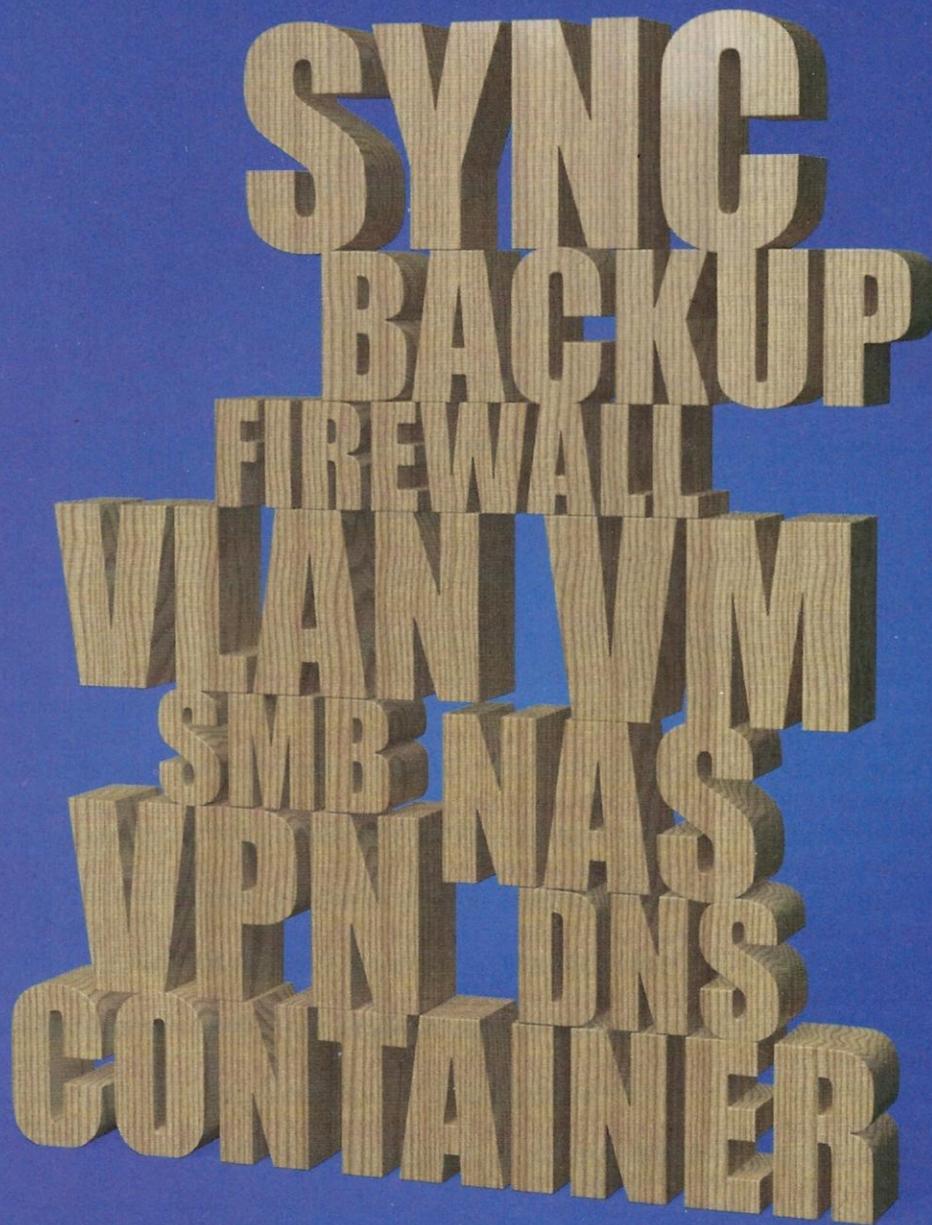


Wege zum eigenen Server

Starthilfe für Betrieb und Ausstattung eines Servers



Starthilfe für den eigenen Server Seite 62
Die passende Hardware auswählen Seite 68
Dienste aus dem eigenen Netz anbieten Seite 74

Für einen eigenen Server sprechen starke Argumente: Er liefert maximales Tempo im Netz. Er verhindert, dass Sie Ihre Daten Fremden aushändigen. Er erlaubt individuelle Lösungen. Er vermittelt aktuelle Techniken im Selbstversuch. Aber: Er erfordert ein hohes Maß an Verantwortung und birgt – besonders bei Vernachlässigung – Risiken. Unsere Starthilfe stellt sich diesen Anforderungen.

