas-Krenn Systeme auch als **Proxmox Backup Server** eingesetzt werden.

Dabei sollte die Hardware passend zum vorhandenen Datenbestand, den gewünschten Aufbewahrungszeiten, der Anzahl der virtuellen Maschinen sowie den Anforderungen an Backup- und Restore-Geschwindigkeit dimensioniert werden.

Individuelles Angebot für Thomas-Krenn Server

Sie planen einen neuen **Thomas-Krenn Server für Proxmox VE**, einen Proxmox Cluster, einen Proxmox Backup Server oder eine komplette Open-Source-Virtualisierungsumgebung?

Wir unterstützen Sie bei der Auswahl und Dimensionierung geeigneter Thomas-Krenn Hardware und erstellen Ihnen gerne ein **individuelles Angebot**.

Anfragen und Angebote:

info@sysops.de

Beschreiben Sie uns bei Ihrer Anfrage möglichst kurz den geplanten Einsatzzweck, die Anzahl der Systeme bzw. virtuellen Maschinen und besondere Anforderungen an Storage, Netzwerk, Hochverfügbarkeit oder Backup.

Planung, Installation und Migration von Proxmox VE

Auf Wunsch endet unsere Unterstützung nicht bei der Hardwarebeschaffung. Die sysops GmbH unterstützt Unternehmen und IT-Dienstleister auch bei der **Planung, Installation, Konfiguration und Migration von Proxmox VE**.

Dazu gehören unter anderem Proxmox Cluster, ZFS, Ceph, Proxmox Backup Server, Netzwerk- und Storage-Konzepte sowie die Migration bestehender **VMware- und Hyper-V-Umgebungen zu Proxmox VE**.

Transparenzhinweis: Die sysops GmbH ist Kunde und Werbepartner der Thomas-Krenn AG. Im Rahmen dieser Partnerschaft können wir bei vermittelten bzw. über uns abgewickelten Geschäften wirtschaftlich profitieren.

sysops.tv geprüfte Host Bus Adapter

Broadcom / LSI SAS39xx – moderner Storage-Controller für Proxmox, Server und Storage

Aktuelle Empfehlung: In neueren Serversystemen setzen wir bevorzugt auf aktuelle **Broadcom / LSI Controller der SAS39xx-Generation**. Sie stellen gegenüber älteren Controllern wie dem Adaptec HBA 1100 eine deutlich modernere Plattform dar.

Unter Linux und Proxmox VE kann ein entsprechender Controller beispielsweise mit folgender PCI-Gerätebezeichnung erscheinen:

```
41:00.0 RAID bus controller: Broadcom / LSI MegaRAID 12GSAS/PCIe Secure SAS39xx
```

Die Bezeichnung **SAS39xx** steht dabei für eine Controllerfamilie. Das konkrete Modell sollte zusätzlich über PCI-ID, Serverkonfiguration oder Broadcom StorCLI ermittelt werden.

Warum SAS39xx statt des älteren Adaptec HBA 1100?

Der früher von uns eingesetzte **Adaptec HBA 1100-8i** war für seine Zeit ein interessanter SAS/SATA-Controller und wurde von uns unter anderem in Thomas-Krenn- und älteren HPE-Systemen eingesetzt.

Für aktuelle Server würden wir heute jedoch eine modernere **Broadcom / LSI SAS39xx-Plattform** bevorzugen.

Eigenschaft	Adaptec HBA 1100	Broadcom / LSI SAS39xx
Generation	ältere Generation	neuere Controllergeneration

Eigenschaft	Adaptec HBA 1100	Broadcom / LSI SAS39xx
PCI Express	PCIe 3.0 x8	je nach Modell bis PCIe 4.0 x8
SAS	12 Gbit/s	12 Gbit/s
SATA	6 Gbit/s	6 Gbit/s
NVMe / Tri-Mode	Nein	je nach Controller SAS, SATA und NVMe
Aktuelle Serverplattformen	eher für Bestandsserver	deutlich interessanter für aktuelle Systeme

PCIe 4.0 statt PCIe 3.0

Einer der wesentlichen Unterschiede ist die modernere PCIe-Anbindung. Während der Adaptec HBA 1100 auf **PCIe 3.0 x8** basiert, arbeiten aktuelle SAS39xx-basierte MegaRAID-Controller je nach Modell mit **PCIe 4.0 x8**.

Damit steht zwischen Controller und Host eine erheblich höhere Bandbreite zur Verfügung. Das wird insbesondere bei vielen schnellen SSDs oder entsprechend leistungsfähigen Storage-Konfigurationen interessant.

