

ix extra  
Internal Developer  
Platforms



**Wir suchen Dich!**  
Für spannende Themen rund um  
Linux & OpenSource



Mehr auf S. 37!



**4**  
APRIL  
2024

MAGAZIN FÜR  
PROFESSIONELLE IT

**VMware-Alternativen**  
Überblick Virtualisierer  
Proxmox statt vSphere



9,90 €  
Österreich 10,90 €  
Schweiz 15,90 CHF  
restl. Europa 11,60 €  
[www.ix.de](http://www.ix.de)

# KI im eigenen RZ

## Netzwerk, Storage, Prozessoren: Die passende Infrastruktur für Machine Learning

### Post-Quanten-Signaturen

Neuer Kryptowettbewerb des NIST  
So funktionieren MPC-in-the-Head-Verfahren

### Ansible für Windows-Umgebungen

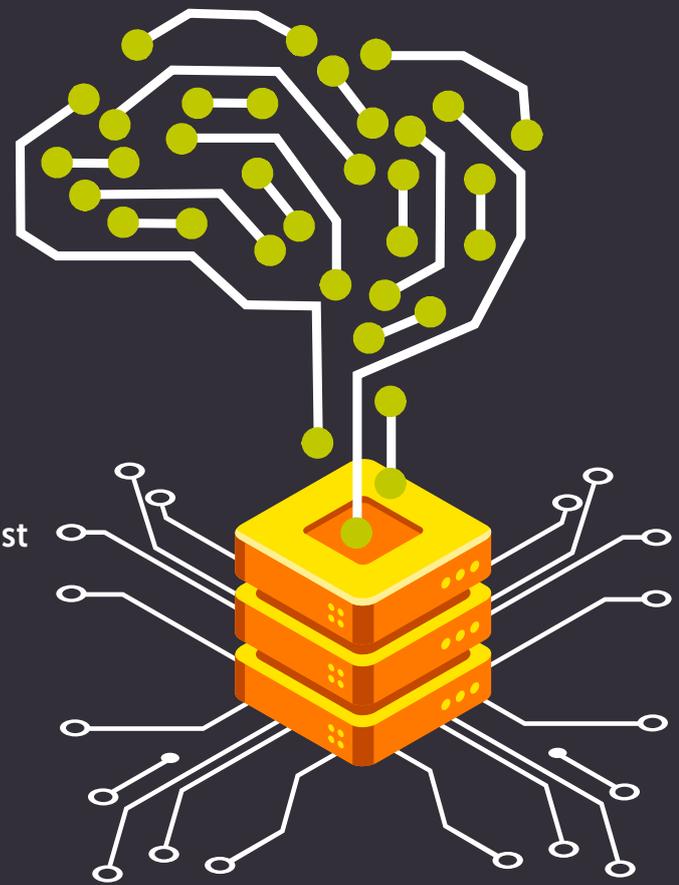
Tutorial: Windows Server automatisiert verwalten

### Geheimhaltungsvorgaben

#### für IT-Dienstleister

Was bei Aufträgen der öffentlichen Hand zu beachten ist

- PLUS:** CodeceptJS: Effiziente UI-Tests mit KI-Hilfe
- DSGVO-konformes Machine Learning in der Cloud
- Codesphere: DevOps-Plattform mit Cloud-IDE
- Blazor 8: Fit für Web-Apps im Internet
- Darknet-Marktplätze für Innentäter



# Post-Exploitation-Framework Havoc

## Quelloffenes Werkzeug für Pentester und Red Teams



# Proxmox VE statt vSphere – was es kann und was nicht

Die Virtualisierungsplattform Proxmox VE ist Open Source und nutzt bewährte Linux-Techniken. Als Alternative zu vSphere und vCenter kommt sie durchaus infrage, doch VMware-Administratoren müssen sich umgewöhnen.

Von Jonas Sterr

■ Das Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE oder PVE) ist eine vielseitige, Debian-basierte Virtualisierungsplattform. Sie vereint die klassische Servervirtualisierung mit den bekannten und stabilen Softwarekomponenten Kernel Virtual Machine (KVM) und QEMU mit Linux-Containern (LXC) und Möglichkeiten für verteilten Storage per ZFS oder Ceph.

Verwaltet wird das Ganze mit einem intuitiven Web-UI. Das gesamte System ist Open Source und kostenlos, es gibt keine kostenpflichtigen Erweiterungen. Zusätzlich kann man nahezu jede Funktion, die man im Web-UI ausführen kann, auch über Proxmox-eigene CLI-Tools oder über die Proxmox VE API konfigurieren, sodass einer weitreichenden Automatisierung der Umgebung mit Werk-

zeugen wie Ansible, Terraform oder Puppet nichts im Wege steht.

