OpenShift Virtualisierung

NetApp Solutions

NetApp
December 19, 2024

Inhalt

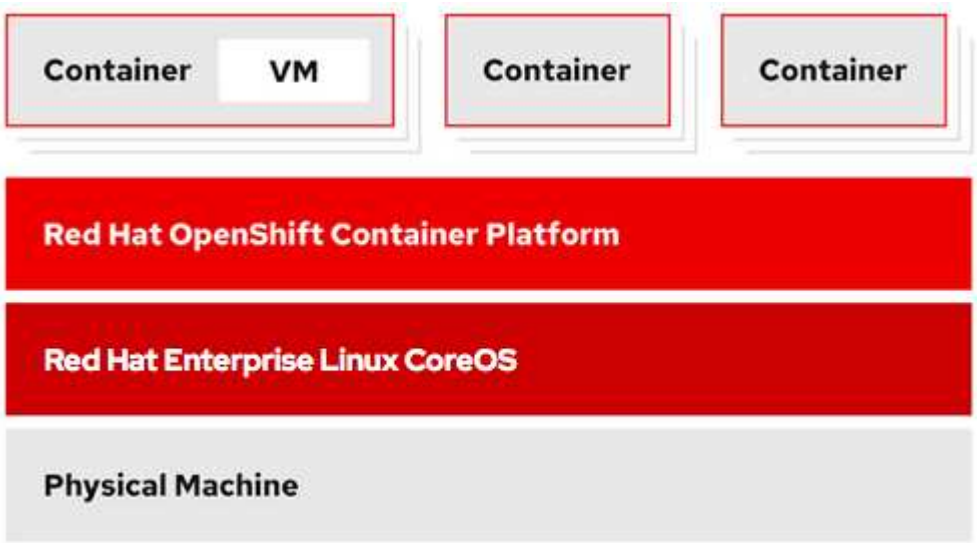
NetApp-Lösungen für die OpenShift-Virtualisierung

Überblick

Red hat OpenShift Virtualisierung mit NetApp ONTAP

Je nach Anwendungsfall können sowohl Container als auch Virtual Machines (VMs) als optimale Plattformen für verschiedene Applikationstypen dienen. Daher führen viele Unternehmen einige ihrer Workloads auf Containern und einige auf VMs aus. Dies führt häufig dazu, dass Unternehmen zusätzliche Herausforderungen meistern müssen, indem sie separate Plattformen managen müssen: Einen Hypervisor für VMs und einen Container-Orchestrator für Applikationen.

Um diese Herausforderung zu bewältigen, hat Red hat die OpenShift Virtualization (früher bekannt als Container Native Virtualization) eingeführt – angefangen bei OpenShift Version 4.6. Mit der OpenShift Virtualization-Funktion können Sie virtuelle Maschinen parallel mit Containern auf derselben OpenShift Container Platform-Installation ausführen und verwalten. Sie bieten Hybrid-Managementfunktionen für die Automatisierung der Bereitstellung und des Managements von VMs durch Betreiber. Neben der Erstellung von VMs in OpenShift unterstützt Red hat mit OpenShift Virtualization auch den Import von VMs aus VMware vSphere, Red hat Virtualization und Red hat OpenStack Platform-Implementierungen.



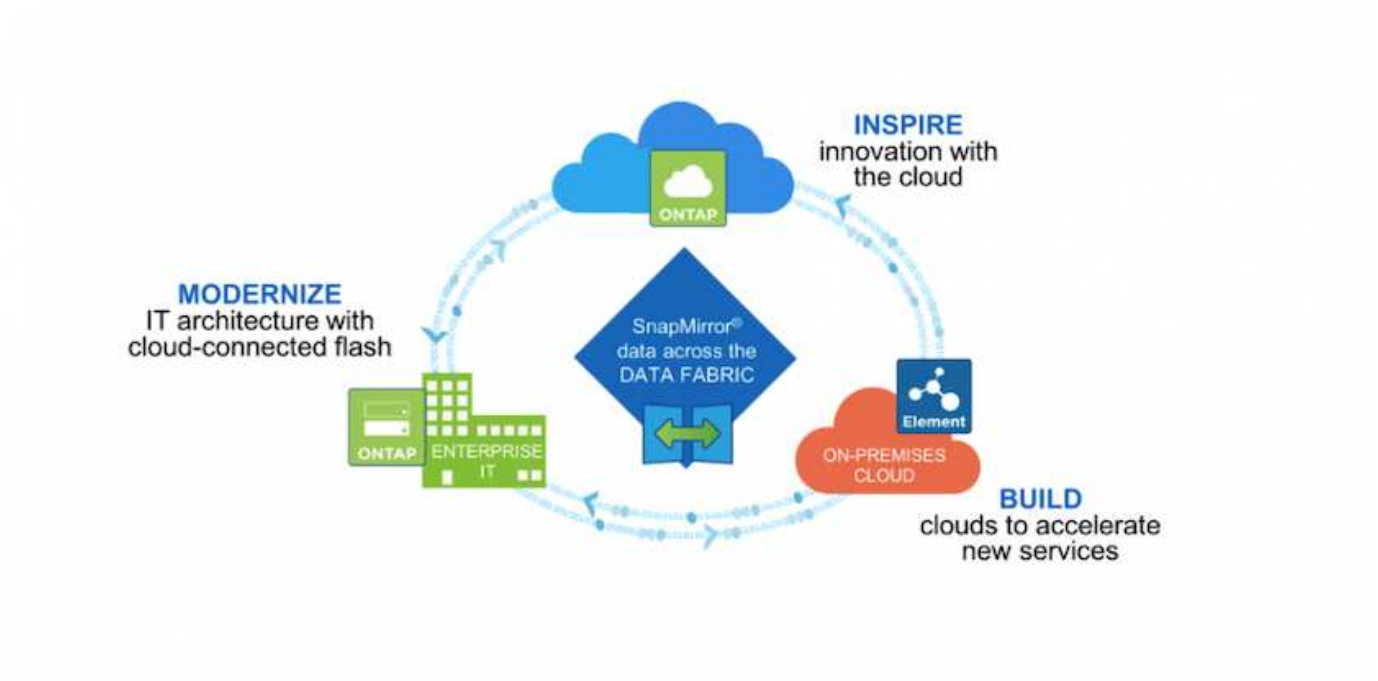
Bestimmte Funktionen wie Live-VM-Migration, Klonen von VM-Festplatten, VM-Snapshots usw. werden auch von OpenShift Virtualization mit Unterstützung von Trident unterstützt, wenn diese durch NetApp ONTAP unterstützt werden. Beispiele für jeden dieser Workflows werden im weiteren Verlauf dieses Dokuments im jeweiligen Abschnitt erläutert.

Weitere Informationen zu Red hat OpenShift Virtualization finden Sie in der Dokumentation "Hier".

NetApp Storage-Überblick

NetApp verfügt über mehrere Storage-Plattformen, die für Trident Storage Orchestrator geeignet sind, um Storage für auf Red hat OpenShift implementierte Applikationen

bereitzustellen.



- AFF und FAS Systeme führen NetApp ONTAP aus und liefern Storage sowohl für File-basierte (NFS) als auch für blockbasierte Anwendungsfälle (iSCSI).
- Cloud Volumes ONTAP und ONTAP Select bieten die gleichen Vorteile in der Cloud bzw. im virtuellen Bereich.
- Amazon FSX for NetApp ONTAP, Azure NetApp Files und Google Cloud NetApp Volumes bieten dateibasierten Storage in der Cloud.
- NetApp Element Storage-Systeme bieten für blockbasierte (iSCSI-)Anwendungsfälle in hochskalierbarer Umgebung.

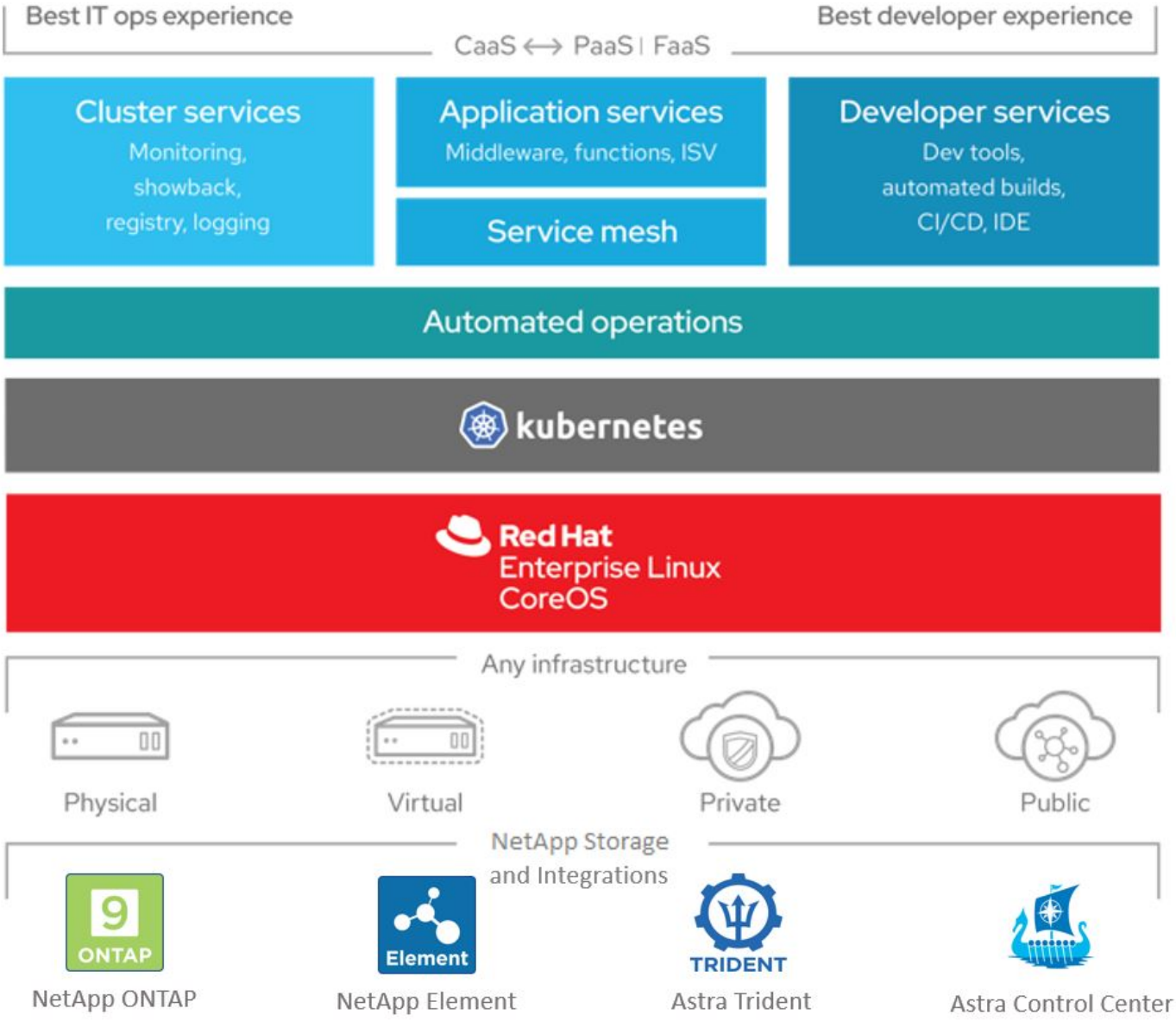
Jedes Storage-System im NetApp Portfolio kann das Datenmanagement und das Verschieben von Daten zwischen lokalen Standorten und der Cloud vereinfachen. Damit befinden sich Ihre Daten genau dort, wo sich Ihre Applikationen befinden.

Auf den folgenden Seiten finden Sie zusätzliche Informationen zu den in Red hat OpenShift mit NetApp validierten NetApp Storage-Systemen:

- "NetApp ONTAP"
- "NetApp Element"

Überblick über die NetApp Storage-Integration

NetApp bietet verschiedene Produkte, die Sie bei der Orchestrierung und dem Management persistenter Daten in Container-basierten Umgebungen wie Red hat OpenShift unterstützen.



NetApp Astra Control bietet eine umfassende Auswahl an Storage- und applikationsspezifischen Datenmanagement-Services für zustandsorientierte Kubernetes Workloads auf Basis der NetApp Datensicherungstechnologie. Der Astra Control Service unterstützt statusorientierte Workloads in Cloud-nativen Kubernetes-Implementierungen. Das Astra Control Center unterstützt statusorientierte Workloads in lokalen Implementierungen wie Red hat OpenShift. Weitere Informationen finden Sie auf der NetApp Astra Control Website "Hier".

NetApp Trident ist ein Open-Source- und vollständig unterstützter Storage-Orchestrator für Container und Kubernetes-Distributionen, einschließlich Red hat OpenShift. Weitere Informationen finden Sie auf der Trident-Website "Hier".

Auf den folgenden Seiten finden Sie zusätzliche Informationen zu den NetApp Produkten, die für das Management von Applikationen und persistentem Storage in Red hat OpenShift mit NetApp validiert wurden:

- "NetApp Astra Control Center"
- "NetApp Trident"

Videos und Demos: Red hat OpenShift mit NetApp

In den folgenden Videos werden einige der in diesem Dokument dokumentierten Funktionen gezeigt

Amazon FSX for NetApp ONTAP: Red hat OpenShift Service auf AWS mit gehosteter Kontrollebene

Live-Migration virtueller Maschinen in OpenShift-Virtualisierung auf ROSA mit Amazon FSX für NetApp ONTAP

Ansible-Automatisierung für die Implementierung von Trident und die Erstellung von Storage-Klassen im OpenShift-Cluster

"Das Playbook, mit dem NetApp Trident, StorageClasses und Back-End mithilfe von Ansible installiert werden, ist in GitHub zu finden."

Implementieren Sie eine neue VM in OpenShift-Virtualisierung mit ONTAP-SAN-(iSCSI-)Storage-Klasse

Implementieren Sie eine postgresql Container-App mit ONTAP NAS-Storage Class

Cloud Insights-Integration in OpenShift-Virtualisierung

Mit Red hat MTV VMs zu OpenShift-Virtualisierung mit NetApp ONTAP-Speicher migrieren

Failover/Failback von OpenShift-VMs mithilfe erweiterter Datenmanagement-Funktionen von Trident (nur Early Access Programm verfügbar)

Cloud Insights-Integration in OpenShift-Virtualisierung

Ansible-Automatisierung für die Implementierung von Trident und die Erstellung von Storage-Klassen im OpenShift-Cluster

Beispiel-Ansible-Code in GitHub "Das Playbook, mit dem NetApp Trident, StorageClasses und Back-End mithilfe von Ansible installiert werden, ist in GitHub zu finden."