Von Peter Siering

Sogar Internet-Anschlüsse für Privatleute sind oft schon schnell genug, um einen eigenen Server hinter den Router zu stellen und damit nicht nur das lokale Netzwerk zu versorgen, sondern auch für das Smartphone und das Notebook unterwegs sinnvolle Dienste anzubieten. So brauchen Sie Ihre Daten nicht außer Haus zu geben und müssen trotzdem nicht auf cloudartige Dienste wie Kalender, Dateisynchronisierung et cetera verzichten. Welche Hardware sich für welche Anforderungen eignet, analysiert der Artikel auf Seite 68. Tipps, um Dienste hinter einem Router im Internet erreichbar zu machen, gibt der Beitrag auf Seite 74. Dieser Artikel widmet sich der Software-Ausstattung eines eigenen Servers.

Ausgelagert

Ein eigener Server muss nicht zwangsläufig heißen, dass Sie um Angebote einen Bogen machen, die man mithin auch Cloud nennen kann: Statt selbst Hardware anzuschaffen, können Sie ebenso gut Hardware mieten. Der eigene Server darf auch im Rechenzentrum stehen. Dann sind die Stromkosten mit der Miete bezahlt und Sie brauchen sich nicht um Platz und Lärmdämmung zu kümmern.

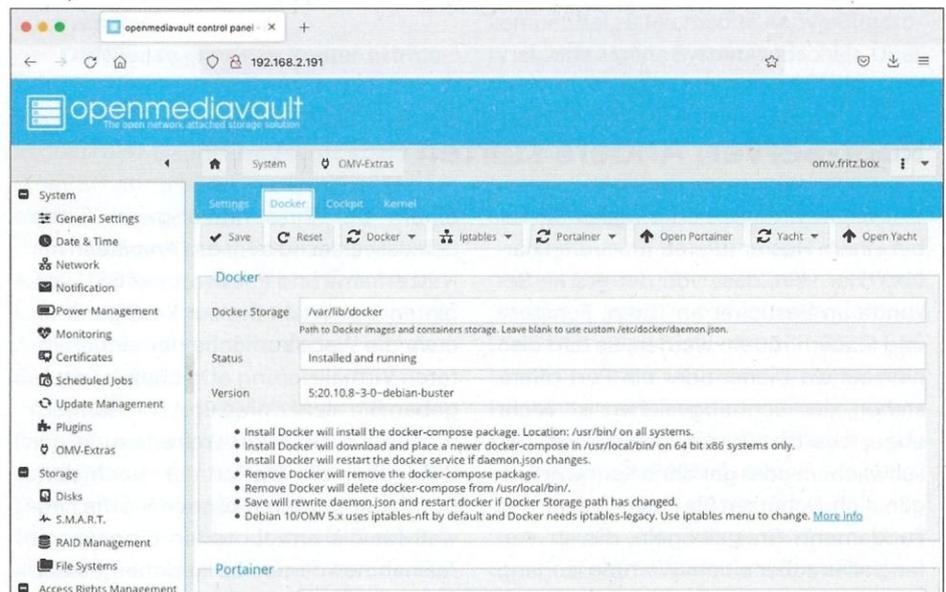
Hostingfirmen überlassen Ihnen virtuelle Server für weniger als fünf Euro monatlich – dort können Sie zum Beispiel einen eigenen VPN-Server betreiben, der Ihr Smartphone in offenen WLANs sichert und nicht mehr kostet, als bei einem kommerziellen VPN-Provider zu berappen wäre. Die Monatsmieten für reale Hard-

ware starten bei rund 30 Euro. Viele der deutschen Hoster haben einen guten Ruf, was Service und Zuverlässigkeit angeht. Sie sollten aber in der Lage sein, sich bei Software-Problemen selbst zu helfen. Das können die Hoster bei den Kampfpreisen nicht leisten.

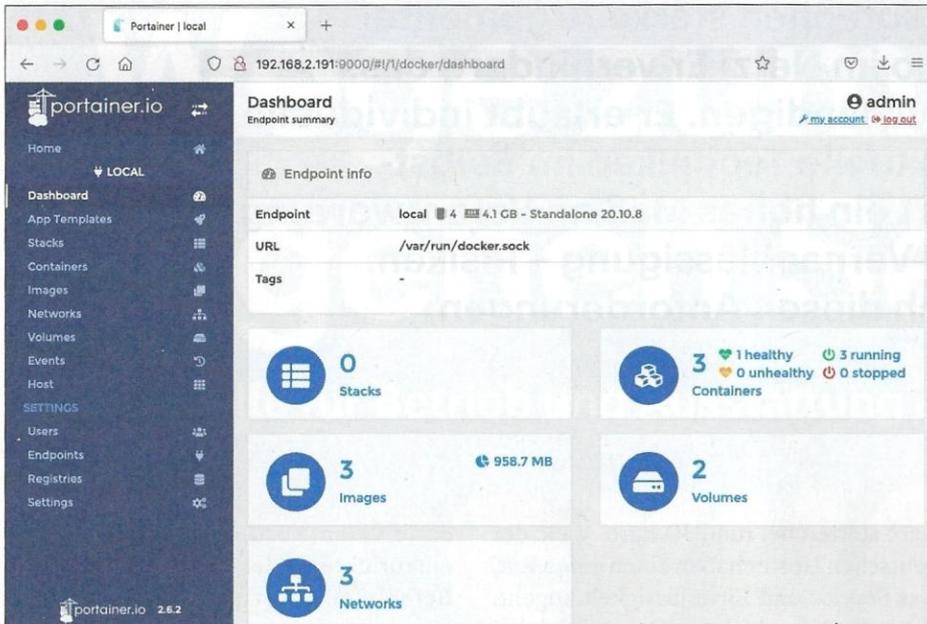
Bei nahezu sämtlichen Mietangeboten und auch Betriebssystemen, die man auf den meisten Fertigservern wie NAS-Geräten findet, handelt es sich um Linux. Auf Mietservern herrscht es eher in roher Form gängiger Distributionen wie Debian, Ubuntu oder Fedora vor – zumeist ohne grafische Bedienoberfläche. Auf NAS-Geräten finden sich Spezialdistributionen der Gerätehersteller, die schon mit einer Weboberfläche zur Verwaltung ausgestattet sind. Bei den rohen Distributionen ist man selbst