Proxmox VE kann deshalb durchaus eine Alternative für umsteigewillige VMware-Nutzer sein. Dieser Beitrag gibt Aufschluss darüber, wie man einfach mit Proxmox VE starten kann und welche Anfängerfehler man vermeiden sollte. Er zeigt aber auch, wo (noch) große Unterschiede zu anderen Plattformen, insbesondere VMware, bestehen.

Die Reise zu Proxmox VE beginnt typischerweise mit der Installation des Hypervisors auf einem einzelnen Server. Die Basisinstallation stellt nur geringe Anforderungen an die Hardware (siehe [ix.de/zgsj](https://ix.de/zgsj)). Bei der Auswahl des Boot-Storage sollte man im besten Fall auf ZFS (RAID 1) setzen. Allerdings funktioniert ZFS genau wie Ceph nur in Kom-

bination mit einem Host-Bus-Adapter (HBA) oder mit direkt an einer passiven Backplane verkabelten Datenträgern. Wer sich für den HBA entscheidet, hat auch die maximale Flexibilität, um später einen Singlehost mit anderen Servern zu einem Cluster zu verbinden und den Storage asynchron (ZFS) oder synchron (Ceph) zwischen den Nodes zu replizieren. Hardware-RAID-Controller sind bei Singlehost-Installationen sinnvoll, wenn man den Storage mit einem lokalen Dateisystem wie ext4 betreibt.

## Hochverfügbar ab zwei Knoten

Ein Proxmox-VE-Cluster beginnt mit ZFS ab zwei Nodes und einem zusätzlichen externen Quorum-Device und ermöglicht dann asynchrone Replikation.

Ein solches Quorum-Device kann ein Miniserver oder ein Raspberry Pi sein. Ab drei Nodes kann man Ceph produktiv einsetzen, dann ist synchrone Datenspeicherung möglich und der Skalierbarkeit sind kaum Grenzen gesetzt. Folgende drei Deployment-Varianten sind also praktikabel:

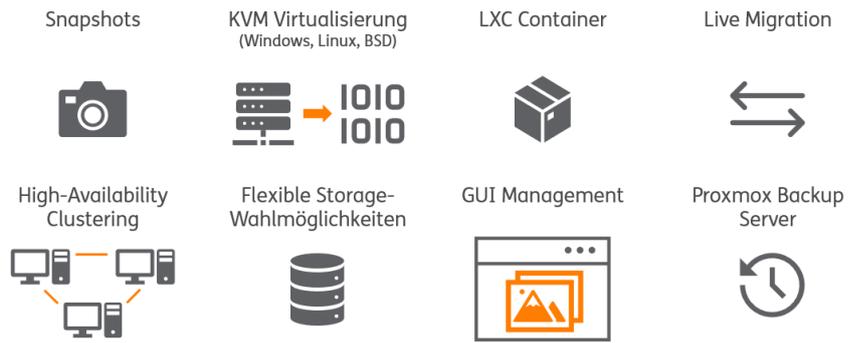
- Singlehost (ZFS mit HBA oder HW-RAID-Controller mit ext4 und LVM-Thin);
- ZFS-Cluster (ZFS mit HBA, zwei Nodes und ein externes Quorum-Device);
- Ceph-Cluster (Ceph mit HBA, ab drei Nodes).

Hier kommt auch schon eine Einschränkung im Vergleich zu anderen Virtualisierungslösungen: Proxmox VE kann Storage über iSCSI und NFS anbinden – allerdings ist der langfristige praktische Nutzen begrenzt, weil mit iSCSI die Snapshot-Funktionen im Web-UI deaktiviert sind. Bei NFS lassen sich Snapshots nutzen, allerdings nur für virtuelle Festplatten im qcow2-Format. Diese haben gegenüber dem sonst üblichen Raw-Format Nachteile in der Performance.

Eine Übersicht weiterer möglicher Storage-Protokolle in Kombination mit PVE listet das Proxmox-Wiki auf (siehe [ix.de/zgsj](http://ix.de/zgsj)). Letztendlich bleibt es aber dabei: Wenn man auch seinen Storage mit Proxmox VE in einem hyperkonvergenten Set-up verwalten will, sind ZFS und Ceph die einzigen sinnvollen Optionen, die gleichzeitig cluster- und snapshotfähig sind.