Implementieren Sie eine postgresql Container-App mit ONTAP NAS-Storage Class

Beschleunigte Softwareentwicklung mit Astra Control und NetApp FlexClone Technologie – Red hat OpenShift mit NetApp

Nutzen Sie NetApp Astra Control, um eine Analyse nach der Sterblichen durchzuführen und Ihre Applikation Restores durchzuführen

Datensicherung in CI/CD-Pipeline mit Astra Control Center

Workload-Migration mit Astra Control Center – Red hat OpenShift mit NetApp

Workload-Migration – Red hat OpenShift mit NetApp

Installation von OpenShift Virtualization – Red hat OpenShift mit NetApp

Bereitstellen einer virtuellen Maschine mit OpenShift-Virtualisierung – Red hat OpenShift mit NetApp

NetApp HCI für Red hat OpenShift auf Red hat Virtualization

Implementierung vor Ort

Implementieren Sie eine Virtualisierung mit Red hat OpenShift mit NetApp ONTAP

In diesem Abschnitt wird die Bereitstellung von Red hat OpenShift Virtualization mit NetApp ONTAP beschrieben.

Voraussetzungen

- Ein Red hat OpenShift-Cluster (ab Version 4.6) wird auf Bare-Metal-Infrastrukturen mit RHCOS-Worker-Nodes installiert
- Der OpenShift-Cluster muss über eine vom Installer bereitgestellte Infrastruktur (IPI) installiert werden
- Implementieren Sie Machine Health Checks, um die HA für VMs aufrechtzuerhalten
- Ein NetApp ONTAP Cluster
- Trident auf dem OpenShift-Cluster installiert
- Ein Trident Back-End, das mit einer SVM auf ONTAP Cluster konfiguriert ist
- Eine auf dem OpenShift-Cluster konfigurierte StorageClass mit Trident als bereitstellung
- Cluster-Admin-Zugriff auf Red hat OpenShift-Cluster
- Administratorzugriff auf das NetApp ONTAP-Cluster
- Eine Admin-Workstation mit den Tools tridentctl und oc installiert und zur €Pfad hinzugefügt

Da die OpenShift-Virtualisierung von einem auf dem OpenShift-Cluster installierten Operator gemanagt wird, entsteht zusätzlicher Overhead für Speicher, CPU und Speicher, der bei der Planung der Hardwareanforderungen für den Cluster berücksichtigt werden muss. Siehe Dokumentation "Hier" Entnehmen.

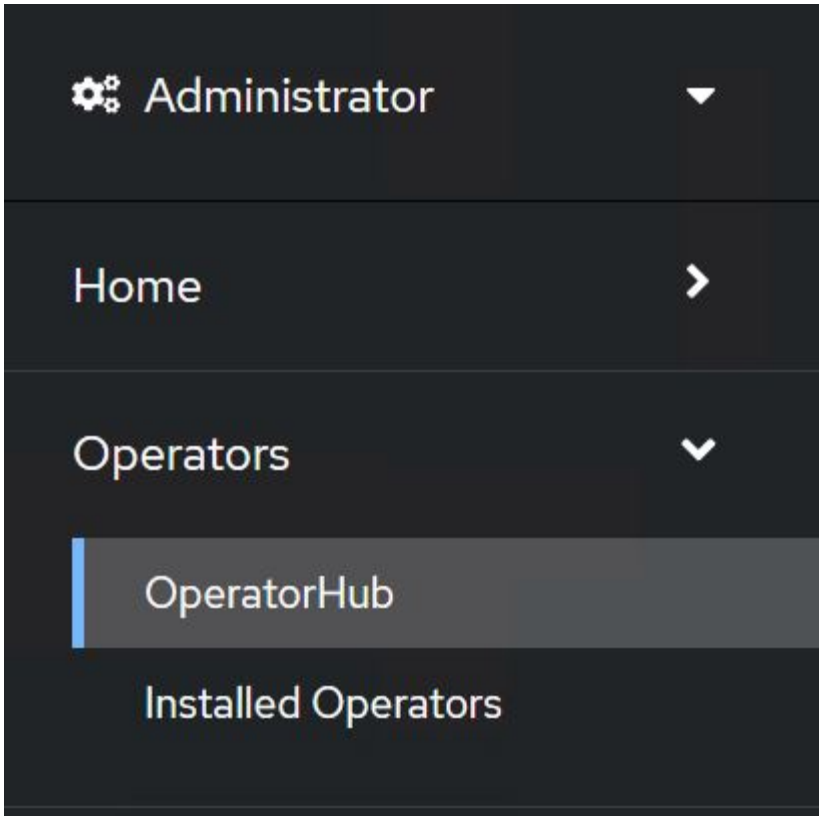
Optional können Sie auch einen Teilbereich der OpenShift-Cluster-Nodes angeben, um die OpenShift-Virtualisierungsbetreiber, -Controller und -VMs zu hosten, indem Sie die Regeln für die Knotenplatzierung konfigurieren. Befolgen Sie die Dokumentation, um die Regeln für die Knotenplatzierung für OpenShift Virtualization zu konfigurieren "Hier".

Für den von OpenShift Virtualization unterstützten Storage empfiehlt NetApp die Verwendung einer dedizierten StorageClass, die Storage von einem bestimmten Trident-Back-End anfordert. Diese wiederum wird durch eine dedizierte SVM unterstützt. Dies sorgt für eine weiterhin hohe Mandantenfähigkeit im Hinblick auf die Daten, die für VM-basierte Workloads im Cluster OpenShift zur Verfügung gestellt werden.

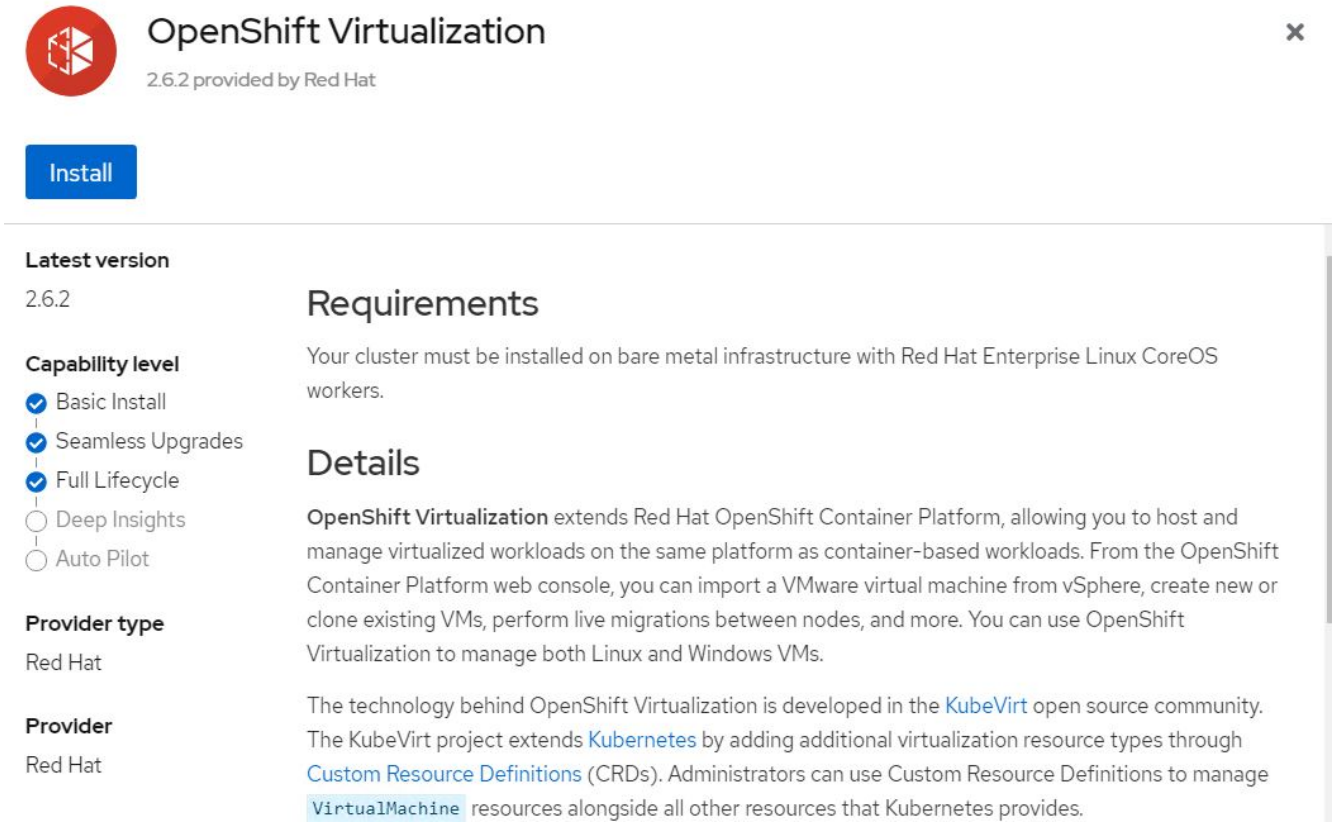
Implementieren Sie eine Virtualisierung mit Red hat OpenShift mit NetApp ONTAP

Um die OpenShift Virtualization zu installieren, gehen Sie wie folgt vor:

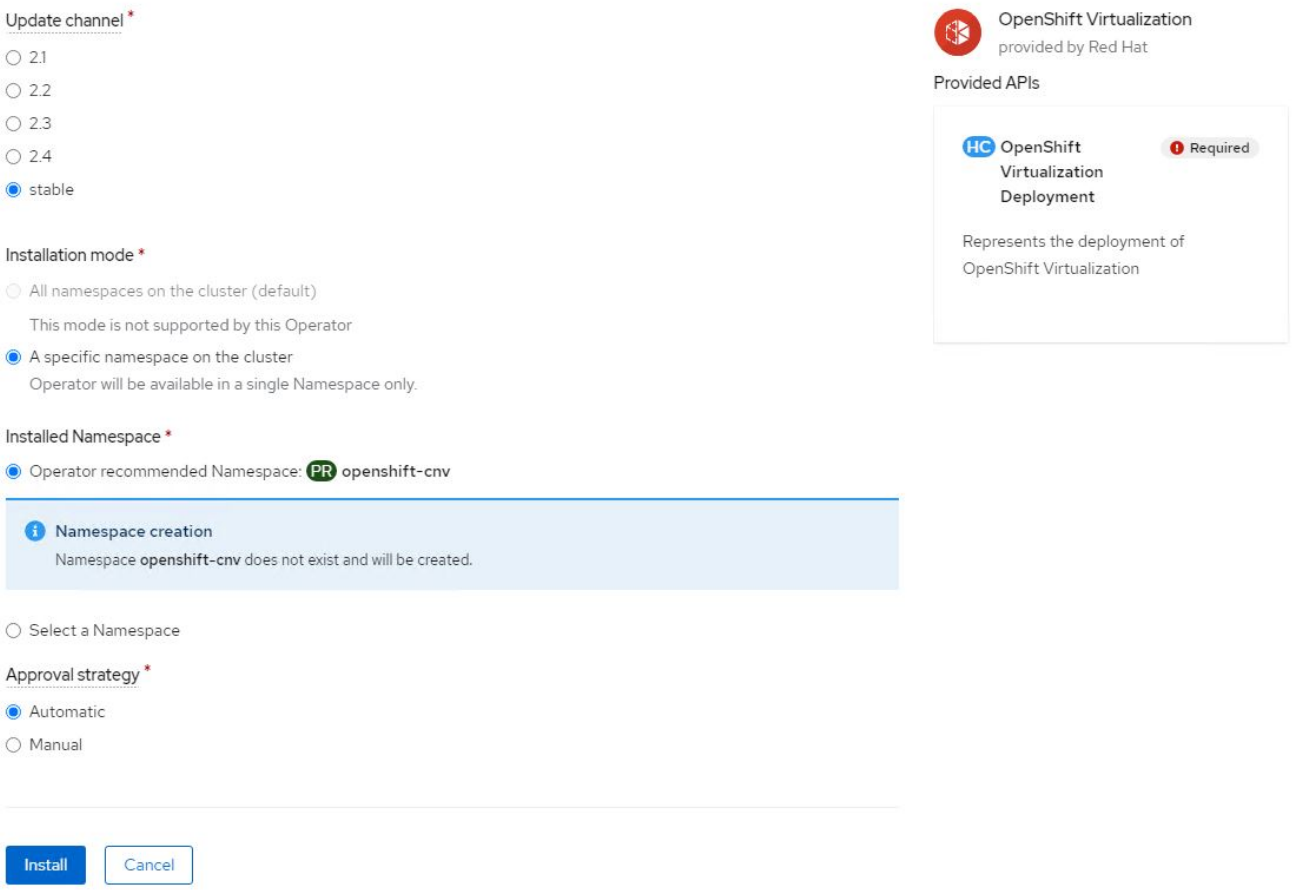
1. Melden Sie sich beim Bare-Metal-Cluster Red hat OpenShift mit Zugriff auf den Cluster-Administrator an.
2. Wählen Sie in der Dropdown-Liste Perspektive den Eintrag Administrator aus.
3. Navigieren Sie zu Operators > OperatorHub, und suchen Sie nach OpenShift Virtualization.



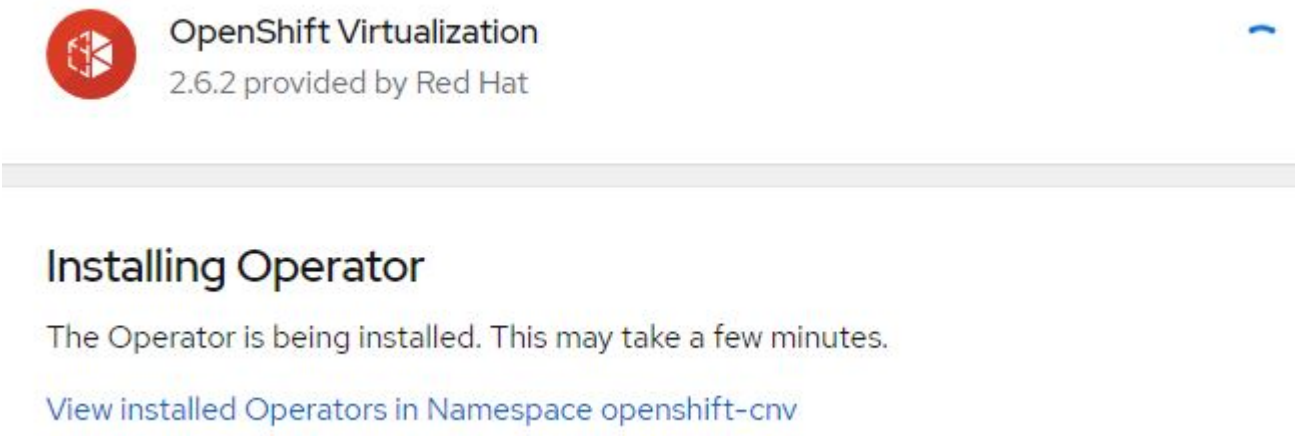
4. Wählen Sie die Kachel OpenShift Virtualization aus, und klicken Sie auf Installieren.