dafür verantwortlich, etwas Passendes einzurichten oder sich selbst auf der Befehlszeile auszutoben – je nach Geschmack.

Wer den Server im eigenen Netz betreibt, kann auch dort auf eine spezialisierte Distribution zurückgreifen, die dann wie ein NAS-Gerät mit einer eigenen Verwaltungsoberfläche glänzt. Diese Serverdistributionen nutzen nicht alle Linux, sondern auch andere freie Betriebssysteme als Basis. Für den Betreiber macht das keinen großen Unterschied, solange er nicht tief in die Innereien abtauchen muss, um individuelle Erweiterungen oder Korrekturen vorzunehmen – hierfür hätte er es mit Linux oft leichter, weil da mehr und ausführlichere Hilfestellung im Netz zu haben ist, die indes in der Masse oft schwerer zu finden ist.



Linux gibt den Ton an, egal ob auf den NAS-Geräten der großen Hersteller oder beim NAS-Selbstbau mit Distributionen wie OpenMediaVault. Letzteres läuft ebenso auf dem Raspi und erschließt mit dem Community-Repository auch Container.



Container helfen, komplexe Anwendungen mit wenigen Handgriffen einzurichten und aktuell zu halten. Sie unterstützen auch die Wartung ihrer selbst: Portainer als Weboberfläche und Watchtower für automatische Updates stecken dabei selbst in einem Container.

Vergeigt

Windows spielt in dem Segment autonom betriebener Server für Privathaushalte und kleinere Büros kaum mehr eine Geige: Microsoft hat systematisch alle Angebote wie Home und Small Business Server für diese Zielgruppe vor fast zehn Jahren eingestellt. Das günstigste Angebot von Microsoft für bis zu 25 Nutzer ist eine Lizenz des Windows Server Essentials für rund 300 Euro. Im Vergleich zu Linux fällt die Auswahl der Software eher schmal aus,

die man darauf aufbauend einsetzen könnte und die nicht wieder erhebliche Kosten nach sich zieht; Microsofts Exchange etwa fordert zusätzlich eine Standard- oder Datacenter-Ausgabe des Servers.

Kurzum, Windows-Server wird man dann einsetzen, wenn es eine Serveranwendung gibt, die ohne nicht zu haben ist – oft handelt es sich um spezialisierte Software, deren Hersteller womöglich auch gleich zertifizierte Hardware fordert, wenn man Support erwartet.

Root-Server: Anders starten

Wer einen virtuellen oder realen Server bei einem Hoster mietet, muss sich darüber klar sein, dass von der ersten Sekunde an Besucher an Türen, Fenstern und Mauern rütteln werden. Es darf also niemals ein Dienst oder ein Port offenstehen, der nicht abgesichert ist. Nicht abgesichert heißt: unverschlüsselt, mit schwachem oder gar ohne Kennwort zugänglich. Schützen Sie deshalb auch das Fundament: Firewallregeln, die am Anfang alles außer einem Wartungszugang ablehnen, sind eine gute Idee.

Als Wartungszugang empfiehlt sich ausschließlich SSH, das Sie nur mit

einem per Passphrase geschützten Schlüsselpaar nutzen; das Anmelden mit Nutzernamen und Passwort per SSH verbieten Sie. Wenn Sie zur Konfiguration etwa die Weboberfläche der eingerichteten Virtualisierung erreichen müssen, geben Sie nicht deren Port frei, sondern nutzen Sie eine Port-Weiterleitung per SSH (über die Option `-L`). Nach dem Durchkonfigurieren können Sie die Firewall für die angebotenen Dienste mit Ausnahmen öffnen. So ist sichergestellt, dass versehentlich veröffentlichte Dienste nicht gleich für die Welt erreichbar sind.