Bereits auf einem Proxmox-VE-Singlehost steht der volle Funktionsumfang einer ausgereiften Virtualisierungsplattform zur Verfügung. Der Hypervisor lässt sich für die Virtualisierung von Windows (Server oder Desktop inklusive virtuellem TPM), Linux und BSD verwenden. Die Standardfeatures, die man von einer Virtualisierungsplattform erwarten kann, also eine Verwaltung über ein GUI, inklusive der VM- und Containererstellung, das

Quelle: Thomas-Kreim AG



**Die Features von Proxmox VE decken die meisten typischen Anwendungsfälle von Virtualisierungsumgebungen ab, inklusive Software-defined Network, Software-defined Storage und Hochverfügbarkeit (Abb. 1).**

Management von Snapshots mit diversen Verzweigungen, Backups, Templates, die Erweiterung virtueller Ressourcen und eine Migration von einem Storage auf das andere: Alle diese Funktionen sind in Proxmox VE vorhanden. Unterschiede zu einer vSphere-Umgebung gibt es aber dennoch.

### Cluster oder Datacenter?

Bei Proxmox VE ist das Web-UI hostspezifisch, das heißt, jeder Host wird direkt über die eigene IP angesprochen. Ein Cluster ist über jede Host-IP erreichbar. Ein Gegenstück zum VMware vCenter gibt es nicht – es ist technisch auch nicht notwendig, da PVE ein Multi-Master-Design für das Management verwendet. Das heißt jedoch, dass Proxmox ein einheitliches Web-UI fehlt, das mehrere Singlehosts oder Cluster in einer Oberfläche zusammenfasst, sodass man bei der Konfiguration einfach zwischen den einzelnen Instanzlösungen hin- und herspringen kann. Ein Singlehost muss manuell über seine eigene IP verwaltet werden; nur Systeme, die einen Cluster bilden, sind in einer einzelnen Oberfläche zusammengefasst.

In der Roadmap von Proxmox findet sich jedoch der Punkt „Project Cattle

and Pets“ mit folgenden Hinweisen: „Improve user and virtual machine managing experience on big setups“ und „Add cluster-wide update and status control center“. Das lässt hoffen, dass es bald ein einheitliches Management über ein Web-UI von mehreren Proxmox-VE-Systemen und -Clustern geben wird. Mit dem CLI kann man aber jetzt schon zwischen zwei Proxmox-VE-Clustern eine Livemigration von Ressourcen durchführen. Hierfür dient das Kommando `qm remote-migrate`. Das Tool hat offiziell noch den Status experimentell, funktioniert aber im Allgemeinen zuverlässig. Eine Migration mit einer Test-VM ist dennoch zu empfehlen.

Zurück zum Management bei einem PVE-Cluster: Innerhalb der Oberfläche gibt es Einstellungen auf der Datacenter-Ebene, die für alle Hosts gelten. Hierzu zählen vor allem die sehr ausführlichen und feingranular einstellbaren Benutzer- und Gruppenberechtigungen, aber auch die optionale Konfiguration der integrierten Firewall (iptables). Andere Einstellungen wiederum trifft man serverspezifisch auf der Hostebene. Der Begriff Datacenter ist in der Proxmox-VE-Oberfläche letztendlich also nichts anderes als ein Synonym für einen Cluster und die mit ihm verbundenen Ressourcen, im VMware vCenter ist er erheblich weiter gefasst.

### Softwaredefiniertes Netzwerk

Seit Proxmox VE 8.1 gibt es Software-defined Networking (SDN), es lassen sich also VLANs, virtuelle Zonen, Switches und Subnetze erstellen und beispielsweise VMs und anderer Ressourcen an ein internes oder externes IPAM wie NetBox anbinden. Doch zuvor muss jeder Host manuell eine Grundkonfiguration im Netzwerk erhalten, die beim Web-UI und



- ▶ Proxmox VE ist eine Open-Source-Alternative zu vSphere und für das typische Anforderungsprofil kleiner bis mittelgroßer virtueller Umgebungen geeignet.
- ▶ Hochverfügbarkeit, Software-defined Storage und Software-defined Networking sind ohne Zusatzsoftware möglich.
- ▶ Für die Datensicherung steht der Proxmox Backup Server als zusätzliches Produkt zur Verfügung.
- ▶ Proxmox-Umgebungen sind dank API und CLI-Tools gut automatisierbar.
- ▶ Bei der Administrationsoberfläche, beim Monitoring und bei dynamischer Lastverteilung müssen Anwender Abstriche machen.

dem Clusternetzwerk (Corosync) beginnt und sich über das VM-Netzwerk (die Bridge vbr0) und das Storage-Netzwerk (bond0) erstreckt. Das SDN-Modul lässt sich erst nutzen, nachdem der Knoten einem Cluster beigetreten ist.