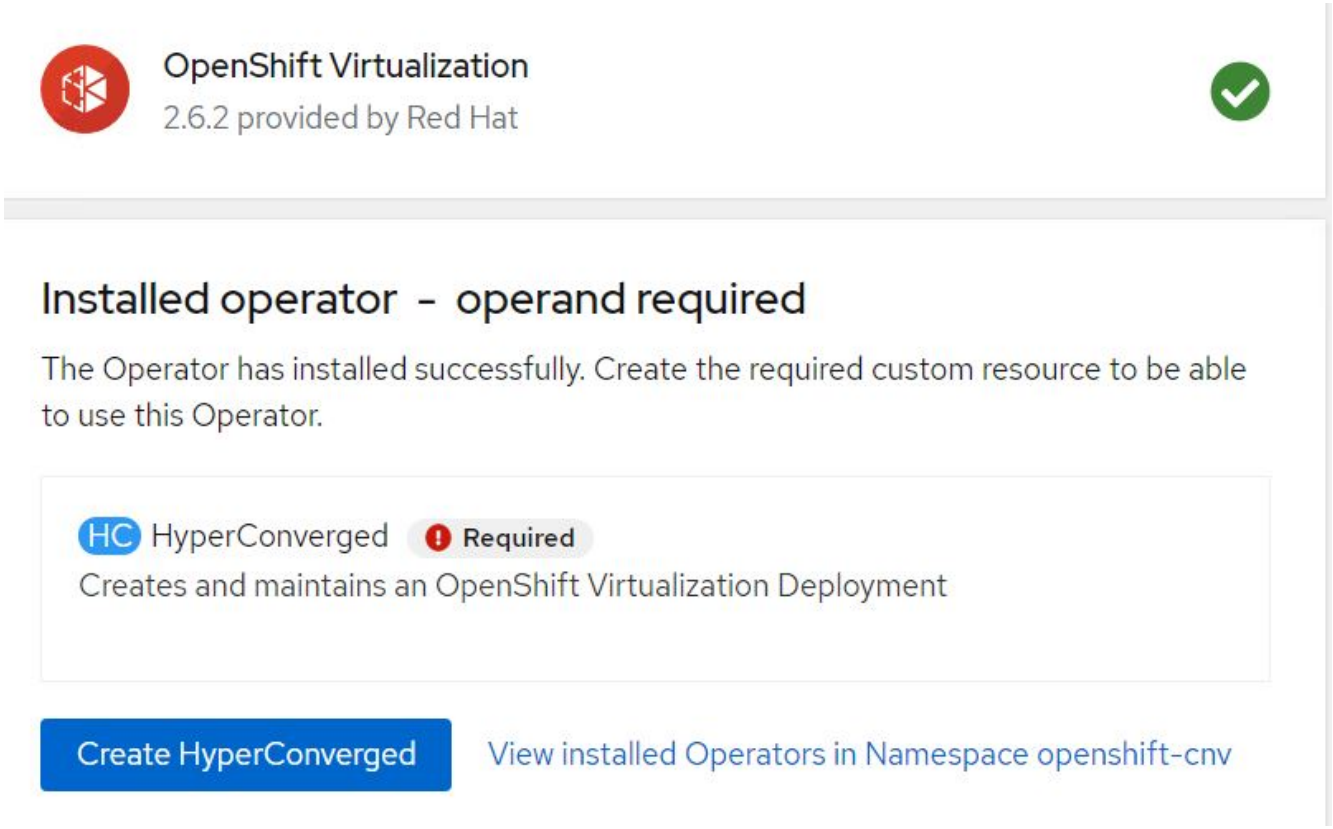
5. Lassen Sie auf dem Bildschirm Install Operator alle Standardparameter stehen, und klicken Sie auf Install.



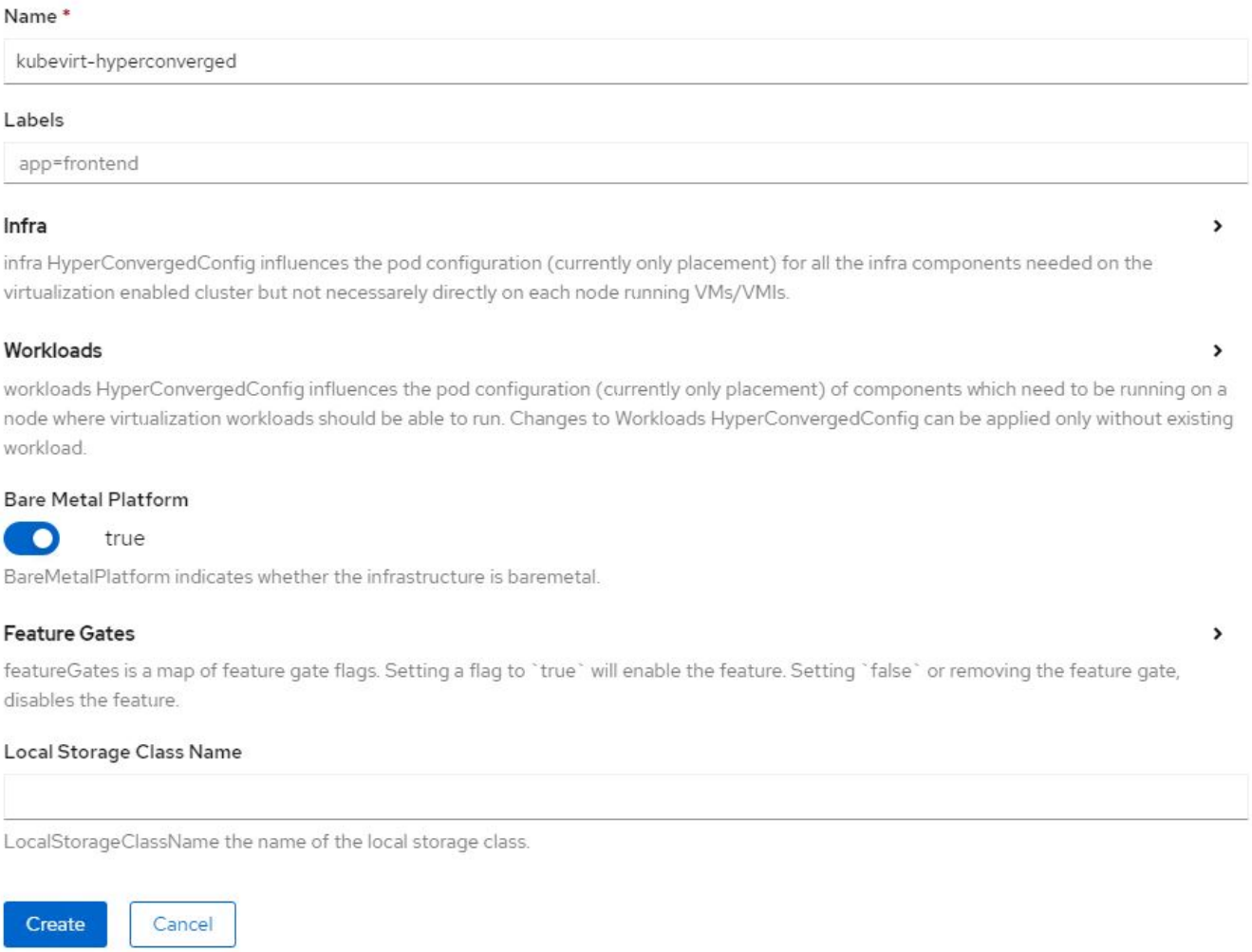
6. Warten Sie, bis die Installation des Bedieners abgeschlossen ist.



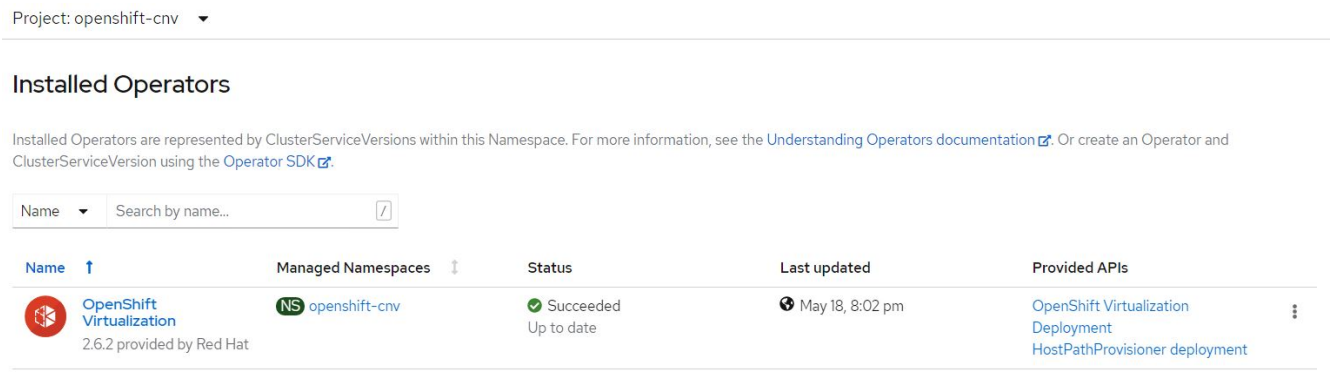
7. Klicken Sie nach der Installation des Operators auf Hyperconverged erstellen.



8. Klicken Sie im Bildschirm Hyperconverged erstellen auf Erstellen, um alle Standardparameter zu akzeptieren. In diesem Schritt wird die Installation von OpenShift Virtualization gestartet.



9. Nachdem alle Pods in den Betriebszustand im Namespace openshift-cnv verschoben wurden und sich der OpenShift Virtualization Operator im Status erfolgreich befindet, ist der Operator betriebsbereit. VMs können jetzt im OpenShift-Cluster erstellt werden.

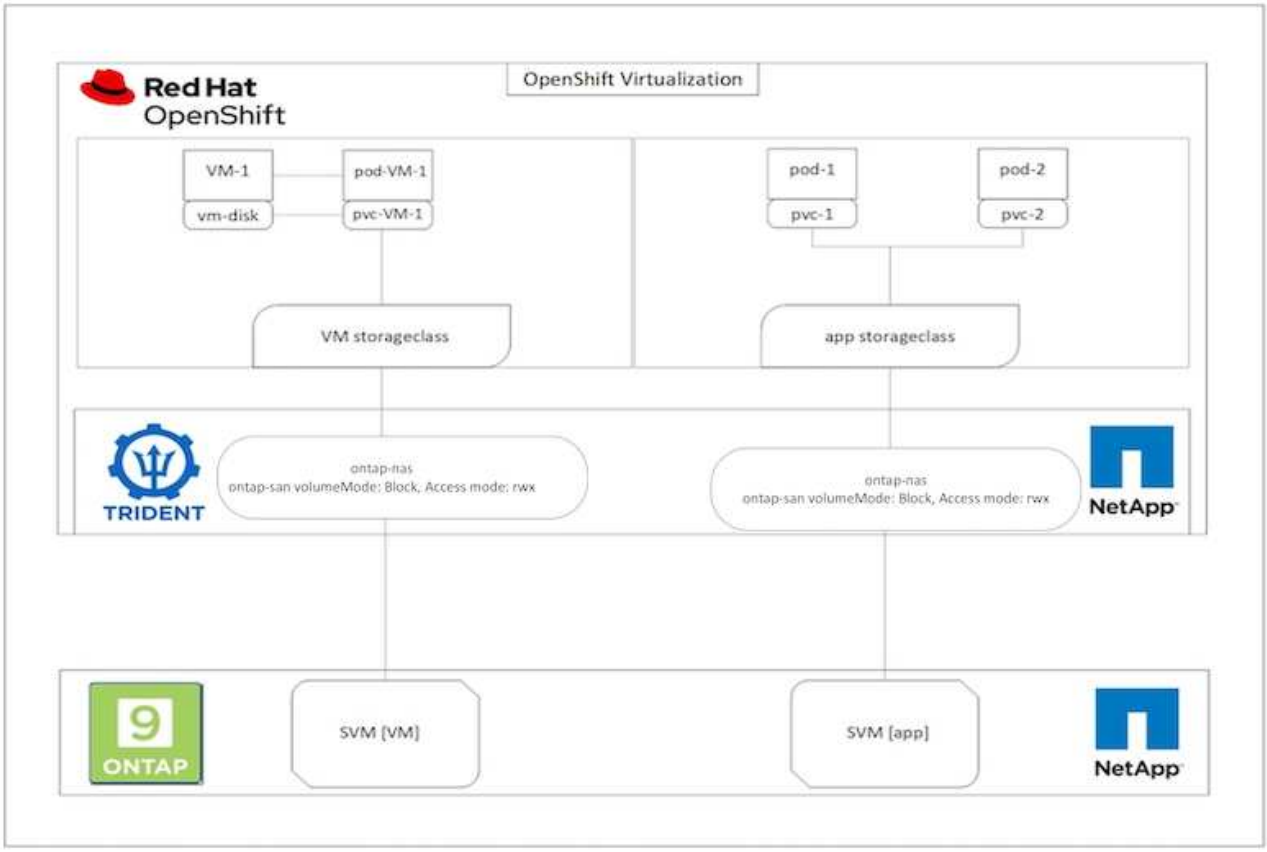


Workflows: Red hat OpenShift Virtualisierung mit NetApp ONTAP

In diesem Abschnitt wird die Erstellung einer virtuellen Maschine mit Red hat OpenShift Virtualization erläutert.

Erstellen Sie eine VM

VMs sind statusorientierte Implementierungen, bei denen Volumes das Betriebssystem und die Daten hosten müssen. Da die VMs als Pods ausgeführt werden, werden die VMs mit PVS unterstützt, die über Trident auf NetApp ONTAP gehostet werden. Diese Volumes sind als Festplatten verbunden und speichern das gesamte Dateisystem einschließlich der Boot-Quelle der VM.



Führen Sie die folgenden Schritte aus, um schnell eine virtuelle Maschine auf dem OpenShift-Cluster zu erstellen:

1. Navigieren Sie zu Virtualisierung > Virtuelle Maschinen, und klicken Sie auf Erstellen.
2. Aus Vorlage auswählen.
3. Wählen Sie das gewünschte Betriebssystem aus, für das die Startquelle verfügbar ist.
4. Aktivieren Sie das Kontrollkästchen VirtualMachine nach der Erstellung starten.
5. Klicken Sie auf Quick Create VirtualMachine.

Die virtuelle Maschine wird erstellt und gestartet und kommt in den Status **running**. Es erstellt automatisch eine PVC und ein entsprechendes PV für die Boot-Disk unter Verwendung der Standard-Storage-Klasse. Um die VM in Zukunft live migrieren zu können, müssen Sie sicherstellen, dass die für die Festplatten verwendete Speicherklasse RWX-Volumes unterstützen kann. Dies ist eine Voraussetzung für die Live-Migration. ontap-nas und ontap-san (Volume-Mode Block für iSCSI- und NVMe/TCP-Protokolle) unterstützen RWX Zugriffsmodi für die Volumes, die mithilfe der entsprechenden Storage-Klassen erstellt wurden.

Informationen zum Konfigurieren der ONTAP-san-Storage-Klasse auf dem Cluster finden Sie unter "Abschnitt zur Migration einer VM von VMware auf OpenShift Virtualization".