Andererseits: Vielleicht muss es für serverartige Anwendungen auf Windows-Seite gar kein Serverbetriebssystem sein? Die Pro-Version eignet sich durchaus als Dienstleister im Netz. Sie lässt sich per Remote-Desktop-Protokoll (RDP) fernsteuern, kann Freigaben per SMB bereitstellen. Software zur Dateisynchronisierung und Verschlüsselung lässt sich ebenfalls installieren, um einen Backup-Server für Windows-Clients nach eigenem Gusto zu kreieren. Wer sich mit Windows auskennt, mag diese Lösung bevorzugen.

Auf Windows als Betriebssystem auf dem Server sollte man sich nur dann einlassen, wenn man entweder die volle Systemleistung für Windows wirklich braucht oder sich mit Windows alle Ansprüche an den Server erfüllen lassen. Wer mehr vorhat, sollte darüber nachdenken, ein Betriebssystem auf dem Server zu nutzen, das Virtualisierung beherrscht. Der Server lässt sich so in mehrere logische Server (virtuelle Maschinen) aufteilen, in denen getrennt voneinander unterschiedliche Betriebssysteme laufen können. So können Windows und Linux friedlich nebeneinander existieren. Jedes kann mit seinen Stärken glänzen.

Theoretisch führt Windows ab der Pro-Ausgabe dank der von Microsoft integrierten Technik Hyper-V selbst virtuelle Maschinen aus. Das läuft besonders gut, wenn Windows in den VMs arbeiten soll. Die Integration von Linux-Gästen ist aber weit fortgeschritten. Die Verwaltungsoberfläche von Hyper-V ist jedoch eher spröde. Linux-basierte Lösungen und das, was die NAS-Hersteller integrieren, bringen meist eine einfach bedienbare Weboberfläche mit. Ein Browser genügt. Man ist nicht auf unter Windows laufende Spezialsoftware angewiesen, wie sie auch für VirtualBox oder VMware Player und Workstation nötig wäre, was die für eigene Server eher disqualifiziert.

Und noch ein letztes Argument für Linux und gegen Windows als Betriebssystembasis: Heute vereinfachen die in Clouds gebräuchlichen Container-Techniken den Einsatz und die Wartung von Serverdiensten erheblich – wer sich das Leben leicht machen möchte, setzt diese auch auf dem eigenen Server ein. Hierfür hat Windows derzeit wenig zu bieten und die dort verfügbare Docker-Integration ist an vielen Ecken und Kanten kaputt. Linux-Container sperrt Windows in VMs weg, was durchaus sinnvoll ist. Windows-

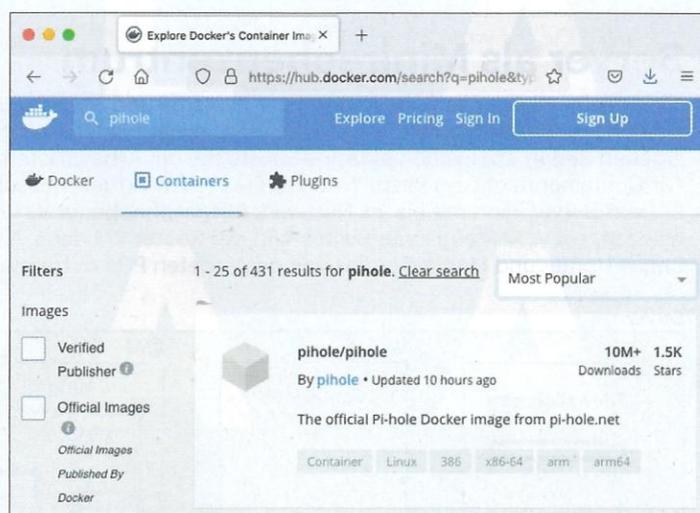
Container haben nie Fahrt aufgenommen. Die in Windows integrierten Techniken wie das Subsystem für Linux sind nicht für den dauerhaften Betrieb von Diensten ausgelegt.

Containert

Obschon Container meistens mit Clouds assoziiert werden, sind sie auch für autonome Serverbetreiber eine begnadete Erleichterung: Im Docker-Hub gibt es einen riesengroßen Fundus von direkt einsetzbaren Images, um Installationen von Nextcloud, ganzen Mailserver-Stacks, Smart-Home-Zentralen, Videokonferenzsystemen und vielem mehr mit wenigen Handgriffen einsatzfertig einzurichten. Viele Projekte stellen diese Images inzwischen automatisiert selbst her, sodass man sie aus solchen Quellen bedenkenlos einsetzen kann, wenn man die wesentlichen Vorbehalte kennt – ein älterer c't-Artikel hilft dabei (siehe ct.de/y4za).

Weil sie stets aktuelle Software versprechen, sind Docker-Images beliebt. NAS-Hersteller verwenden sie, um ihre

Vom simplen Web-Server bis zum vollständigen Mail-Server-Stack ist so ziemlich alles als Docker-Image zu haben. Einen Überblick verschafft der Docker Hub.