Tri-Mode: SAS, SATA und NVMe

Ein weiterer wesentlicher Vorteil moderner Broadcom-Controller ist **Tri-Mode-Unterstützung**.

Je nach konkretem SAS39xx-Controller und Server-Backplane können damit **SAS-, SATA- und NVMe-Laufwerke** innerhalb einer modernen Storage-Plattform unterstützt werden.

Das macht diese Controllergeneration wesentlich flexibler als klassische SAS/SATA-HBAs wie den Adaptec HBA 1100.

Einsatz unter Proxmox VE

Broadcom / LSI Storage-Controller sind im professionellen Serverumfeld weit verbreitet und können auch unter **Proxmox VE und Linux** eingesetzt werden.

Linux erkennt einen SAS39xx MegaRAID-Controller beispielsweise als:

```
Broadcom / LSI MegaRAID 12GSAS/PCIe Secure SAS39xx
```

Bei einem MegaRAID-Modell erfolgt die Ansteuerung unter Linux typischerweise über den Kernel-Treiber `megaraid_sas`.

Wichtig bei ZFS: MegaRAID ist nicht automatisch ein HBA

Achtung bei ZFS: Die Bezeichnung „MegaRAID SAS39xx“ bedeutet nicht automatisch, dass der Controller die Laufwerke wie ein klassischer HBA direkt und unverändert an ZFS durchreicht.

Für **Proxmox VE mit ZFS** bevorzugen wir grundsätzlich eine Konfiguration, bei der ZFS direkten Zugriff auf die einzelnen Datenträger erhält.

Vor dem Einsatz eines MegaRAID-Controllers für ZFS sollte deshalb geprüft werden, ob das konkrete Modell und seine Firmware einen geeigneten HBA-/JBOD-Betrieb unterstützen.

Für ein klassisches Hardware-RAID ist dagegen gerade die **MegaRAID-Funktionalität** interessant.

RAID oder ZFS – der Einsatzzweck entscheidet

Die Frage nach dem „besseren“ Controller lässt sich deshalb nicht allein über die Generation beantworten.

Für ein modernes Hardware-RAID bietet die SAS39xx-Familie eine leistungsfähige und aktuelle Plattform. Für ZFS ist dagegen entscheidend, dass die einzelnen Datenträger möglichst direkt und transparent zur Verfügung stehen.

Bei der Planung eines neuen **Proxmox-Servers** sollte daher zuerst entschieden werden, welches Storage-Konzept eingesetzt werden soll:

- ZFS mit direktem Zugriff auf die Datenträger

- klassisches Hardware-RAID
- Ceph für verteilten Storage
- NVMe-basierter lokaler Storage
- separater Proxmox Backup Server

Unsere Empfehlung für neue Serversysteme

Der **Adaptec HBA 1100** bleibt für bestehende Systeme eine brauchbare Lösung, insbesondere wenn klassische SAS- oder SATA-Laufwerke direkt angebunden werden sollen.

Bei einer **Neuanschaffung** würden wir jedoch aktuelle Broadcom-/LSI-Controller und die jeweilige Serverplattform bevorzugen. Die neuere PCIe-Generation, aktuelle Firmware- und Treiberunterstützung sowie die je nach Modell vorhandene Tri-Mode-Fähigkeit bieten wesentlich mehr Möglichkeiten für moderne Storage-Systeme.

Hinweis: „Broadcom / LSI MegaRAID 12GSAS/PCIe Secure SAS39xx“ ist keine eindeutige Produktbezeichnung. Vor einer Kaufentscheidung sollte immer das konkrete Controller-Modell, beispielsweise SAS3908- oder SAS3916-basiert, sowie dessen Betriebsmodus und die Kompatibilität mit der verwendeten Backplane geprüft werden.

Adaptec HBA 1100-8i – SAS/SATA HBA für ZFS, Proxmox und TrueNAS

Hinweis zum Alter dieses Artikels: Diese Hardware-Empfehlung stammt aus einer früheren Servergeneration. Der Adaptec HBA 1100-8i ist ein PCIe-3.0-Host-Bus-Adapter und sollte bei Neuanschaffungen mit aktuell verfügbaren HBA-Generationen verglichen werden. Für bestehende Systeme kann der Controller jedoch weiterhin interessant sein.

Der **Microchip Adaptec HBA 1100-8i** ist ein klassischer Host Bus Adapter für die direkte Anbindung von SAS- und SATA-Laufwerken. Wir haben diesen Controller insbesondere in Servern eingesetzt, bei denen die Laufwerke direkt durch das Betriebssystem bzw. die Storage-Software verwaltet werden sollen.