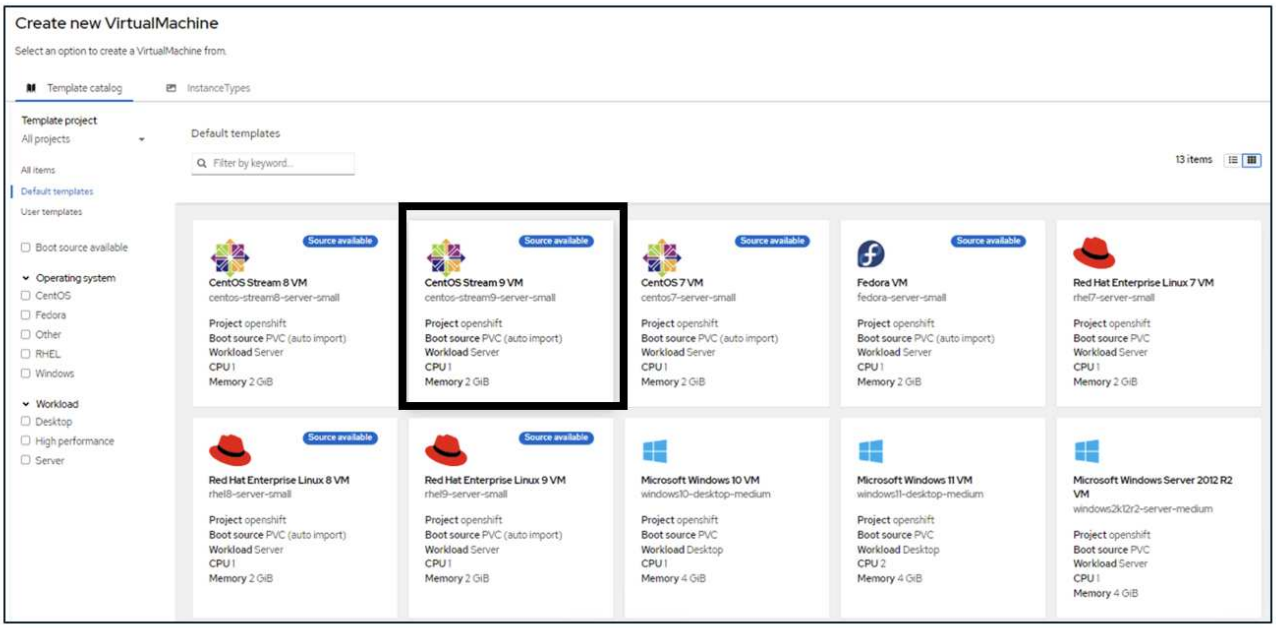
Sie können ONTAP NAS oder iSCSI als Standardspeicherklasse für das Cluster einrichten. Wenn Sie auf Quick Create VirtualMachine klicken, wird die Standard-Speicherklasse verwendet, um die PVC und das PV für die bootfähige Root-Festplatte für die VM zu erstellen. Wenn Ihre Standard-Storage-Klasse nicht ontap-nas oder ontap-san ist, können Sie die Storage-Klasse für die Festplatte auswählen, indem Sie VirtualMachine anpassen > VirtualMachine Parameter anpassen > Disks auswählen und dann die Festplatte bearbeiten, um die erforderliche Storage-Klasse zu verwenden.

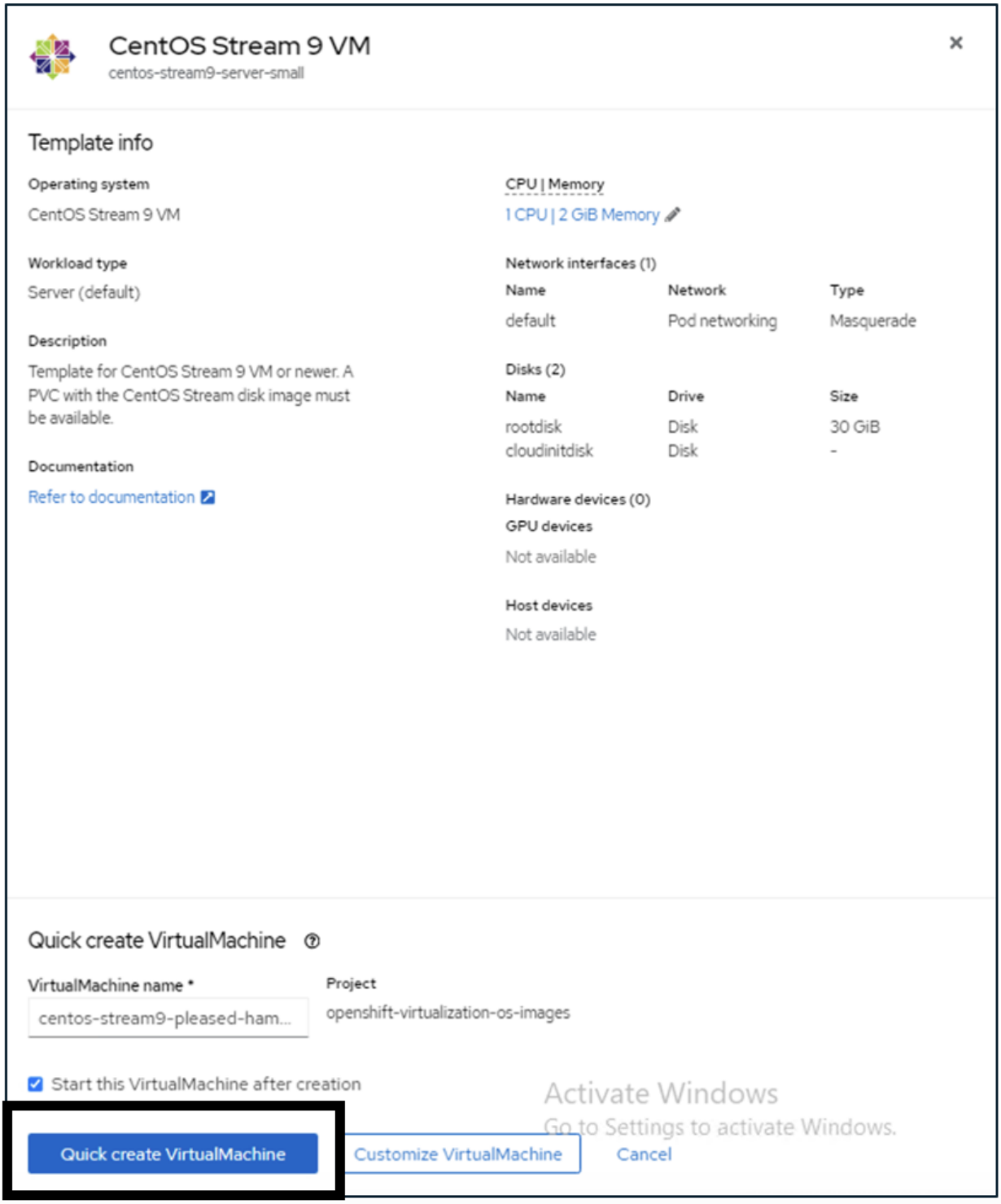
Normalerweise ist der Block-Zugriffsmodus im Vergleich zu Dateisystemen bei der Bereitstellung der VM-Festplatten vorzuziehen.

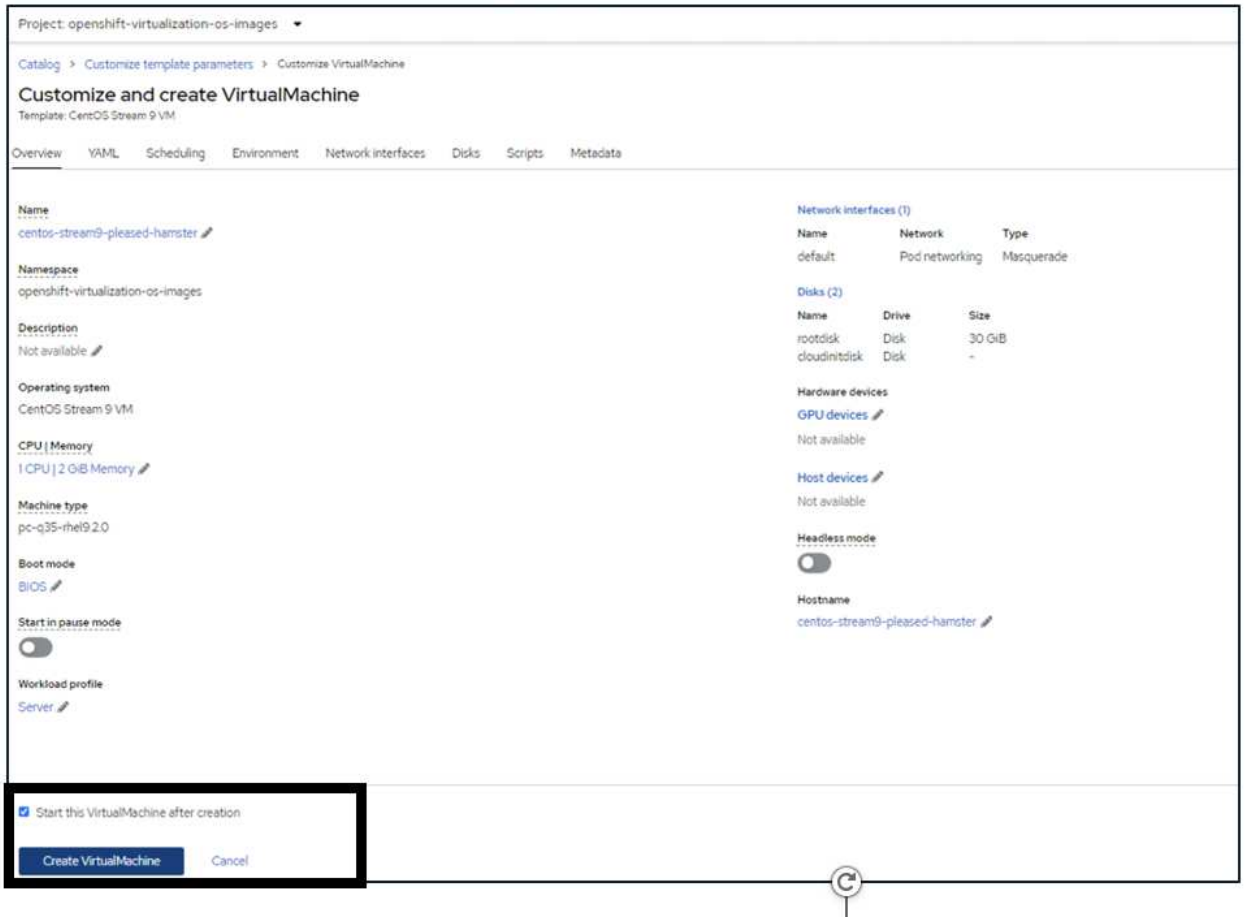
Um die Erstellung der virtuellen Maschine anzupassen, nachdem Sie die Betriebssystemvorlage ausgewählt haben, klicken Sie auf VirtualMachine anpassen anstatt auf schnelles Erstellen.

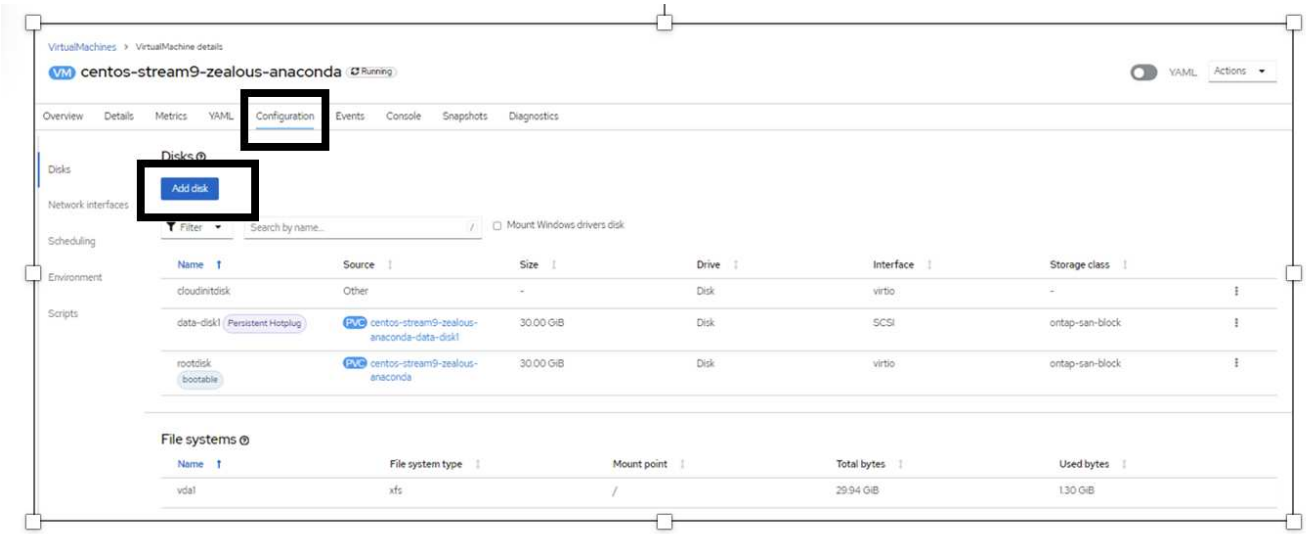
1. Wenn das ausgewählte Betriebssystem eine Bootquelle konfiguriert hat, können Sie auf **VirtualMachine Parameter anpassen** klicken.
2. Wenn für das ausgewählte Betriebssystem keine Startquelle konfiguriert ist, müssen Sie es konfigurieren. Details zu den Verfahren finden Sie im "Dokumentation".
3. Nach der Konfiguration der Startdiskette können Sie auf **VirtualMachine Parameter anpassen** klicken.
4. Sie können die VM über die Registerkarten auf dieser Seite individuell anpassen. Für z. B. Klicken Sie auf die Registerkarte **Disks** und dann auf **Add Disk**, um der VM einen weiteren Datenträger hinzuzufügen.
5. Klicken Sie auf Virtual Machine erstellen, um die virtuelle Maschine zu erstellen. Dadurch wird ein entsprechender Pod im Hintergrund bereitgestellt.

Wenn eine Startquelle für eine Vorlage oder ein Betriebssystem aus einer URL oder aus einer Registrierung konfiguriert ist, wird in der ein PVC erstellt `openshift-virtualization-os-images` Projizieren und Herunterladen des KVM-Gastabbilds auf das PVC. Sie müssen sicherstellen, dass Vorlagen-PVCs über genügend bereitgestellten Speicherplatz verfügen, um das KVM-Gast-Image für das entsprechende Betriebssystem unterzubringen. Diese PVCs werden dann geklont und als Rootdisk an virtuelle Maschinen angehängt, wenn sie mithilfe der entsprechenden Vorlagen in einem Projekt erstellt werden.