Für die Zukunft wäre ein Ausbau der möglichen (optionalen) Konfigurationen auf der Datacenter-Ebene wünschenswert, da einige Konfigurationen immer noch auf Hostebene gesetzt werden müssen. Hierzu zählen:

- der über alle Hosts einheitliche Zeitserver (NTP);
- die lokale Namensauflösung via Hosts-Datei;
- die Konfiguration von DNS-Servern;
- die Verwaltung der Updateserver (APT-Repository);
- die Konfiguration lokaler Storage-Medien.

Baut man einen größeren Virtualisierungscluster aus einer zweistelligen Anzahl an Nodes, muss man sich mit Skripten behelfen, die diese Einstellungen auf jedem einzelnen der Server ändern. Dies ist für Firmen mit Automatisierungs-Know-how im Bereich Ansible oder Puppet kein Problem – für den Virtualisierungsadministrator eines mittelständischen Unternehmens stellt das aber vielleicht schon eine Herausforderung dar: Der manuelle Aufwand einer einheitlichen Konfiguration über viele Server

über die Weboberfläche kann viel Zeit in Anspruch nehmen.

### Schnelles Set-up mit Assistenten

Der Assistent für das Erstellen der virtuellen Ressourcen ist einfach gehalten und in den Defaults tatsächlich an die Best Practices angelehnt. Nach einem Klick auf Advanced sieht man erweiterte Optionen für das Aufsetzen der VMs. So kann man über das UI alle wichtigen Einstellungen vornehmen und muss in der Regel nicht auf die Kommandozeile wechseln. Name, ID, Tags und Installationsmedium werden hier festgelegt, man erhält die Auswahl zwischen Legacy- (SeaBIOS) oder OVMF-Installation (UEFI) und kann auch gleich das passende virtuelle TPM (Trusted Plattform Module) hinzufügen. Ebenso lässt sich die Nutzung des QEMU-Guest-Agents aktivieren.

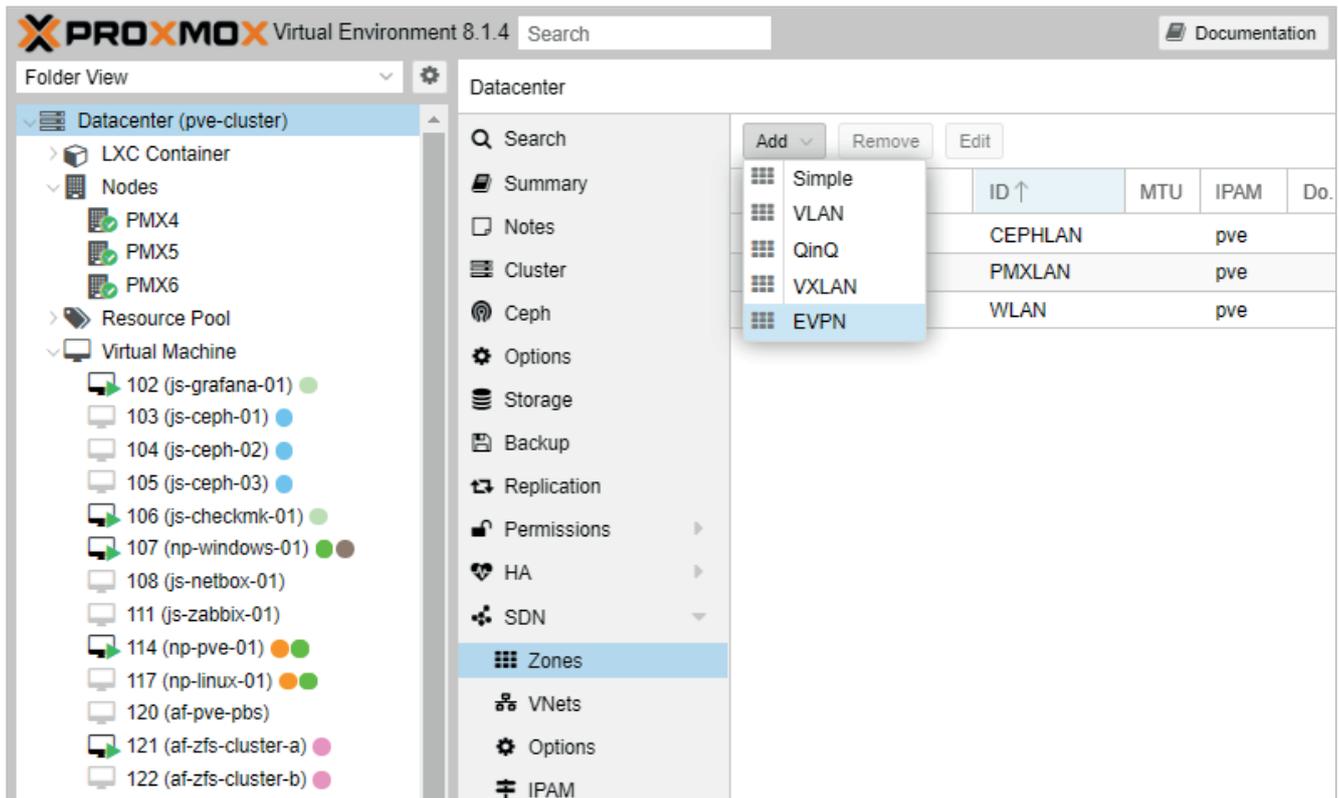
Hier ist aber etwas Vorsicht geboten. Bevor man den QEMU-Agenten im Assistenten aktiviert, sollte er schon im Gastbetriebssystem der VM installiert sein und laufen. Unter Windows lässt sich das mit der Nutzung des VirtIO-Treiber-Images und unter Linux mit der Installation des Pakets qemu-guest-agent erledigen. Denn bei aktivierter QEMU-Agent-Option versucht Proxmox VE immer, die