Geräte mit weiteren Funktionen zu versorgen. Viele Spezialdistributionen für Server können im Auslieferungszustand Docker-Images beziehen und ausführen, bei anderen kann man solche Fähigkeiten nachrüsten. Eine browserbedienbare Verwaltungsoberfläche ist Standard. Aller-

dings bildet die oftmals nicht alle Möglichkeiten ab, die man mit Docker auf der Kommandozeile selbst hätte. Manche Distribution, beispielsweise Unraid, ergänzen Docker-Images mit etwas Zuckerguss, um sie hübsch in das eigene Universum zu integrieren. Docker geht natürlich

Kurzcharakteristik: Weitere Spezialdistributionen für Server

Betriebssysteme beziehungsweise Distributionen, die sich für die Installation auf einem Server anbieten, gibt es reichlich. Die meisten großen Distributionen wie Debian bieten eine Installationsvariante an, die ohne grafische Bedienoberfläche mit reiner Textoberfläche daherkommen. Der Server-Admin muss vieles selbst machen.

Red Hat und SUSE veröffentlichen eigene Serverversionen mit kommerziellem Support und Zertifizierung für Hardware. Die vom Anbieter ergänzte Verwaltungsoberfläche unterstützt den Admin bei vielen gängigen Aufgaben. Der Einsatz erfordert einen Support-Vertrag mit jährlichen Lizenzkosten.

Kommerzielle Anbieter von Linux-Serverdistributionen erlauben oft den kostenlosen Einsatz ihrer Produkte mit Einschränkungen: Mal ist die Anzahl der Nutzer begrenzt, mal dient der Admin als Testhelfer, weil er seinen Server mit aktuellen, aber wenig intensiv getesteten Paketen der Distribution betreibt.

OpenMediaVault (OMV) nennt sich selbst „freies Betriebssystem für Netz-

werk-Speicher (NAS)“. Es stammt von Volker Theile, der einst FreeNAS entwickelt hat. Längst kann die Distribution auf Debian-Basis viel mehr als nur Dateien bereitstellen. Eine Weboberfläche erleichtert Einsteigern den Umgang. OMV läuft auch auf Raspis.

OPNSense glänzt als Routerdistribution mit durchgängiger IPv6-Fähigkeit – etwas, was die bekannten Linux-Pendants in dem Feld vermissen lassen. Es baut auf FreeBSD auf und wird ausschließlich in einer Community entwickelt.

Proxmox Virtual Environment stellt auf Debian-Basis eine featurereiche Virtualisierungsumgebung bereit, die im Artikel an einigen Stellen als leuchtendes Beispiel auftaucht.

TrueNAS als Nachfolger von FreeNAS lässt sich kostenlos nutzen. Es ist die Wahl schlechthin, wenn man den Server nur als Datei- und Datenablage braucht. Als Systembasis dient derzeit noch FreeBSD, aber langfristig soll es Debian werden. Für das Dateisystem ZFS bringt TrueNAS interessante Features wie Snapshots, Datensicherheit und verschiedene Red-

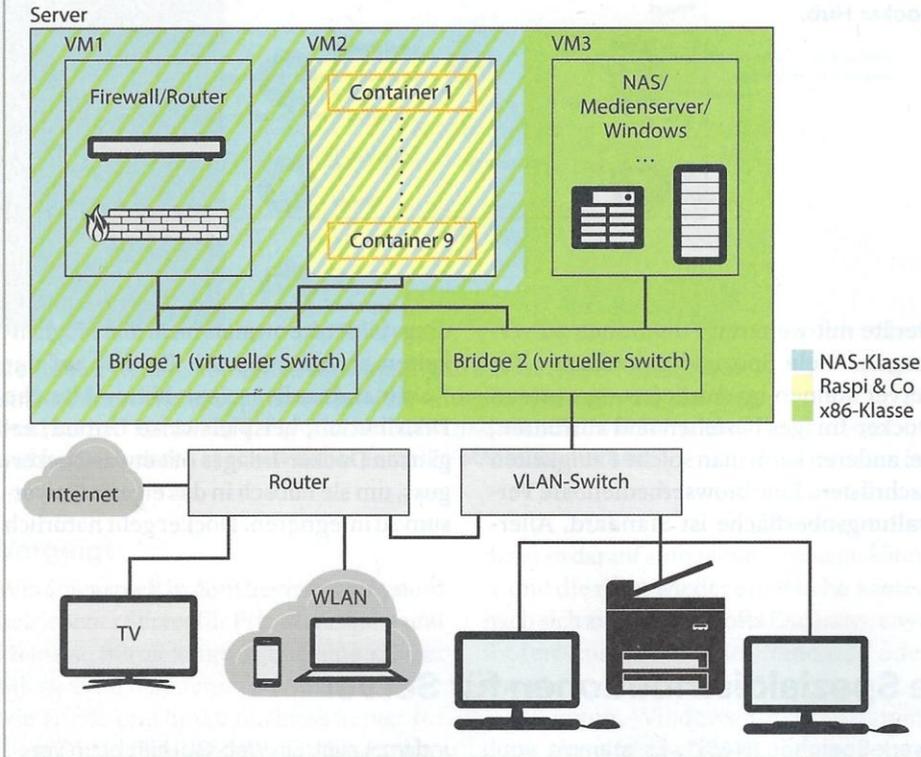
undanz-Level. Ein Web-GUI hilft beim Verwalten.