Create new VirtualMachine
Select an option to create a VirtualMachine from.
Template catalog
InstanceTypes
Template project
All projects
All items
Default templates
User templates
Boot source available
Operating system
CentOS
Fedora
Other
RHEL
Windows
Workload
Desktop
High performance
Server
Default templates
Filter by keyword...
13 items
Source available
CentOS Stream 8 VM
centos-stream8-server-small
Project openshift
Boot source PVC (auto import)
Workload Server
CPU 1
Memory 2 GiB
Source available
CentOS Stream 9 VM
centos-stream9-server-small
Project openshift
Boot source PVC (auto import)
Workload Server
CPU 1
Memory 2 GiB
Source available
CentOS 7 VM
centos7-server-small
Project openshift
Boot source PVC (auto import)
Workload Server
CPU 1
Memory 2 GiB
Source available
Fedora VM
fedora-server-small
Project openshift
Boot source PVC (auto import)
Workload Server
CPU 1
Memory 2 GiB
Red Hat Enterprise Linux 7 VM
rhel7-server-small
Project openshift
Boot source PVC
Workload Server
CPU 1
Memory 2 GiB
Source available
Red Hat Enterprise Linux 8 VM
rhel8-server-small
Project openshift
Boot source PVC (auto import)
Workload Server
CPU 1
Memory 2 GiB
Source available
Red Hat Enterprise Linux 9 VM
rhel9-server-small
Project openshift
Boot source PVC (auto import)
Workload Server
CPU 1
Memory 2 GiB
Microsoft Windows 10 VM
windows10-desktop-medium
Project openshift
Boot source PVC
Workload Desktop
CPU 1
Memory 4 GiB
Microsoft Windows 11 VM
windows11-desktop-medium
Project openshift
Boot source PVC
Workload Desktop
CPU 2
Memory 4 GiB
Microsoft Windows Server 2012 R2 VM
windows2k12r2-server-medium
Project openshift
Boot source PVC
Workload Server
CPU 1
Memory 4 GiB


CentOS Stream 9 VM
centos-stream9-server-small
Template info
Operating system
CentOS Stream 9 VM
Workload type
Server (default)
Description
Template for CentOS Stream 9 VM or newer. A PVC with the CentOS Stream disk image must be available.
Documentation
Refer to documentation
CPU | Memory
1 CPU | 2 GiB Memory
Network interfaces (1)
Name Network Type
default Pod networking Masquerade
Disks (2)
Name Drive Size
rootdisk Disk 30 GiB
cloudinitdisk Disk -
Hardware devices (0)
GPU devices
Not available
Host devices
Not available
Quick create VirtualMachine
VirtualMachine name *
centos-stream9-pleased-ham...
Project
openshift-virtualization-os-images
Start this VirtualMachine after creation
Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.
Quick create VirtualMachine
Customize VirtualMachine
Cancel





Workflows: Red hat OpenShift Virtualisierung mit NetApp ONTAP

In diesem Abschnitt wird die Migration einer virtuellen Maschine zwischen VMware und einem OpenShift-Cluster mithilfe des Red hat OpenShift Virtualization Migrations-Toolkits beschrieben.

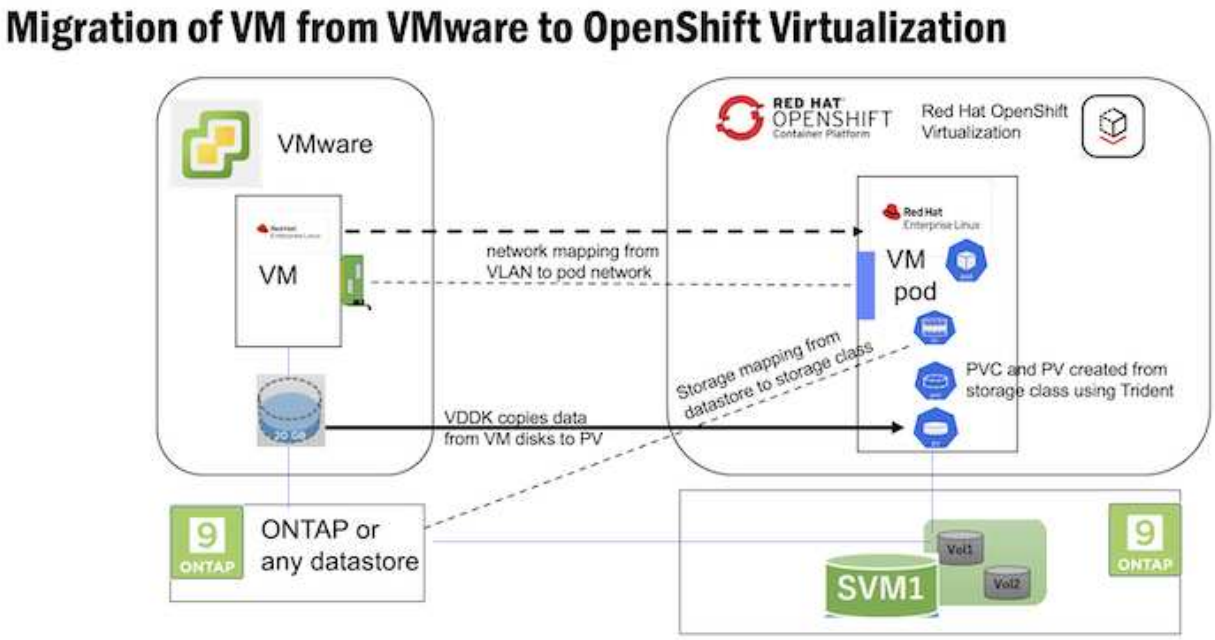
Migration der VM von VMware zu OpenShift-Virtualisierung mithilfe des Migration Toolkit für Virtualisierung

In diesem Abschnitt erfahren Sie, wie Sie mithilfe des Migrations-Toolkits für die Virtualisierung (MTV) virtuelle Maschinen von VMware auf OpenShift-Virtualisierung migrieren, die auf der OpenShift-Container-Plattform ausgeführt und mithilfe von Trident in NetApp ONTAP-Storage integriert wird.

Das folgende Video zeigt eine Demonstration der Migration einer RHEL VM von VMware zur OpenShift-Virtualisierung mit ontap-san Storage Class für persistenten Storage.

Mit Red hat MTV VMs zu OpenShift-Virtualisierung mit NetApp ONTAP-Speicher migrieren

Das folgende Diagramm zeigt eine allgemeine Ansicht der Migration einer VM von VMware zu Red hat OpenShift Virtualization.



Voraussetzungen für die Beispielmigration

Auf VMware

- Eine RHEL 9-VM mit RHEL 9.3 mit den folgenden Konfigurationen wurde installiert:
  - CPU: 2, Arbeitsspeicher: 20 GB, Festplatte: 20 GB
  - Benutzeranmeldeinformationen: Root-Benutzer und Anmeldedaten des Admin-Benutzers
- Nachdem die VM bereit war, wurde der postgresql-Server installiert.
  - postgresql-Server wurde gestartet und aktiviert, um beim Booten zu starten

```
systemctl start postgresql.service`
systemctl enable postgresql.service
The above command ensures that the server can start in the VM in
OpenShift Virtualization after migration
```

- Es wurden 2 Datenbanken, 1 Tabelle und 1 Zeile in der Tabelle hinzugefügt. Siehe "Hier" Anweisungen zum Installieren von postgresql-Servern auf RHEL und zum Erstellen von Datenbank- und Tabelleneinträgen.

Stellen Sie sicher, dass Sie den postgresql-Server starten und den Dienst beim Booten starten.

Auf OpenShift Cluster

Die folgenden Installationen wurden vor der Installation von MTV abgeschlossen:

- OpenShift Cluster 4.13.34
- "Trident 23.10"
- Multipath auf den Cluster-Knoten mit aktivierter iSCSI-Funktion (für ontap-san Storage-Klasse). Informationen zum Erstellen eines Daemon-Satzes, der iSCSI auf jedem Knoten im Cluster aktiviert, finden Sie im bereitgestellten yaml.
- Trident Back-End- und Storage-Klasse für ONTAP SAN mit iSCSI Siehe die bereitgestellten yaml-Dateien für das dreigesichtige Backend und die Speicherklasse.
- "OpenShift Virtualisierung"

Um iscsi und Multipath auf den OpenShift-Cluster-Knoten zu installieren, verwenden Sie die unten angegebene yaml-Datei
Cluster-Knoten für iSCSI vorbereiten

```
apiVersion: apps/v1
kind: DaemonSet
metadata:
  namespace: trident
  name: trident-iscsi-init
  labels:
    name: trident-iscsi-init
spec:
  selector:
    matchLabels:
      name: trident-iscsi-init
  template:
    metadata:
      labels:
        name: trident-iscsi-init
    spec:
      hostNetwork: true
      serviceAccount: trident-node-linux
      initContainers:
      - name: init-node
        command:
          - nsenter
          - --mount=/proc/1/ns/mnt
          - --
```

```
          - sh
          - -c
        args: ["$(STARTUP_SCRIPT)"]
        image: alpine:3.7
        env:
        - name: STARTUP_SCRIPT
          value: |
            #! /bin/bash
            sudo yum install -y lsscsi iscsi-initiator-utils sg3_utils
device-mapper-multipath
            rpm -q iscsi-initiator-utils
            sudo sed -i 's/^\(node.session.scan\).*/\1 = manual/'
/etc/iscsi/iscsid.conf
            cat /etc/iscsi/initiatorname.iscsi
            sudo mpathconf --enable --with_multipathd y --find_multipaths
n
            sudo systemctl enable --now iscsid multipathd
            sudo systemctl enable --now iscsi
        securityContext:
          privileged: true
      hostPID: true
      containers:
      - name: wait
        image: k8s.gcr.io/pause:3.1
      hostPID: true
      hostNetwork: true
      tolerations:
      - effect: NoSchedule
        key: node-role.kubernetes.io/master
  updateStrategy:
    type: RollingUpdate
```

Verwenden Sie die folgende yaml-Datei, um die dreigesichte Backend-Konfiguration für die Verwendung von ONTAP-san-Speicher zu erstellen
Trident Backend für iSCSI

```
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: backend-tbc-ontap-san-secret
type: Opaque
stringData:
  username: <username>
  password: <password>
---
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentBackendConfig
metadata:
  name: ontap-san
spec:
  version: 1
  storageDriverName: ontap-san
  managementLIF: <management LIF>
  backendName: ontap-san
  svm: <SVM name>
  credentials:
    name: backend-tbc-ontap-san-secret
```

Verwenden Sie die folgende yaml-Datei, um eine dreilagige Konfiguration für die Verwendung von ONTAP-san-Speicher zu erstellen
Trident Storage-Klasse für iSCSI