virtuellen Maschinen etwa bei einem Shutdown-Befehl über das Web-UI mittels QEMU-Agenten in den VMs herunterzufahren. Antworten diese nicht, weil sie zum Beispiel nicht installiert sind, gibt es kein Fallback auf herkömmliche ACPI-Signale, sondern Proxmox VE schaltet nach einem Time-out von etwa fünf Minuten die virtuelle Maschine hart aus. Aktiviert man den QEMU-Agenten in der VM-Definition hingegen nicht, werden nur ACPI-Signale verwendet, die das Betriebssystem auch ohne Agenten versteht.

Auch für das Hinzufügen mehrerer virtueller Festplatten ist der Einrichtungs-Wizard zuständig, hier lassen sich Einstellungen je Disk setzen. So kann man beispielsweise einzelne Festplatten vom Backup oder von der ZFS-Replikation ausschließen. Im Standard sind alle Festplatten immer thin-provisioned und belegen nur den innerhalb der Ressource verwendeten Speicher.

Wichtig bei virtuellen Festplatten sind die beiden Häkchen bei Discard und SSD-Emulation. Sie erlauben der VM Informationen über bereits gelöschten Speicherplatz an den darunterliegenden Storage (also beispielsweise Ceph oder ZFS) weiterzugeben, damit dieser auch diesen Speicher freigibt.

Danach definiert man die Anzahl der vCPUs und den CPU-Typ; maximale Per-



Die aktuelle Version Proxmox VE 8.1 wurde um Features rund ums Software-defined Networking ergänzt (Abb. 2).

formance erhält man mit dem CPU-Type host, der die Hypervisor-Host-CPU inklusive aller Flags direkt an die virtuelle Maschine weitergibt. Achtung: Dies sollte man nur einstellen, wenn die Hardware aller Hosts im Cluster komplett identisch ist, da sonst Schwierigkeiten bei der Livemigration von VMs zwischen den Servern auftreten könnten. Ein Mischbetrieb von AMD- und Intel-Servern in einem Cluster ist deswegen nicht empfohlen.