Univention Corporate Server (UCS) zielt auf größere Multi-Server-Installationen. Die Software schafft auf Debian-Basis um einen Verzeichnisdienst herum, der kompatibel zu Microsofts Active Directory ist, eine eigene Systemlandschaft. Über das Univention „App Center“ lassen sich auch die Serverdienste von Fremdanbietern nahtlos in eine UCS-Installation integrieren und damit per Browser verwalten, etwa Groupware, Backup, Archivierung ...

Unraid OS, das wir jüngst in c't vorgestellt haben, geht einen kreativen Weg, um einen Storage-Server einzurichten. Die Distribution läuft vom USB-Stick und kann ein Sammelsurium verschiedener Festplatten zu einem redundanten Datenspeicher zusammenfassen. Plug-ins, die oft Docker als Technik nutzen, erschließen viele weitere Funktionswelten. Als Basis dient eine weitgehend aus dem Sichtfeld verschwundene Distribution: Slackware. Der Einsatz über die Testphase hinaus ist nur durch eine einmalige Lizenzzahlung möglich.

Server als Minirechenzentrum

Ein einzelner Server kann heute mehrere Systeme und Netze nachbilden, wie sie früher in einem Rechenzentrum standen. Je nach Anspruch genügen für den eigenen Bedarf aber schon einzelne Bausteine, um Arbeitslasten zu trennen. Für Container reicht ein Raspi. NAS-Geräte stellen virtuelle Maschinen bereit. Ein x86-Server kann mit bis ins Netzwerk fortgeschriebener Virtualisierung glänzen; ein VLAN-tauglicher Switch hilft der Router-VM dann, Netze mit Smart-Home- und Media-Gedöns von gefährdeten PCs zu trennen.



auch zu Fuß auf der Kommandozeile und ist auch auf dem Raspi nützlich.

Das Grundprinzip ist bei allen gleich: Sie laden das Docker-Image herunter und starten die im Container verdrahteten Prozesse in einer geringfügig vom restlichen System abgetrennten Umgebung. Die Abtrennung erfüllt keine großartigen Sicherheitsansprüche, sondern ist eher eine logische, um Abhängigkeiten abzusichern, etwa unterschiedliche Bibliotheken. Die Detailkonfiguration im Container, etwa angelegte Benutzerkonten oder abgelegte Dateien landen idealerweise in separaten Verzeichnissen (benannte Volumes); oft verlangen Images, dass man ihnen für die Daten eine Datenbank zur Seite stellt, die dann ihrerseits als Container daherkommt und selbst ein benanntes Volume verwendet.

Dadurch, dass Container auf diese Weise den Zustand (Daten) und die Systemumgebung (die Software) trennen, lässt sich letztere bei einem Update wegwerfen und durch eine neue Version er-

setzen. Das Update stoppt den Container, holt das neue Image und startet es erneut mit den gleichen Optionen wie beim initialen Start. So gelangen die in den benannten Volumes abgelegten Daten wieder in die Anwendung. Von Hand ist das mühsam. Deswegen gibt es Container-Images, die diese Aufgabe automatisch erledigen. Bewährt in Docker-Umgebungen ist Watchtower. Es sollte in keiner produktiven Umgebung fehlen.

Die Dienste eines Containers gelangen trickreich ins lokale Netz: Stellt ein Container zum Beispiel einen Webserver bereit, so nimmt der Docker-Host, also das System auf dem Docker läuft, diese Anfragen an und reicht sie in den Container weiter. Auf einem Linux-System gelingt das durch virtuelle Netzwerke, die Docker einrichtet. Jeder Container hat eine IP-Adresse in diesem Netzwerk und der Docker-Host dient als Vermittler dorthin; ähnlich wie ein Router benutzt Docker dabei Network Address Translation (NAT).