Typische Einsatzgebiete sind beispielsweise **ZFS, Proxmox VE, TrueNAS und andere Software-Defined-Storage-Lösungen**.

Technische Daten des Adaptec HBA 1100-8i

Eigenschaft	Adaptec HBA 1100-8i
Hersteller	Microchip / Adaptec
Modell	HBA 1100-8i
Artikelnummer	2293200-R
Host-Schnittstelle	PCIe 3.0 x8
Interne Ports	8 × SAS/SATA
SAS	bis 12 Gbit/s
SATA	bis 6 Gbit/s
Interne Anschlüsse	2 × SFF-8643
Bauform	Low Profile

Warum ein HBA für ZFS?

Bei einem **ZFS-Storage** sollen die einzelnen Laufwerke normalerweise direkt für das Betriebssystem bzw. ZFS sichtbar sein.

Ein Host Bus Adapter wie der Adaptec HBA 1100-8i stellt die angeschlossenen SAS- oder SATA-Laufwerke bereit, ohne dass dafür ein klassisches Hardware-RAID aufgebaut werden muss.

Das macht einen solchen HBA insbesondere für Systeme interessant, bei denen **ZFS selbst Redundanz, Prüfsummen, Mirrors oder RAID-Z** verwaltet.

Einsatz mit Proxmox VE und TrueNAS

Der Controller eignet sich damit grundsätzlich für Storage-Systeme auf Basis von **Proxmox VE und ZFS** sowie für entsprechende **TrueNAS-Systeme**.

Bei Proxmox kann ein HBA beispielsweise eingesetzt werden, um mehrere SAS- oder SATA-Laufwerke direkt einem lokalen ZFS-Pool zur Verfügung zu stellen.

Auch für einen **Proxmox Backup Server mit ZFS** kann ein geeigneter HBA eine sinnvolle Möglichkeit zur Anbindung größerer Mengen klassischer SAS- oder SATA-Datenträger sein.

Erfahrungen mit Thomas-Krenn und HPE Servern

Wir haben den **Adaptec HBA 1100-8i** insbesondere als geeigneten Controller für verschiedene Server von **Thomas-Krenn** sowie für ältere **HPE ProLiant Generationen 7 bis 9** betrachtet bzw. eingesetzt.

Wichtig: Die konkrete Kompatibilität hängt immer vom jeweiligen Servermodell, Backplane, den verwendeten Kabeln, dem PCIe-Steckplatz und der Firmware ab. Die Aussage zur Eignung für Thomas-Krenn- und HPE-Systeme ist daher **keine allgemeine Kompatibilitätsfreigabe für jedes Servermodell**.

Bei Neuanschaffungen aktuelle HBA-Generation prüfen

Der HBA 1100-8i basiert auf **PCIe 3.0 x8** und gehört inzwischen zu einer älteren Controllergeneration.

Wer heute einen neuen Proxmox-, ZFS- oder Storage-Server plant, sollte deshalb prüfen, ob ein aktueller HBA hinsichtlich Schnittstellen, Performance, Treiberunterstützung und verfügbarer Serverhardware die bessere Wahl ist.

Für bereits vorhandene Server kann der HBA 1100-8i dagegen weiterhin eine interessante Lösung sein, insbesondere wenn SAS- oder SATA-Laufwerke direkt an ZFS oder eine andere Software-Defined-Storage-Lösung angebunden werden sollen.

Weitere Informationen zum Adaptec HBA 1100-8i

Technische Daten und aktuelle Händlerangebote finden sich unter anderem im Preisvergleich:

Microchip Adaptec HBA 1100-8i bei Geizhals

Stand der Empfehlung: Dieser Artikel dokumentiert Erfahrungen mit einer älteren Hardwaregeneration und ist nicht als pauschale aktuelle Kaufempfehlung zu verstehen. Vor einer Neuanschaffung sollten die aktuelle Hardwareunterstützung sowie die Kompatibilität mit dem konkreten Server und Betriebssystem geprüft werden.

Terramaster F2-223/F2-423/F4-223/F4-423/T6-423 (NAS, 2-4 Cores, Non-ECC, 2-4x 3,5",2x M.2 2280 NVMe, 2x 2,5GBit)

Terramaster mit Proxmox VE, Proxmox Backup Server oder TrueNAS betreiben

Der **[GERÄTENAME]** lässt sich mit wenigen Änderungen als kompakter Server für **Proxmox VE, Proxmox Backup Server (PBS), Ultimate Backup Server oder TrueNAS** einsetzen.