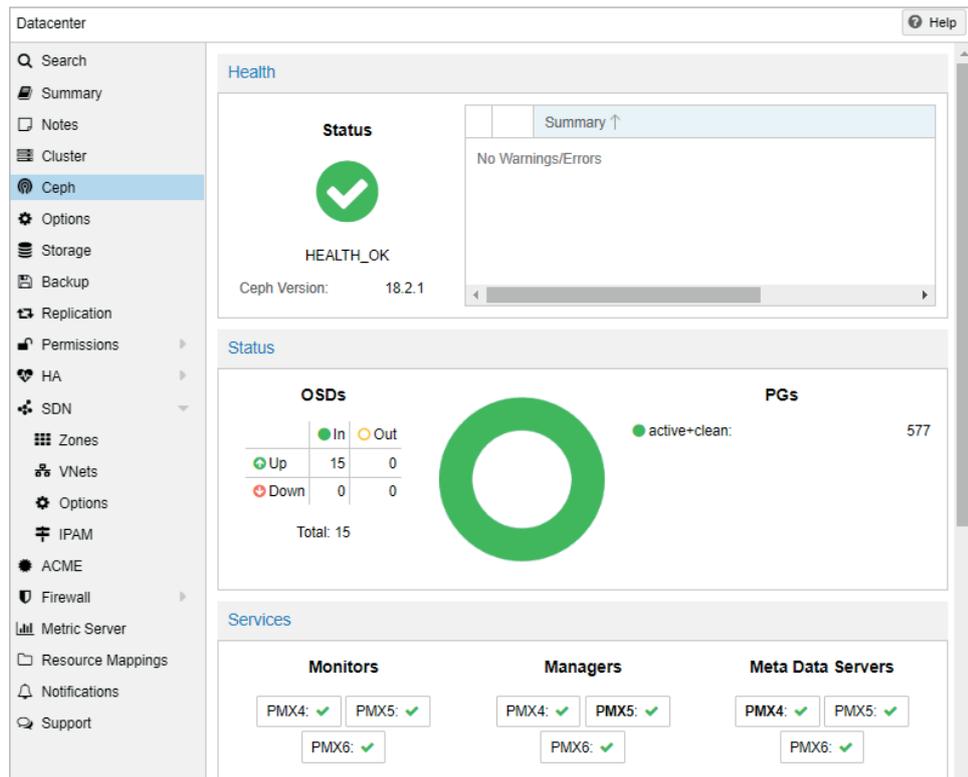
Hat man die Größe des Arbeitsspeichers festgelegt (leider etwas umständlich per manueller Megabyte-Eingabe, nicht via Schieberegler), wählt man noch den gewünschten virtuellen Switch (bei PVE vmbridge genannt) aus, vergibt bei Bedarf ein VLAN-Tag und schon ist man am Ende des VM-Wizards angelangt. Mehrere Netzwerkkarten kann man derzeit nicht direkt mit dem Wizard hinzufügen, dies folgt im Nachgang über das Web-UI. Überhaupt ist nahezu jede Konfigurationseinstellung im Nachhinein änderbar, manche dieser Änderungen sind live umsetzbar, andere erfordern einen Reboot oder Stopp und anschließenden Start der virtuellen Ressource.

## Schnelle Bereitstellung mit Templates für Linux-Maschinen

Für die schnellere Erstellung von VMs kann man auf Templates zurückgreifen, die man sich selbst erstellt hat, und diese danach in eine neue VM klonen. Das funktioniert bei Linux, vor allem mit dem Einsatz spezieller Cloud-Init-Images, sehr zuverlässig. In Kombination mit Terraform und/oder Ansible ein wahrer Segen für DevOps.

Für Windows gab es im Test keine einfache Möglichkeit, über das Web-UI eine Unique-VM inklusive neuem FQDN, neuer IP und gegebenenfalls angepasster Installation direkt aus einem Template aufzusetzen. Hier muss man sich selbst behelfen und zum Beispiel mit PowerShell-Skripten und dem Invoke-Kommando arbeiten, das über das Netzwerk das Skript auf einem entfernten Windows-System via PowerShell ausführen kann. Über dieses Skript könnte man die gewünschten Änderungen umsetzen und alternativ einen Sysprep oder SID-Change per SIDCHG-Utility durchführen.

Bei den Linux-Containern (LXC) kann man innerhalb weniger Minuten ein neues OS oder eine neue vorinstallierte Anwendung wie einen Webserver-Datenbank-Stack starten und mit eigenen Daten (IP, Hostname, Passwort usw.) via Web-UI konfigurieren.



Basisfunktionen zum Einrichten und Überwachen von Ceph-Storage bringt die Proxmox-Oberfläche mit (Abb. 3).

Ein wichtiges Thema ist das Pass-through von lokaler Hardware wie Grafikkarten. Dafür gibt es Einstellungen im Web-UI, allerdings existiert keine offizielle Kompatibilitätsliste (HCL) von Proxmox – die Entwickler testen aber ausgewählte Grafikkarten. Anleitungen inklusive vGPU-Konfiguration findet man in der Wiki-Dokumentation von Proxmox. Um die vGPU-Funktionen zu nutzen, ist jedoch eine umfangreiche Konfiguration via CLI notwendig. Eine einzelne Grafikkarte in eine einzelne VM durchzureichen, ist allerdings einfach über die Oberfläche möglich.

Seit PVE 8.0 gibt es die nützliche Option, lokale Hardwareressourcen, die in mehreren Hosts gleich sind, über die Datacenter-Konfiguration in eine virtuelle Ressourcengruppe zusammenzufügen. Diese wiederum wird dann in der VM hinterlegt. Dann verwendet die VM beim Start beispielsweise immer die richtige lokale Grafikkarte und es lassen sich auch VMs mit lokalen Hardwareressourcen in den HA-Modus versetzen.