Ein letzter wichtiger Punkt beim Container-Einsatz ist noch, wie man sie mit der Außenwelt verbindet. Wer Docker in Eigenregie betreibt, muss sich darum selbst kümmern. Wie schon bei den Updates bietet sich hier wieder ein Docker-Image als Lösung an: Traefik (siehe ct.de/y4za). Es arbeitet als sogenannter Edge-Router vergleichbar mit einem Reverse Proxy. Es wird dazu mit der Außenwelt verbunden, etwa über eine Freigabe im Router, die dafür sorgt, dass dieser Zugriffe an den Traefik-Container weiterleitet. Traefik sortiert die dann und leitet sie an den passenden Container weiter. Für Traefik spricht auch seine Fähigkeit, automatisch kostenlose TLS-Zertifikate bei Let's Encrypt zu beschaffen.

Empfohlen

Abseits der bereits erwähnten Fertigdistributionen, die Serverdienste und Virtualisierung beziehungsweise Container-Technik vereinen, gibt es derzeit vor allem eine empfehlenswerte Software, um virtuelle Maschinen auf dem eigenen (Miet-)Server zu betreiben: „Proxmox Virtual Environment“, kurz Proxmox. Die Distribution der gleichnamigen Wiener Firma versteht die Open-Source-Techniken KVM zur Virtualisierung und ZFS als Dateisystem mit einer einfach zu bedienenden Weboberfläche. Als Basis nutzen die Entwickler ein geringfügig aufgemotztes Debian-Systemupgrades über viele Generationen von Proxmox hinweg, gelingen wohl auch wegen der Debian-Basis seit Jahren sehr geschmeidig.

Proxmox lässt sich vollständig kostenlos nutzen, wenn man sich darauf einlässt, Aktualisierungen aus einem Repository zu beziehen, dessen Pakete nicht durch und durch getestet sind. Der Hersteller empfiehlt es nur für Testbetrieb, aber nicht für den produktiven Einsatz. Der Preis für ein Jahresabo der Software beträgt für einen Ein-Sockel-Server gerade mal 90 Euro, verschafft Zugriff auf das Repository mit den intensiv getesteten Enterprise-Paketen und erhöht die eigene Sichtbarkeit im Community-Forum.

Die Voraussetzungen für den Einsatz von Proxmox fallen moderat aus. Für Testzwecke genügt laut Hersteller eine 64-Bit-Intel- oder AMD-CPU mit Virtualisierungsunterstützung. Das erfüllt heute bei passenden BIOS-Einstellungen (Virtualisierung eingeschaltet) so ziemlich jeder PC. Die Menge des nötigen Hauptspeichers hängt von den Aufgaben ab, die Ihr

Server mal erfüllen soll: Für zwei kleinere VMs genügen 4 GByte RAM insgesamt. Schon ein Zotac-x86-Mini-PC mit Core i3 kann als Minimallösung in einer VM seinen Dienst als SMB-Server oder Freifunk-Offloader verrichten und als Brückenkopf zur Verwaltung eine zweite VM ausführen.

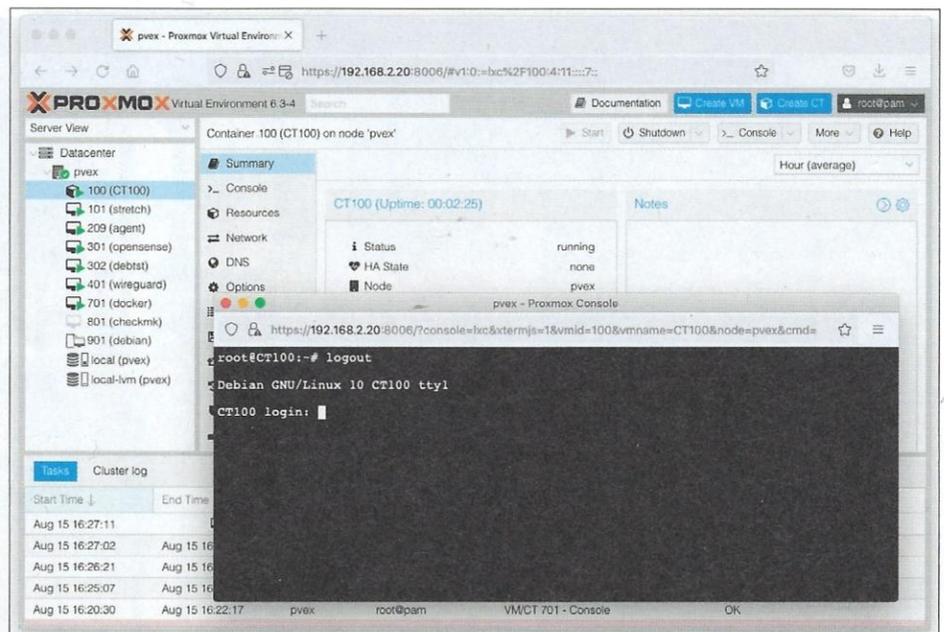
Das Coole an Proxmox ist aber, dass es nicht nur kleine Arbeitslasten hebt, sondern auch in professionellem Einsatz glänzt: Aus mehreren Proxmox-Maschinen lässt sich ein Cluster bauen, der dank integriertem Ceph-Dateisystem die virtuellen Platten der VMs auf einem gemeinsamen, automatisch replizierten Speicher ablegt, sodass sich laufende VMs von Knoten zu Knoten verschieben lassen. Ein solcher Hyper-Converged-Cluster, der sowohl Rechen- als auch Speicherkapazität bereithält, stellt natürlich höhere Anforderungen und braucht mindestens drei aktive Knoten.