Das System ist insbesondere für **Homelab, Virtualisierung, Backup, ZFS-Storage und kleinere Serverumgebungen** interessant. Nach dem Entfernen des vorhandenen USB-Sticks und dem Einbau geeigneter NVMe-SSDs lässt sich ein eigenes Betriebssystem grundsätzlich wie auf einem normalen Server oder PC installieren.

Hinweis: Das Gerät ist weiterhin erhältlich. Je nach Hardware-Revision, BIOS-Version, eingesetzten NVMe-SSDs und verwendetem Proxmox-Kernel können sich einzelne Schritte oder die Hardwareunterstützung unterscheiden.

Umbau für Proxmox VE, PBS und TrueNAS

Für den grundlegenden Umbau sind nur wenige Schritte notwendig:

1. Vorhandenen USB-Stick entfernen
2. Zwei geeignete M.2-NVMe-SSDs einbauen
3. Gewünschtes Betriebssystem installieren

Anschließend kann das System beispielsweise mit folgenden Plattformen betrieben werden:

- **Proxmox VE** für Virtualisierung mit KVM und LXC
- **Proxmox Backup Server** für Backup und Wiederherstellung
- **Ultimate Backup Server**
- **TrueNAS** für Storage- und ZFS-Anwendungen
- Debian oder andere Linux-Distributionen

Video zum Hardware-Umbau

ApfelCast zeigt den grundlegenden Umbau des Systems im folgenden Video. Der für den Umbau interessante Abschnitt beginnt ungefähr bei **6:38 Minuten**:

Umbau bei ApfelCast auf YouTube ansehen

Geeignete M.2-NVMe-SSDs

Bei der Auswahl der **M.2-NVMe-SSDs** sollte insbesondere die Temperaturentwicklung berücksichtigt werden. Aufgrund der kompakten Bauweise des Systems können sehr warme SSDs problematisch sein.

Nicht empfohlen: Micron 7450 Pro
Bei unseren Tests wurden diese SSDs im Gerät zu heiß. Wir empfehlen sie daher für diese konkrete Konfiguration nicht.

Mit **Samsung PM9A1** haben wir dagegen brauchbare Erfahrungen gemacht. Die Temperaturen blieben bei unseren Systemen in einem normalen Bereich.

Die Angaben beziehen sich auf unsere praktischen Erfahrungen mit den genannten Komponenten. Temperatur und Verhalten können von Gehäuse, Umgebungstemperatur, Firmware, Last und Hardware-Revision abhängen.

Lüftersteuerung unter Proxmox VE und Linux

Eine Besonderheit des Systems betrifft die **Lüftersteuerung unter Linux und Proxmox VE**
.

Der Onboard-Controller für die Steuerung der verbauten Lüfter wird standardmäßig nicht vollständig erkannt. Mit einem angepassten **it87-Kernelmodul** kann der Controller jedoch angesprochen und das verbaute Lüfterpaar gesteuert werden.

Das verwendete Kernelmodul ist auf GitHub verfügbar:

bbqlinux/it87 auf GitHub

it87-Kernelmodul unter Proxmox installieren

Wichtig: Die benötigten Kernel-Header müssen zur tatsächlich installierten Proxmox-Kernelversion passen. Der nachfolgend genannte Paketname `proxmox-headers-6.5` stammt aus der ursprünglichen Installation und ist bei aktuellen Proxmox-Versionen entsprechend anzupassen.

```
# Benötigte Pakete installieren
apt install git dkms lm-sensors fancontrol

# Passende Header für den aktuell verwendeten Proxmox-Kernel installieren
apt install proxmox-headers-6.5

# Quellcode herunterladen
cd /opt
git clone https://github.com/bbqlinux/it87
cd it87

# Kernelmodul über DKMS bauen und installieren
make dkms

# Modul beim Systemstart automatisch laden
echo "it87" > /etc/modules-load.d/it87.conf

# Hardware-Sensoren erkennen
sensors-detect
```

Den Assistenten von `sensors-detect` anschließend durchlaufen lassen. In unserer Konfiguration konnten die vorgeschlagenen Standardwerte verwendet werden.