Für hochverfügbare virtuelle Server braucht es einen Proxmox-VE-Cluster, einen geteilten oder replizierten Storage innerhalb PVE wie ZFS oder Ceph und das anschließende Versetzen der Ressourcen in den HA-Modus. Standardmäßig sind Ressourcen trotz Clustering und

des passenden Storage nicht hochverfügbar, sondern erst nach manueller Aktivierung im HA-Manager. Dies muss je Ressource erfolgen, also bei 100 VMs tatsächlich auch hundertmal. Über die Kommandozeile geht das zwar mit einem `ha-manager add` schneller – besser wäre dennoch eine Datacenter-Option, die Ressourcen entweder generell im HA-Manager aktiviert oder diese anhand eines Tags erkennt und dann automatisch in den HA-Modus versetzt.

Die Cluster Health definiert Proxmox VE über die Erreichbarkeit des Corosync-Links Ring0 und als potenzielle Corosync-Fallbacks Ring1 bis Ring8. Jeder Server teilt den anderen Cluster-Nodes seinen Zeitstempel mit, anhand dessen, je nach Zeitabweichung zu den anderen Nodes, Entscheidungen für den Cluster getroffen und gegebenenfalls HA-Aktionen wie ein Node Fencing getriggert werden.

Der Corosync-Link stellt also den Heartbeat-Link zwischen den Nodes dar und sollte im besten Fall ungeroutet sein, damit die Latenz so gering wie möglich ist. Ansonsten droht bei falsch konfigurierter oder nicht erreichbarem NTP-Server oder zu hoher Latenz im Corosync-Netzwerk ein unerwünschter Neustart des Hosts (Host Fencing), der in einer Downtime der jeweiligen Ressource

cen mündet. Folgt man den Best Practices, tritt dies nicht auf.

HA-Entscheidungen trifft Proxmox VE leider nur anhand der Erreichbarkeit des Corosync-Links. Das ist ausreichend für den Ausfall eines Nodes und funktioniert dann gut – schwierig wird es aber, wenn ein Host die komplette Netzverbindung zum Internet verliert oder das VM-Netzwerk (trotz Linux Bond mit Active/Active LACP) nicht mehr funktioniert oder aus anderen Gründen Teilbereiche eines Node ausgefallen oder stark eingeschränkt sind. Wenn dann Cluster-Heartbeat (via Corosync) dennoch vorhanden ist, trifft Proxmox VE keine HA-Entscheidung, obwohl diese technisch möglich wäre. Besser wäre es, PVE würde hier diesen Ausfall erkennen und eine Livemigration der Ressourcen zur Laufzeit durchführen. Einen entsprechenden Feature Request hierfür gibt es schon im Bugtracker der Entwickler.

## Backup gut – Restore mit Lücken

Ein Backup von Ressourcen ist möglich, allerdings aktuell nur sinnvoll mit dem Proxmox Backup Server, einem zusätzlichen Open-Source-Produkt. Nur damit lassen sich Full-Backups mit anschließenden inkrementellen Backups durchführen. Der derzeitige Funktionsumfang ist schon recht hoch – der Backup-Server beherrscht Kompression, Deduplizierung, Verschlüsselung und auch Remote-Sync-Jobs. Auch eine Tape-Library lässt sich anschließen. So kann man auch die bekannte 3-2-1-Regel für Backups umsetzen.

Verbesserungen beim Recovery wären aber wünschenswert, bei anderen Plattformen beliebte Features wie Single-File-Level-Recovery direkt aus dem Backup in die aktuell laufende VM gibt es noch nicht. Ebenso fehlt einfaches File-Recovery einzelner Objekte etwa aus Datenbanken, Mailservern oder anderen Serveranwendungen. Restore bedeutet also primär das Wiederherstellen kompletter VMs oder Container. Das funktioniert aber sehr gut und dank effizienter Deduplizierung spart man auch einiges an Speicherplatz bei der Ablage von Backups.

Sieht man sich die Wartung, Administration und den Support bei Proxmox VE genauer an, so fallen folgende Punkte besonders auf: Es gibt im Moment noch kein vollwertiges Gegenstück zur dynamischen Lastverteilung, wie sie VMware DRS ermöglicht. Ressourcen können zwar beim initialen Hinzufügen automatisch auf den Host mit der geringsten

Last verschoben werden. Dies ist jedoch eine einmalige Angelegenheit. Eine PVE-eigene Lösung, die Lasten zur Laufzeit automatisch zwischen den Servern verteilt, gibt es noch nicht.