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: ontap-san
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: "ontap-san"
  media: "ssd"
  provisioningType: "thin"
  snapshots: "true"
allowVolumeExpansion: true
```

Installieren Sie MTV

Jetzt können Sie das Migration Toolkit for Virtualization (MTV) installieren. Beachten Sie die mitgelieferten Anweisungen "Hier" Für Hilfe bei der Installation.

Die Benutzeroberfläche des Migration Toolkit for Virtualization (MTV) ist in die OpenShift-Webkonsole integriert.
Sie können sich darauf beziehen "Hier" So verwenden Sie die Benutzeroberfläche für verschiedene Aufgaben.

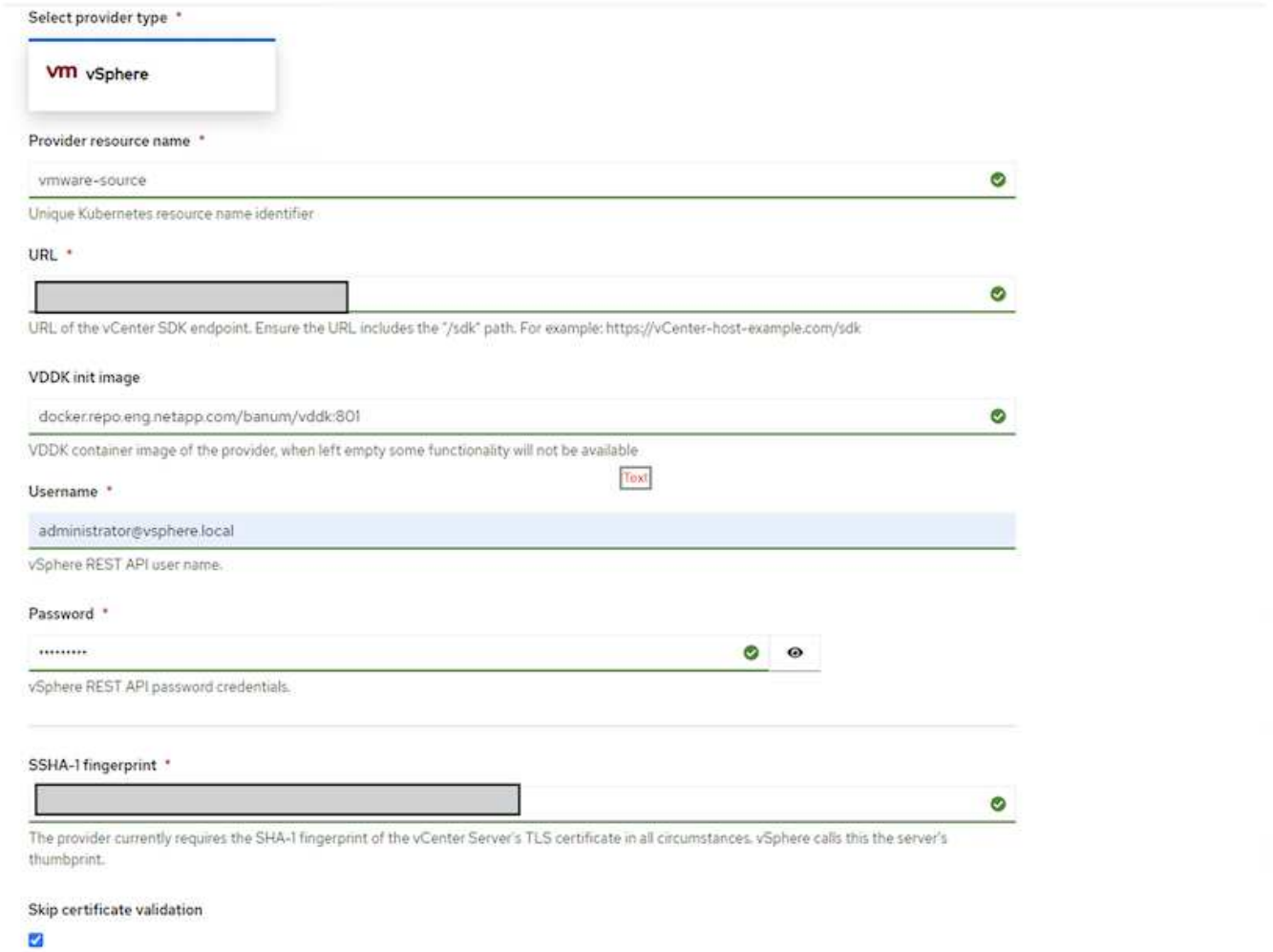
Quellanbieter Erstellen

Um die RHEL VM von VMware auf OpenShift Virtualization zu migrieren, müssen Sie zunächst den Quellanbieter für VMware erstellen. Beachten Sie die Anweisungen "Hier" Um den Quellanbieter zu erstellen.

Um Ihren VMware-Quellanbieter zu erstellen, benötigen Sie Folgendes:

- VCenter-url
- VCenter-Anmeldedaten
- Fingerabdruck des vCenter-Servers
- VDDK-Bild in einem Repository

Beispiel für die Erstellung eines Quellanbieters:



Das Migration Toolkit for Virtualization (MTV) verwendet das VMware Virtual Disk Development Kit (VDDK) SDK zur Beschleunigung der Übertragung virtueller Laufwerke von VMware vSphere. Daher wird dringend empfohlen, ein VDDK-Bild zu erstellen, obwohl dies optional ist. Um diese Funktion zu nutzen, laden Sie das VMware Virtual Disk Development Kit (VDDK) herunter, erstellen ein VDDK-Image und schieben das VDDK-Image in Ihre Bildregistrierung.

Befolgen Sie die Anweisungen "Hier" So erstellen und verschieben Sie das VDDK-Image in eine Registrierung, auf die über den OpenShift-Cluster zugegriffen werden kann.

Zielanbieter erstellen

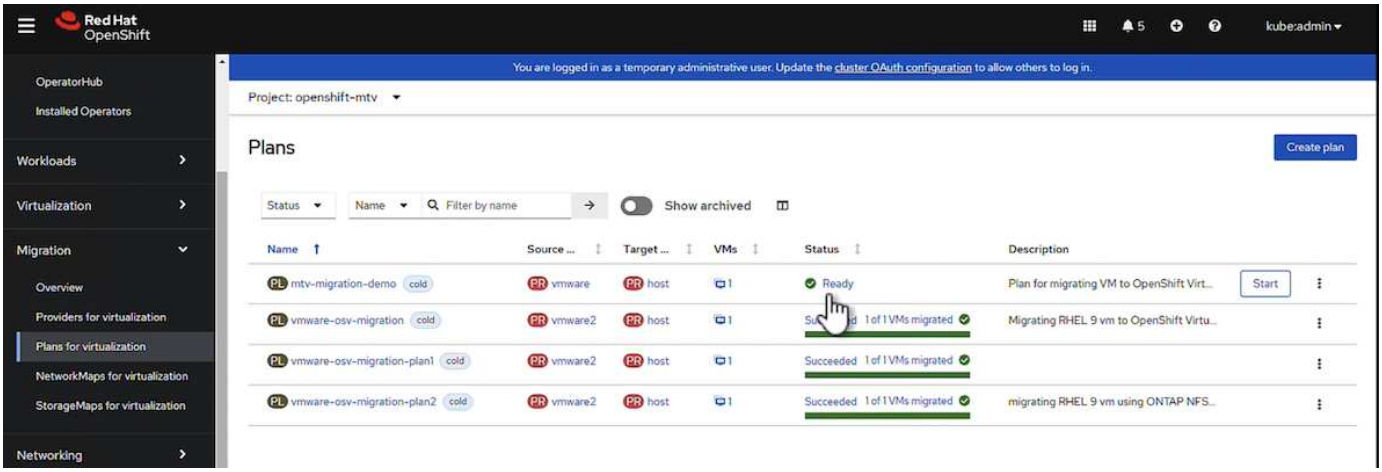
Der Host-Cluster wird automatisch hinzugefügt, da der OpenShift-Virtualisierungsanbieter der Quellanbieter ist.

Migrationsplan Erstellen

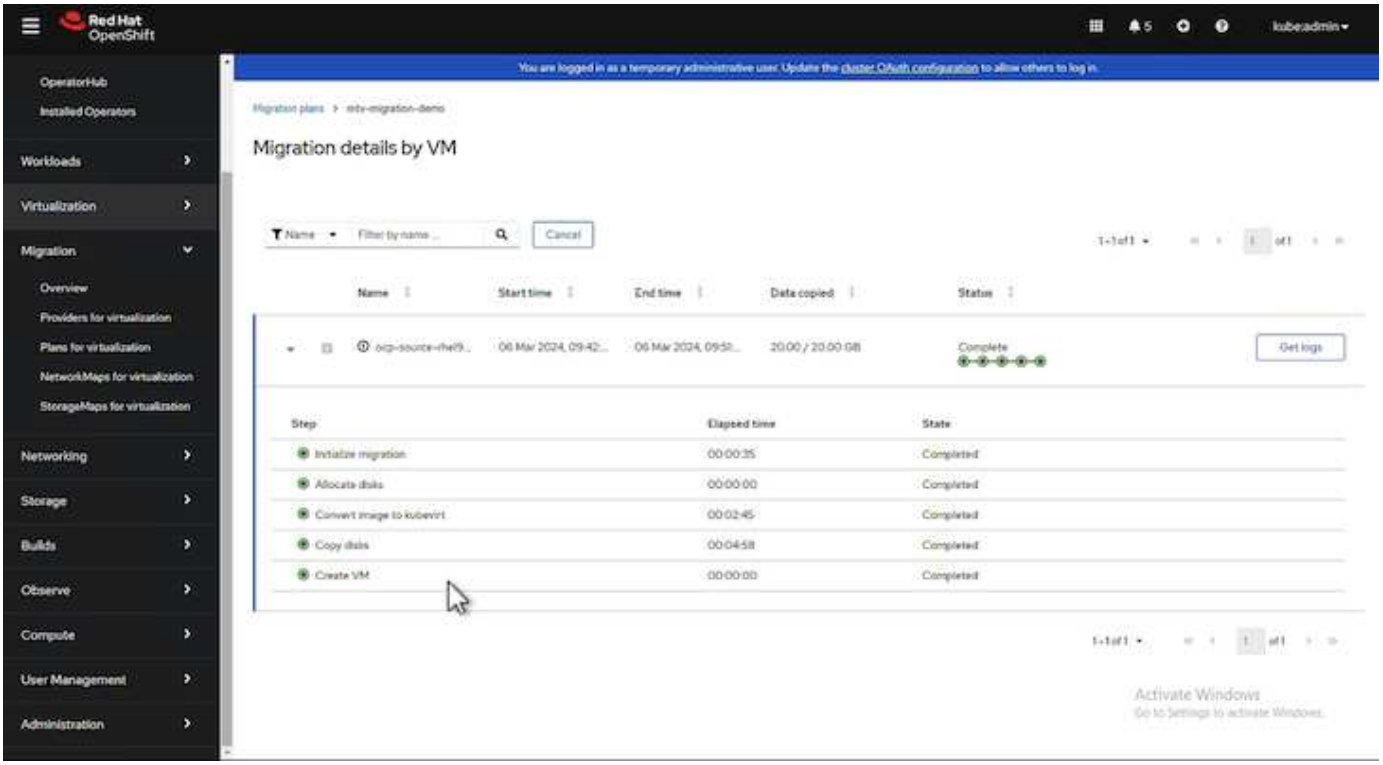
Befolgen Sie die Anweisungen "Hier" Um einen Migrationsplan zu erstellen.

Wenn Sie einen Plan erstellen, müssen Sie Folgendes erstellen, falls noch nicht erstellt:

- Eine Netzwerkzuordnung, um das Quellnetzwerk dem Zielnetzwerk zuzuordnen.
- Eine Speicherzuordnung, um den Quell-Datastore der Ziel-Storage-Klasse zuzuordnen. Hierfür können Sie sich für eine ontap-san-Storage-Klasse entscheiden.
  Sobald der Migrationsplan erstellt ist, sollte der Status des Plans **Ready** anzeigen und Sie sollten nun **Start** des Plans haben.



Durch Klicken auf **Start** wird eine Reihe von Schritten durchlaufen, um die Migration der VM abzuschließen.



Wenn alle Schritte abgeschlossen sind, können Sie die migrierten VMs sehen, indem Sie im Navigationsmenü auf der linken Seite unter **Virtualisierung** auf **virtuelle Maschinen** klicken.
Anweisungen für den Zugriff auf die virtuellen Maschinen werden bereitgestellt "Hier".

Sie können sich bei der virtuellen Maschine anmelden und den Inhalt der posgresql-Datenbanken überprüfen. Die Datenbanken, Tabellen und die Einträge in der Tabelle sollten identisch sein mit denen, die auf der Quell-VM erstellt wurden.

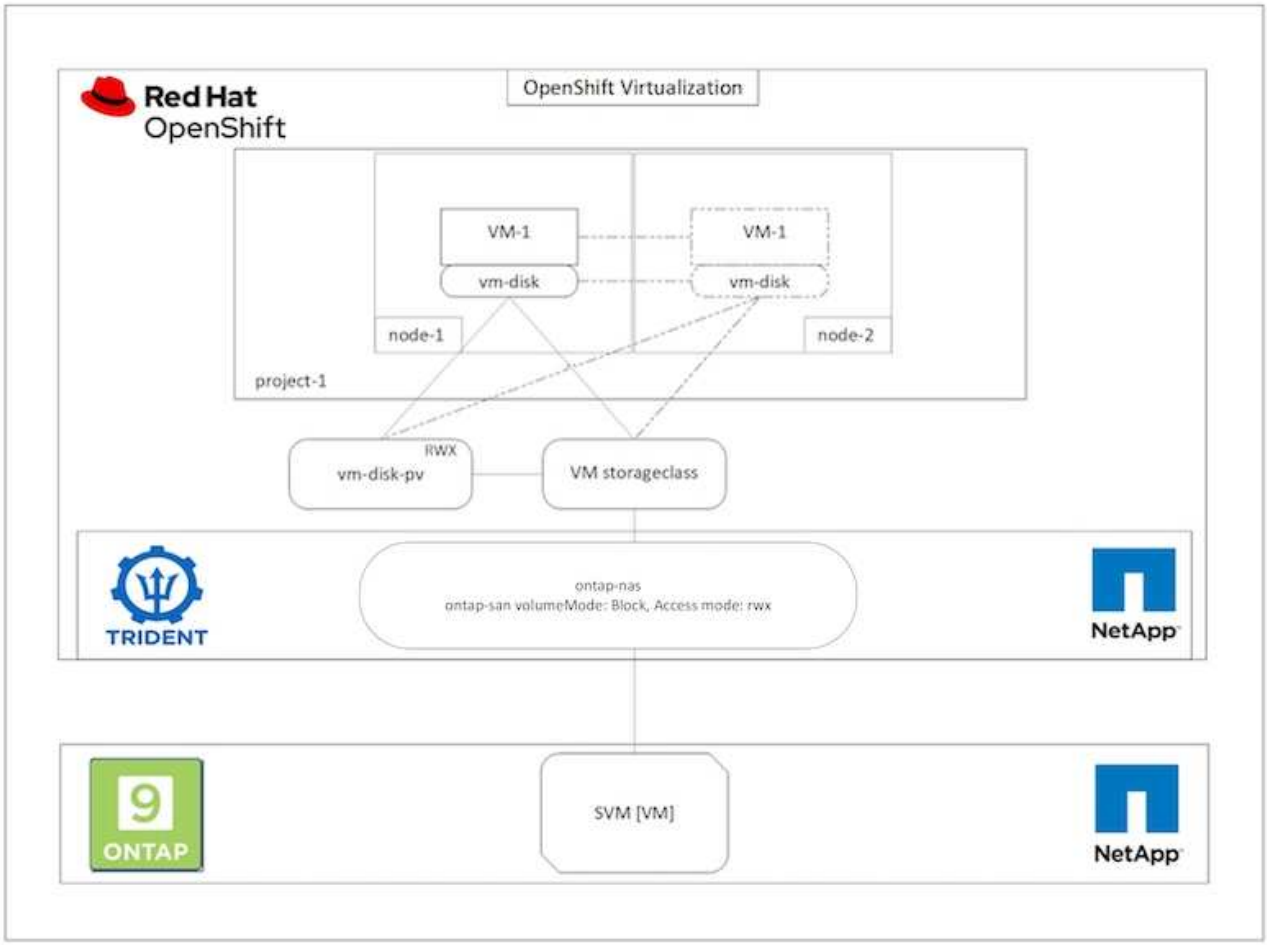
Workflows: Red hat OpenShift Virtualisierung mit NetApp ONTAP

Dieser Abschnitt zeigt, wie eine virtuelle Maschine in OpenShift Virtualization zwischen Knoten im Cluster migriert wird.

VM-Live-Migration

Live Migration ist ein Prozess, bei dem eine VM-Instanz in einem OpenShift-Cluster ohne Ausfallzeit von einem Node zu einem anderen migriert wird. Damit die Live-Migration in einem OpenShift-Cluster funktioniert, müssen VMs mit Shared ReadWriteManche-Zugriffsmodus an PVCs gebunden sein. Trident-Back-Ends, die mit ONTAP-nas-Treibern konfiguriert sind, unterstützen den RWX-Zugriffsmodus für die Dateisystemprotokolle nfs und smb. Siehe Dokumentation "Hier". Trident-Back-Ends, die mit ONTAP-san-Treibern konfiguriert sind, unterstützen den RWX Zugriffsmodus für Block-Volume-Modus für iSCSI- und NVMe/TCP-Protokolle. Siehe Dokumentation "Hier".