Temperaturen und Lüfter mit lm-sensors prüfen

Nach erfolgreicher Installation zeigt der Befehl:

```
sensors
```

die erkannten Hardware-Sensoren an. Mit dem angepassten Kernelmodul sollte zusätzlich der Controller `it8613-isa-0a30` erscheinen.

```
root@px2:/mnt/opt/it87# sensors
it8613-isa-0a30
Adapter: ISA adapter
in0:           1.72 V  (min =  +0.00 V, max =  +2.81 V)
in1:           1.23 V  (min =  +0.00 V, max =  +2.81 V)
in2:           2.06 V  (min =  +0.00 V, max =  +2.81 V)
in4:           2.05 V  (min =  +0.00 V, max =  +2.81 V)
in5:           2.02 V  (min =  +0.00 V, max =  +2.81 V)
3VSB:          1.21 V  (min =  +0.00 V, max =  +5.61 V)
Vbat:          3.06 V
+3.3V:         3.34 V
fan2:             0 RPM  (min =    0 RPM)
fan3:          1670 RPM  (min =    0 RPM)
fan4:             0 RPM  (min =    0 RPM)
fan5:             0 RPM  (min =    0 RPM)
temp1:        +34.0°C  (low  = -128.0°C, high = +127.0°C)  sensor = thermal diode
temp2:        +29.0°C  (low  = -128.0°C, high = +127.0°C)  sensor = thermal diode
temp3:        +40.0°C  (low  = -128.0°C, high = +127.0°C)
intrusion0:  ALARM

nvme-pci-0300
Adapter: PCI adapter
Composite:    +32.9°C  (low  = -273.1°C, high = +80.8°C)
                       (crit = +84.8°C)
Sensor 1:     +32.9°C  (low  = -273.1°C, high = +65261.8°C)
Sensor 2:     +31.9°C  (low  = -273.1°C, high = +65261.8°C)

acpitz-acpi-0
Adapter: ACPI interface
temp1:        +27.8°C  (crit = +119.0°C)

coretemp-isa-0000
Adapter: ISA adapter
Package id 0:  +44.0°C  (high = +105.0°C, crit = +105.0°C)
Core 0:        +40.0°C  (high = +105.0°C, crit = +105.0°C)
Core 1:        +40.0°C  (high = +105.0°C, crit = +105.0°C)
Core 2:        +40.0°C  (high = +105.0°C, crit = +105.0°C)
Core 3:        +40.0°C  (high = +105.0°C, crit = +105.0°C)

nvme-pci-0400
Adapter: PCI adapter
Composite:    +36.9°C  (low  = -273.1°C, high = +80.8°C)
                       (crit = +84.8°C)
Sensor 1:     +36.9°C  (low  = -273.1°C, high = +65261.8°C)
Sensor 2:     +34.9°C  (low  = -273.1°C, high = +65261.8°C)

root@px2:/mnt/opt/it87#
```

In unserer Konfiguration zeigt `fan3` die Drehzahl des verbauten Lüfterpaares an. Dieser Ausgang wird anschließend für die automatische Lüftersteuerung verwendet.

Automatische Lüftersteuerung mit pwmconfig und fancontrol

Mit `pwmconfig` kann eine passende Konfiguration für **fancontrol** erstellt werden:

```
pwmconfig
```

Das geführte Skript prüft die verfügbaren Lüfterausgänge und ermöglicht die Zuordnung eines Temperatursensors. Anschließend können die gewünschten Temperatur- und Drehzahlschwellen definiert werden.

Die fertige Konfiguration wird üblicherweise unter:

```
/etc/fancontrol
```

gespeichert.

Nach Änderungen kann die Lüftersteuerung neu gestartet werden:

```
systemctl restart fancontrol.service
```

Der Status lässt sich anschließend kontrollieren:

```
systemctl status fancontrol.service
```

Einsatzmöglichkeiten als kompakter Proxmox-Server

Nach dem Umbau bietet das System verschiedene interessante Einsatzmöglichkeiten. Mit zwei NVMe-SSDs lässt sich beispielsweise ein kleiner **Proxmox VE Host** mit redundantem ZFS-Mirror aufbauen.

Alternativ eignet sich die Plattform für einen kompakten **Proxmox Backup Server**, einen Linux-Server oder – abhängig von der gewünschten Storage-Konfiguration – für **TrueNAS und ZFS**.

Damit ist das Gerät insbesondere für Anwender interessant, die einen **kompakten und flexiblen Server für Virtualisierung, Backup, Homelab oder Open-Source-Storage** suchen und bereit sind, die Hardware entsprechend anzupassen.

Technischer Hinweis: Diese Dokumentation basiert auf unseren praktischen Erfahrungen mit dem Gerät. Insbesondere Kernelmodule, Proxmox-Kernel, Paketnamen und Hardwareunterstützung können sich mit neueren Softwareversionen ändern. Prüft daher vor der Installation insbesondere die aktuell verwendete Kernelversion und installiert die dazu passenden Header-Pakete.