Auch ein Wartungsmodus für Nodes existiert noch nicht, zumindest nicht offiziell. Erste Features sind aber über das CLI verfügbar. Folgender Befehl bewirkt, dass die HA-Ressourcen des Nodes, der in den Wartungsmodus gesetzt wurde, automatisch auf andere Server verschoben werden:

```
ha-manager crm-command node-  
maintenance enable <node>
```

Nach erfolgreicher Wartung und dem Deaktivieren des Wartungsmodus via CLI werden die HA-Ressourcen wieder auf den vorherigen Node zurückmigriert. Die Entwicklung geht also auf jeden Fall voran.

Für viele Firmen, die überlegen, zu Proxmox VE zu wechseln, wird die Verfügbarkeit von Enterprise-Support wichtig sein. Den Ticketsupport via Ticketsystem (kein Telefon) kann man nämlich nur fünf Tage die Woche neun Stunden am Tag benutzen. Wer 24/7 benötigt, sollte sich mit offiziellen Proxmox-Solution- oder Proxmox-Gold-Partnern in Verbindung setzen oder sich an ein vertrautes Linux-Systemhaus wenden (siehe [ix.de/zgsj](http://ix.de/zgsj)).

Alternativ steht das umfangreiche und kostenlose Proxmox-Forum zur Verfügung, wo man in der Regel zu jeder Herausforderung bereits einen qualifizierten Lösungsvorschlag findet. Dort antworten nicht nur die Mitarbeiter der Proxmox Server Solutions GmbH, sondern auch viele engagierte Communitymitglieder, die ihr Wissen und ihre Best Practices mit der Allgemeinheit teilen – und ein Miteinander schaffen, von dem Nutzer anderer Virtualisierungsprodukte nur träumen können.

## Fazit

Proxmox VE ist mit dem aktuellen Feature-Set geeignet, in kleinen und mittleren Unternehmen typische vSphere-Umgebungen mit 50 bis 200 VMs abzulösen – Hochverfügbarkeit inbegriffen. Das Backup von PVE-Ressourcen ist effizient und günstig mit dem Proxmox Backup Server möglich, eine Anbindung einer Tape-Library oder eine zusätzliche Offsite-Synchronisation zu einem anderen Backup-Standort ist auch konfigurierbar.

Anwender, die unbedingt dynamische Lastverteilung (Distributed Resource

Scheduling, DRS) benötigen, werden aber aktuell keinen Ersatz in Proxmox VE finden. Eine weitere Einschränkung gegenüber vSphere und vCenter ist gegenwärtig noch das prinzipiell dezentrale Management von Proxmox-VE-Clustern – mehrere Cluster lassen sich nicht über eine Oberfläche verwalten. Umfangreiche Änderungen müssen somit teilweise je Node oder zumindest je Cluster umgesetzt werden. Seit PVE 8.1 gibt es jedoch mehr Möglichkeiten für Software-defined Networking, das clusterweit konfiguriert werden kann. Das reduziert den Konfigurationsaufwand in einem großen Cluster enorm, da man zentral Netzwerkänderungen durchführen kann.

Ein großer Vorteil ist, dass sich das Management von Proxmox-VE-Umgebungen dank API und CLI-Tools gut automatisieren lässt. Das Webinterface kann beim Funktionsumfang nicht mit vCenter mithalten – die Konzentration aufs Wesentliche muss jedoch nicht immer ein Nachteil sein.

Eine Integration von externen Monitoringdiensten oder Tools zur Automatisierung oder Orchestrierung ist nicht über das Web-UI möglich. Deshalb muss man sich selbst um eine sinnvolle Konfiguration wichtiger Benachrichtigungen kümmern und Monitoringsoftware integrieren. Für verbreitete Programme wie checkmk, das Gespann InfluxDB/Grafana, aber auch Prometheus oder Zabbix finden sich zahlreiche Anleitungen im Netz.

Beim Storage, insbesondere in Kombination mit Ceph, ist Proxmox VE sehr gut aufgestellt. Es setzt keine harten Grenzen der Skalierbarkeit, weder bei Scale-up noch bei Scale-out. Im Funktionsumfang ist es auch für komplexe Set-ups mit hohen Ansprüchen an Verfügbarkeit hinreichend flexibel und stabil. ([ulw@ix.de](mailto:ulw@ix.de))

## Quellen

Weitere Informationen zu Proxmox VE und Proxmox Backup Server siehe [ix.de/zgsj](http://ix.de/zgsj)

## JONAS STERR



beschäftigt sich mit Software-defined Storage und Proxmox-Virtualisierung auf Basis von KVM, QEMU und Ceph im Produktmanagement der Thomas-Krenn.AG in Freyung.