Damit die Live-Migration erfolgreich sein kann, müssen die VMs mithilfe von ontap-nas oder Storage-Klassen von ontap-san (VolumeMode: Block) mit PVCs mit Festplatten (Boot-Disks und zusätzliche Hot-Plug-Disks) bereitgestellt werden. Bei der Erstellung der PVCs erstellt Trident ONTAP Volumes in einer SVM, die NFS-aktiviert oder iSCSI aktiviert ist.

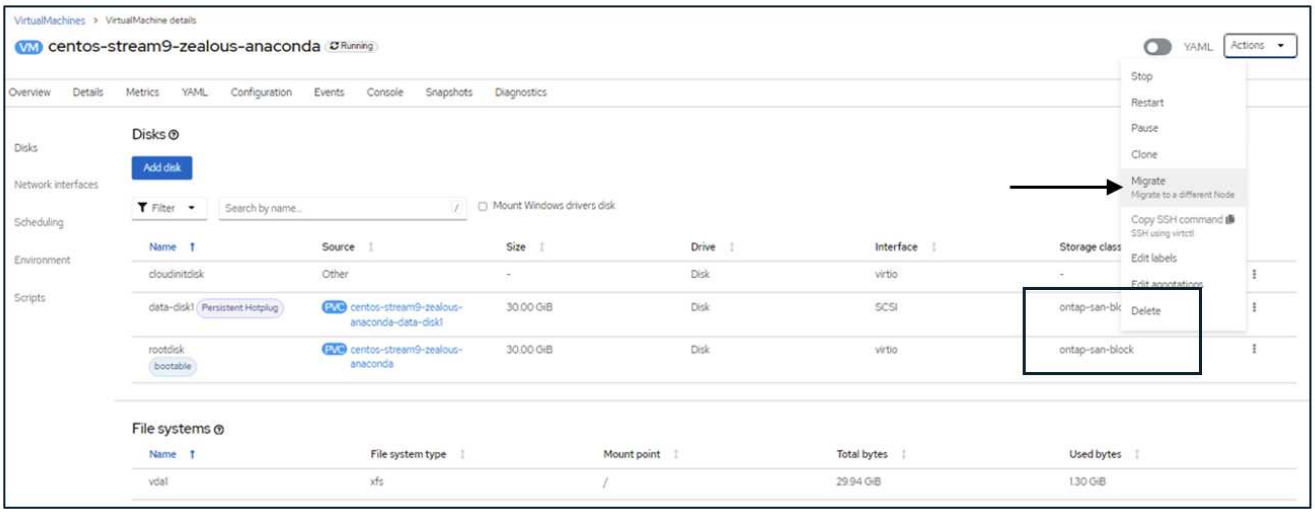


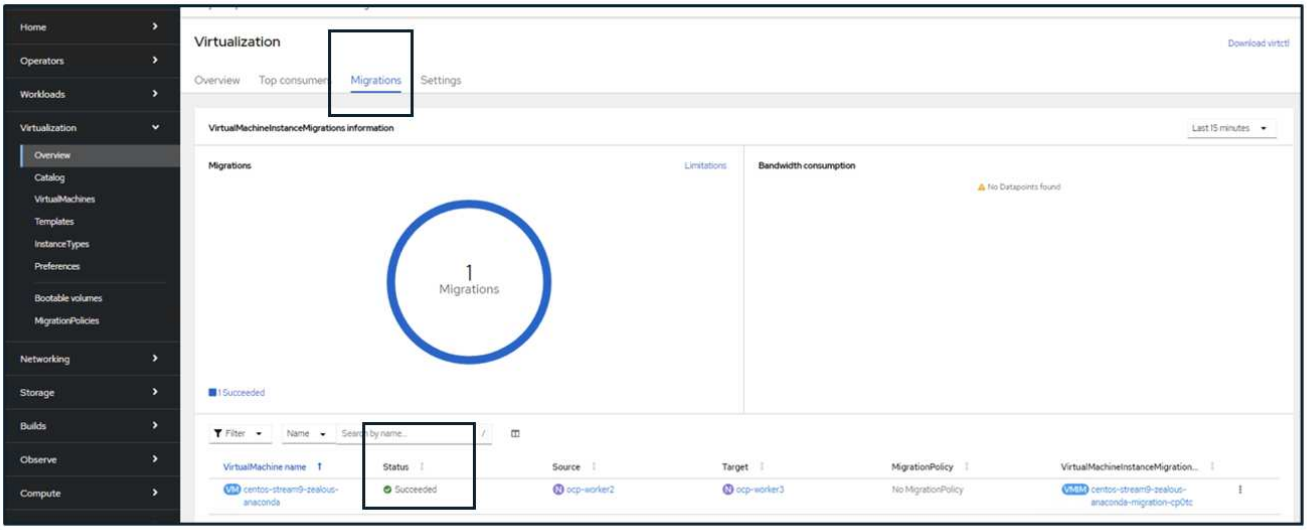
So führen Sie eine Live-Migration einer zuvor erstellten VM durch, die sich in einem laufenden Zustand befindet:

1. Wählen Sie die VM aus, die Sie live migrieren möchten.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte **Konfiguration**.
3. Stellen Sie sicher, dass alle Festplatten der VM mithilfe von Speicherklassen erstellt werden, die den RWX-Zugriffsmodus unterstützen.
4. Klicken Sie auf **actions** in der rechten Ecke und wählen Sie dann **Migrate**.
5. Um sich den Verlauf der Migration anzusehen, gehen Sie auf der linken Seite zu Virtualisierung > Übersicht und klicken Sie dann auf die Registerkarte **Migrationen**.

Die Migration der VM wird von **Pending** zu **Scheduling** zu **sukceed** übergehen

Eine VM-Instanz in einem OpenShift-Cluster wird automatisch auf einen anderen Node migriert, wenn der ursprüngliche Node in den Wartungsmodus versetzt wird, wenn die „vertreiben“-Strategie auf „LiveMigrate“ gesetzt ist.



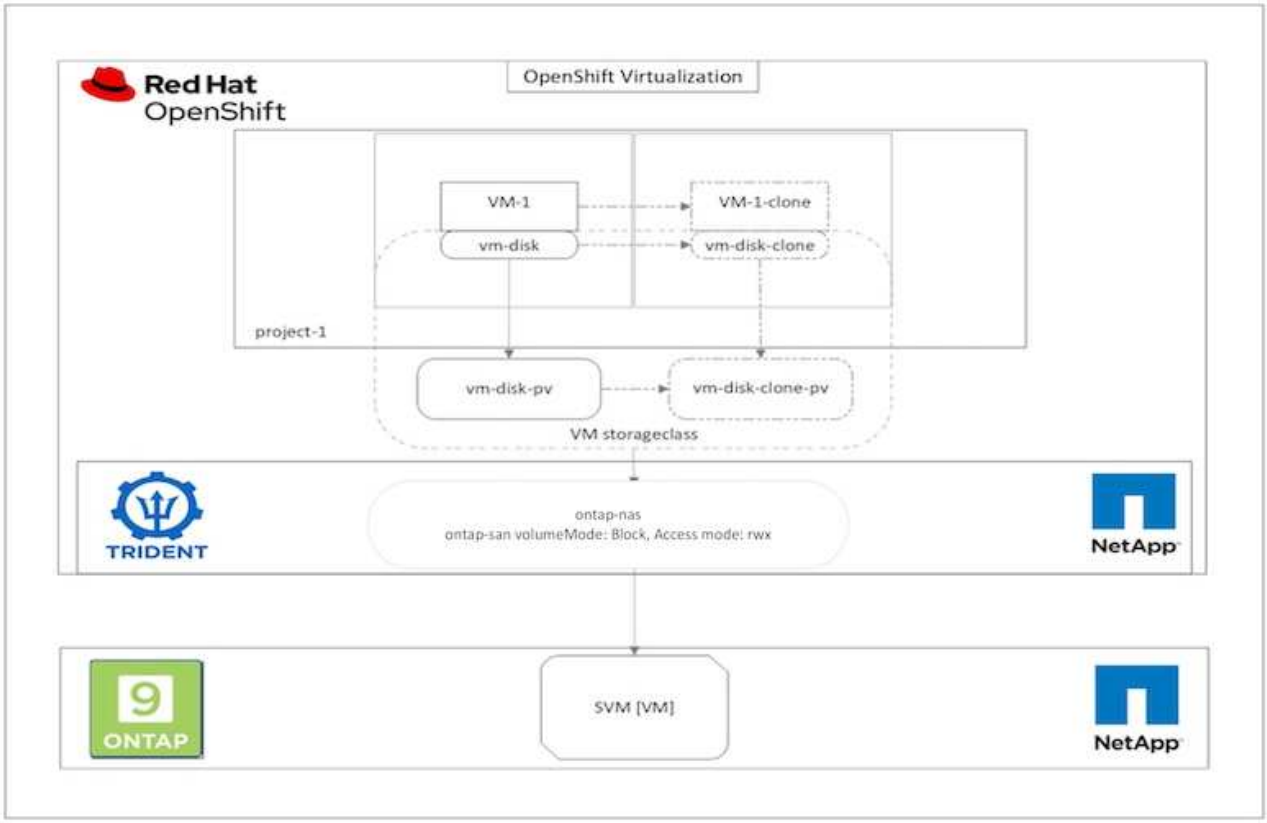


Workflows: Red hat OpenShift Virtualisierung mit NetApp ONTAP

In diesem Abschnitt wird das Klonen einer virtuellen Maschine mit Red hat OpenShift Virtualization beschrieben.

Klonen von VMs

Das Klonen einer vorhandenen VM in OpenShift wird durch die Volume-CSI-Klonfunktion von Trident erreicht. Das Klonen von CSI-Volumes ermöglicht die Erstellung eines neuen PVC mithilfe einer vorhandenen PVC als Datenquelle durch die Duplizierung des PV. Nach der Erstellung des neuen PVC funktioniert es als separate Einheit und ohne Verbindung zur PVC-Quelle oder Abhängigkeit.



Das Klonen von CSI-Volumes unterliegt bestimmten Einschränkungen:

1. Die PVC-Quelle und das Ziel-PVC müssen sich im selben Projekt befinden.
2. Klonen wird in derselben Storage-Klasse unterstützt.
3. Das Klonen kann nur dann durchgeführt werden, wenn Quell- und Ziel-Volumes dieselbe VolumeMode-Einstellung verwenden. Ein Block-Volume kann beispielsweise nur auf einem anderen Block-Volume geklont werden.

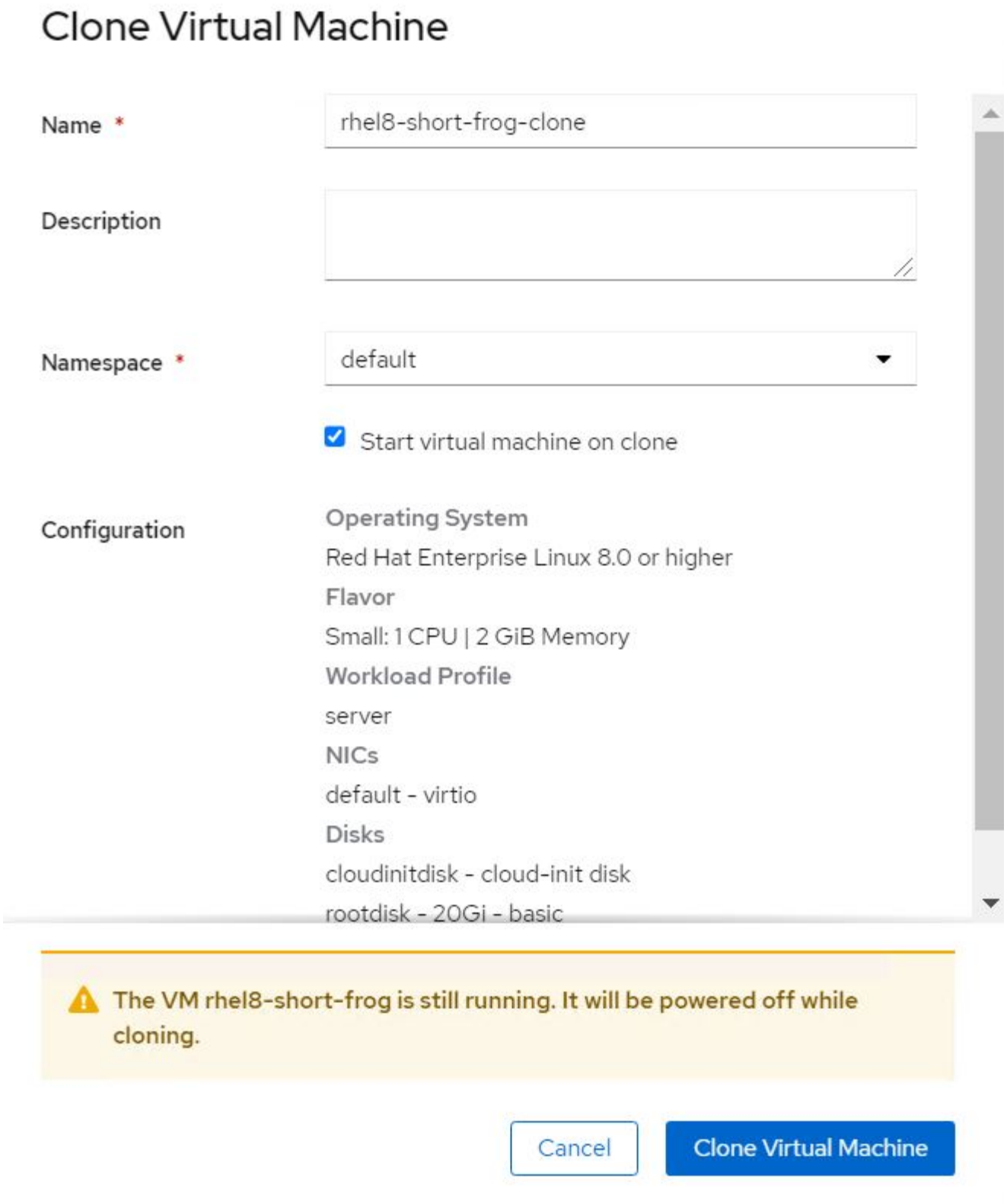
VMs in einem OpenShift-Cluster können auf zwei Arten geklont werden:

1. Durch Herunterfahren der Quell-VM
2. Indem die Quell-VM verfügbar bleibt

Durch Herunterfahren der Quell-VM

Das Klonen einer vorhandenen VM durch Herunterfahren der VM ist eine native OpenShift-Funktion, die mit Unterstützung von Trident implementiert wird. Führen Sie folgende Schritte durch, um eine VM zu klonen.

1. Navigieren Sie zu Workloads > Virtualisierung > Virtual Machines und klicken Sie neben der zu klonenden virtuellen Maschine auf die Auslassungspunkte.
2. Klicken Sie auf Virtual Machine klonen, und geben Sie die Details für die neue VM ein.

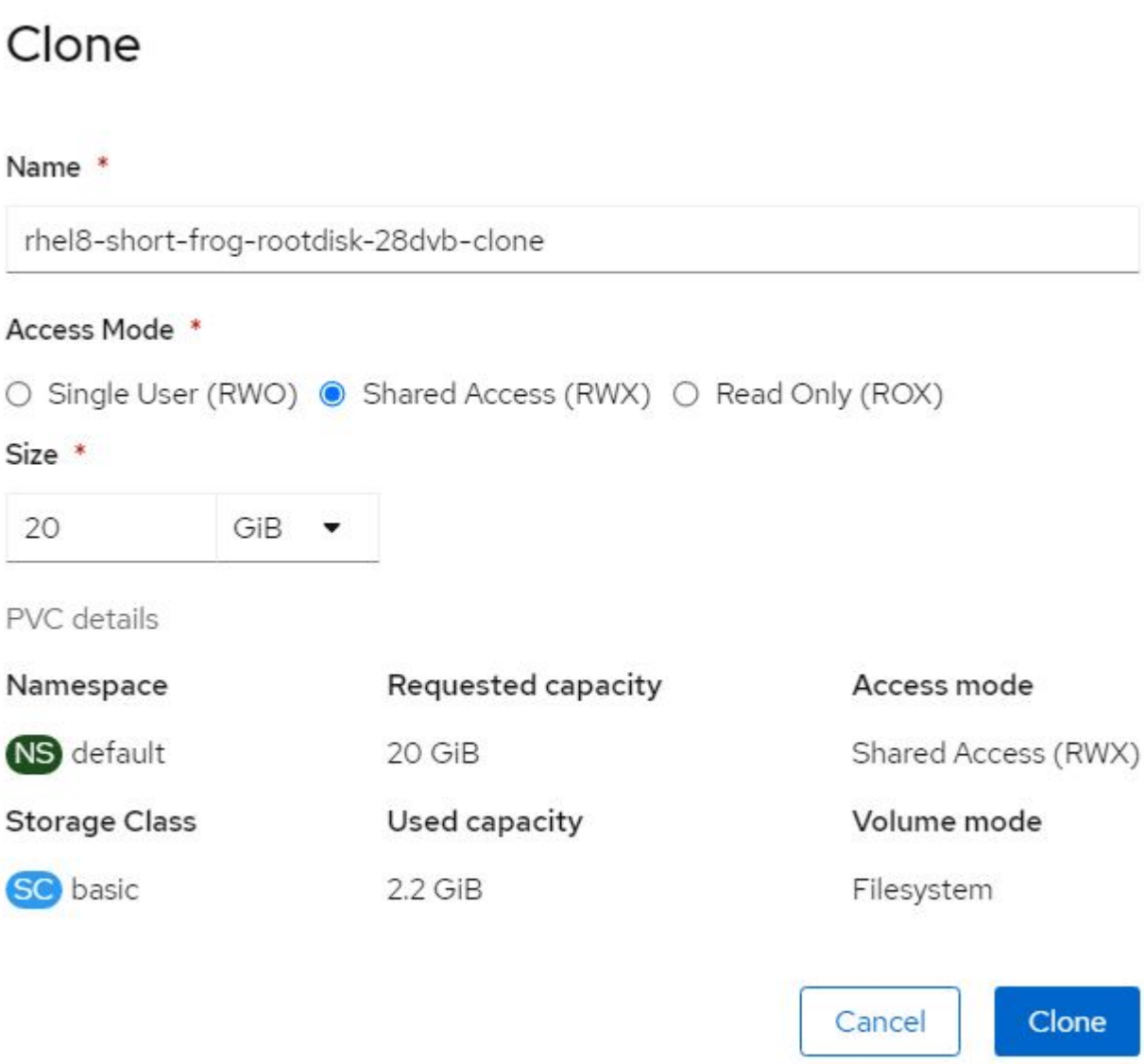


3. Klicken Sie auf Virtual Machine klonen. Dadurch wird die Quell-VM heruntergefahren und die Erstellung der Klon-VM initiiert.
4. Nach Abschluss dieses Schritts können Sie auf den Inhalt der geklonten VM zugreifen und diesen überprüfen.

Indem die Quell-VM verfügbar bleibt

Eine vorhandene VM kann auch geklont werden, indem das vorhandene PVC der Quell-VM geklont und dann mithilfe des geklonten PVC eine neue VM erstellt wird. Bei dieser Methode müssen Sie die Quell-VM nicht herunterfahren. Führen Sie die folgenden Schritte aus, um eine VM zu klonen, ohne sie herunterzufahren.

1. Navigieren Sie zu Storage > PersistenzVolumeClaims und klicken Sie auf die Ellipse neben dem PVC, das an die Quell-VM angehängt ist.
2. Klicken Sie auf PVC klonen und geben Sie die Details für das neue PVC an.



3. Klicken Sie dann auf Klonen. Dadurch wird ein PVC für die neue VM erstellt.
4. Navigieren Sie zu Workloads > Virtualisierung > Virtuelle Maschinen, und klicken Sie auf Erstellen > mit YAML.
5. Hängen Sie im Abschnitt Spec > Template > Spec > Volumes die geklonte PVC an anstatt der Container-Disk. Geben Sie alle anderen Details für die neue VM nach Ihren Anforderungen an.