Proxmox kennt noch weitere Spielarten, um Speicher und VMs über mehrere Knoten in einem Cluster zu verteilen (siehe ct.de/y4za). Doch es beherrscht auch ganz pragmatische Ansätze, ausgeführte VMs abzusichern: Promox-Server können sich, wenn sie wie empfohlen ZFS als Dateisystem verwenden, über SSH-Verbindungen regelmäßig inkrementelle Snapshots der virtuellen Platten von VMs zuspülen. Da die dazu eingesetzte Software PVE-zsync nur die Änderungen überträgt, funktioniert das nach einer initialen, eher langwierigen Übertragung auch über asymmetrische DSL-Anschlüsse wunderbar flüssig.

Wenn Sie vorhaben, intensiv mit virtuellen Maschinen zu hantieren, brauchen Sie nicht nur reichlich Hauptspeicher, sondern vor allem eine SSD, auf der die virtuellen Platten der VMs landen. Liegen die auf einer Magnetplatte, werden viele Operationen, zum Beispiel das Klonen, zur Geduldprobe. Für Experimente mit Systemumgebungen, etwa einer Debian-Installation für Versuchszwecke, bietet Proxmox zusätzlich Linux Containers (LXC), für die es reichlich fertige System-Images bereitstellt; die Linux-Container begnügen sich im Vergleich zu VMs mit einem schmalen Satz Systemressourcen.

Strukturiert

An den Möglichkeiten wird deutlich, dass ein eigener Server heute mehr als eine Dateiablage mit einigen Extradiensten sein kann. Die von ihm angebotenen Dienste lassen sich mit virtuellen Maschi-



Mit Proxmox macht Virtualisieren Spaß: Die Weboberfläche lässt kaum Wünsche offen. Läuft der Server nicht vor Ort, lässt sich seine Konsole und die der VMs per Browser erreichen. Wenn die Ressourcen knapp sind, können Linux-Umgebungen auch als Container neben den VMs laufen.

nen und Containern zu einem Gesamtgebilde kombinieren, das mehr ein Rechenzentrum früherer Tage nachbildet.

Statt einzelne Dienste zu konfigurieren, können Sie fertige Distributionen in VMs starten. Statt viele Pakete für einen Mailserver einzeln zu installieren und aufeinander abzustimmen, greifen Sie auf ein Container-Image zurück. Unter ct.de/y4za haben wir Artikel, die dabei helfen, aus den letzten zwei c't-Jahrgängen zusammengestellt.

Lassen Sie sich von der Komplexität nicht schrecken und versuchen Sie am Anfang nicht alles auf einmal. Sie können

auch mit einer Fertiglösung wie NAS oder einer Spezialdistribution starten. Wenn die nicht mehr alle Wünsche erfüllt, ist vielleicht ein Raspi mit ein paar Containern eine geeignete Ergänzung. Ist der Gerätezoo dann zu stark angewachsen, haben Sie genug Erfahrung, um sich an eine komplexere Lösung auf Basis von Proxmox zu machen, oder Sie vertrauen sich doch lieber Dritten an.

(ps@ct.de) **ct**

c't-Artikelliste zum Containern mit Docker und Einrichten von Server-Diensten: ct.de/y4za

CLOUD: Can't Locate Our User's Data

Einen Server selbst zu betreiben, heißt digital souverän zu sein. Man sollte sich aber keinen Illusionen hingeben, diesen Job besser zu können als die Admins in den Cloud-Rechenzentren. Die tun im Schichtbetrieb nichts anderes, als die Hardware am Laufen zu halten und die Sicherheitslage zu studieren, um die Schäfchen in ihrer Serverherde vor den Wölfen zu schützen. Der 1-Server-Admin merkt im Zweifel erst, dass sein Schäfchen zur Beute wurde, wenn der Server nicht mehr zuckt. Selbst wenn der 1-Server-Ad-

min seiner Sorgfaltspflicht nachkommt, zeitnah Sicherheitsupdates einspielt, regelmäßig die Aktivitäten auf dem System beobachtet, die normale Lastsituation kennt und sich bei Abweichungen alarmieren lässt, muss er dennoch damit rechnen, dass unerwünschte Besucher über die Schwelle treten. Das heißt, auch Notfallpläne gehören zur Verantwortung: Backups abseits des Servers und Dokumentation zum Neuaufsetzen von Diensten. Souverän ist nur, wer am Ende nicht sagen muss „Can't locate my user's data“.