```
- name: rootdisk
  persistentVolumeClaim:
    claimName: rhel8-short-frog-rootdisk-28dvb-clone
```

6. Klicken Sie auf Erstellen, um die neue VM zu erstellen.
7. Nachdem die VM erfolgreich erstellt wurde, zugreifen und überprüfen Sie, ob die neue VM ein Klon der Quell-VM ist.

Workflows: Red hat OpenShift Virtualisierung mit NetApp ONTAP

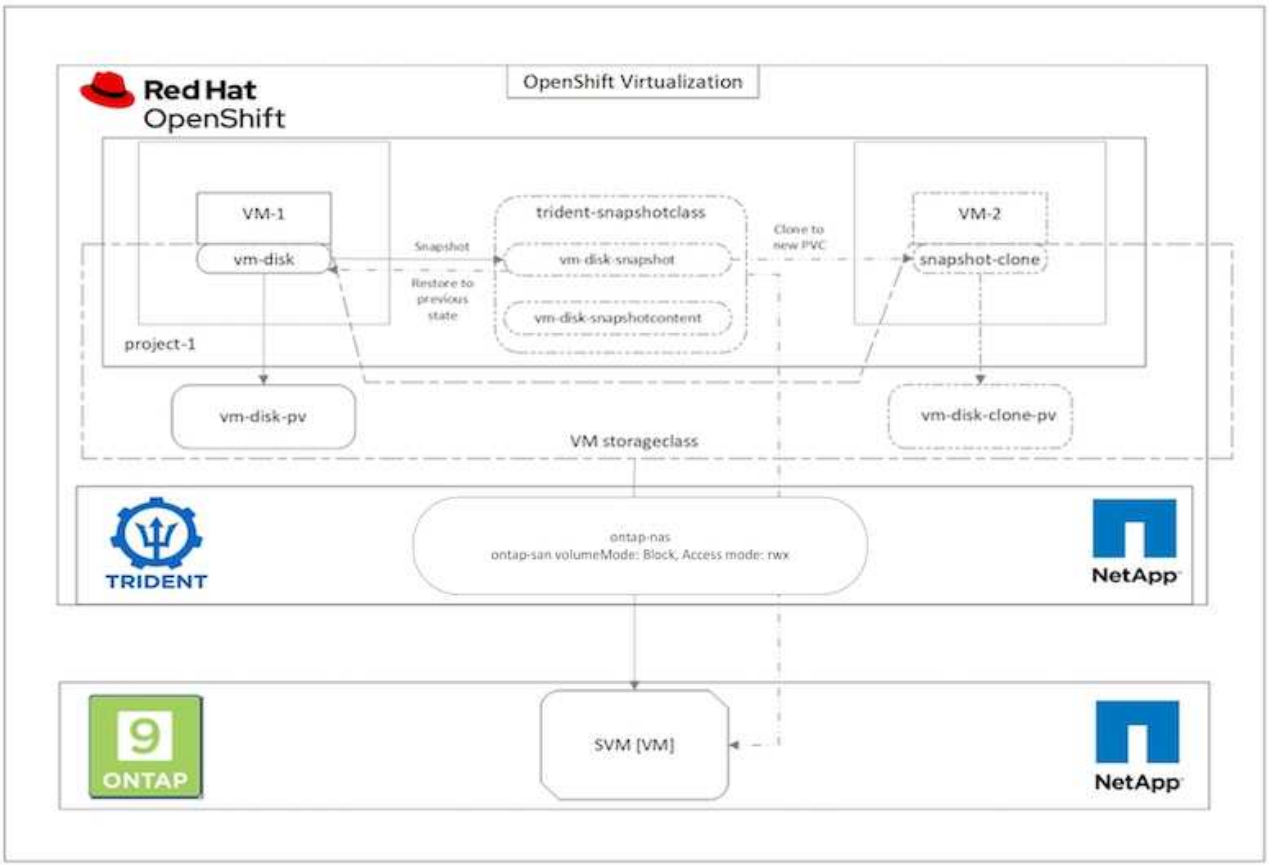
In diesem Abschnitt wird erläutert, wie Sie eine virtuelle Maschine aus einem Snapshot mit Red hat OpenShift Virtualization erstellen.

Erstellen Sie eine VM aus einem Snapshot

Mit Trident und Red hat OpenShift können Benutzer einen Snapshot eines persistenten Volumes in von der IT bereitgestellten Storage-Klassen erstellen. Mit dieser Funktion können Benutzer eine zeitpunktgenaue Kopie eines Volumes erstellen oder dasselbe Volume in einen vorherigen Zustand zurückversetzen. Ob Rollback, Klonen oder Datenwiederherstellung – lassen sich in unterschiedlichen Anwendungsfällen einsetzen.

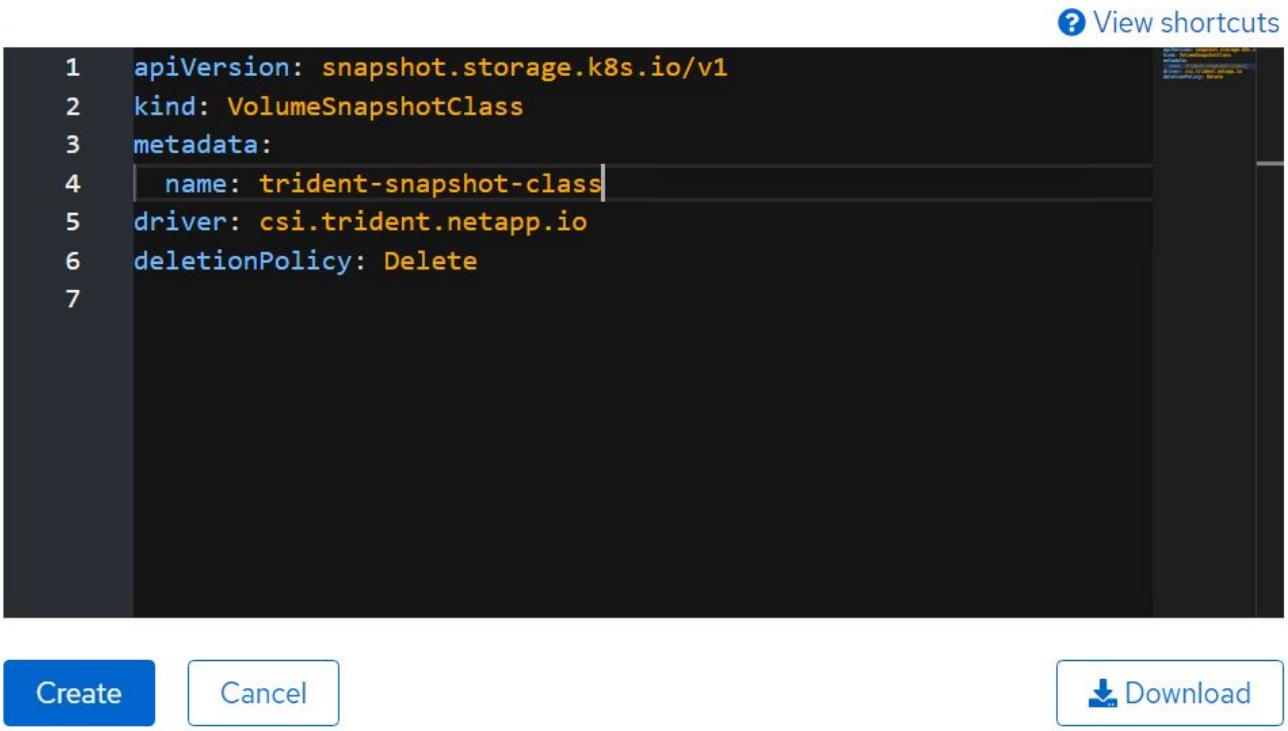
Für Snapshot-Vorgänge in OpenShift müssen die Ressourcen VolumeSnapshotClass, VolumeSnapshot und VolumeSnapshotContent definiert werden.

- Ein VolumeSnapshotContent ist der tatsächliche Snapshot, der von einem Volume im Cluster erstellt wurde. Es handelt sich um eine Cluster-weite Ressource, die dem PersistenzVolume für Storage gleicht.
- Ein VolumeSnapshot ist eine Anforderung zum Erstellen des Snapshots eines Volumes. Es ist analog zu einem PersistentVolumeClaim.
- Mit VolumeSnapshotClass kann der Administrator verschiedene Attribute für einen VolumeSnapshot festlegen. Damit können Sie unterschiedliche Attribute für verschiedene Snapshots haben, die vom selben Volume erstellt wurden.

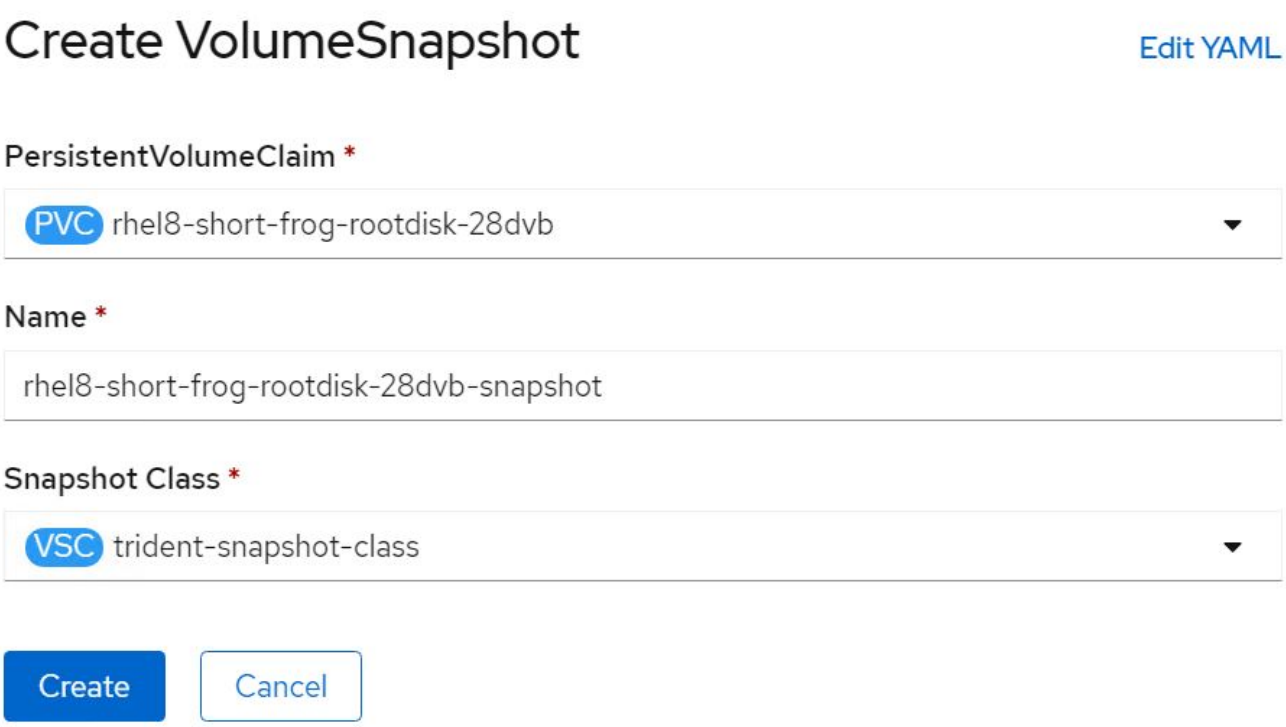


Um einen Snapshot einer VM zu erstellen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Erstellen Sie eine VolumeSnapshotKlasse, die dann zum Erstellen eines VolumeSnapshots verwendet werden kann. Navigieren Sie zu Storage > VolumeSnapshotClasses und klicken Sie auf Create VolumeSnapshotClass.
2. Geben Sie den Namen der Snapshot-Klasse ein, geben Sie csi.trident.netapp.io für den Treiber ein, und klicken Sie auf Erstellen.



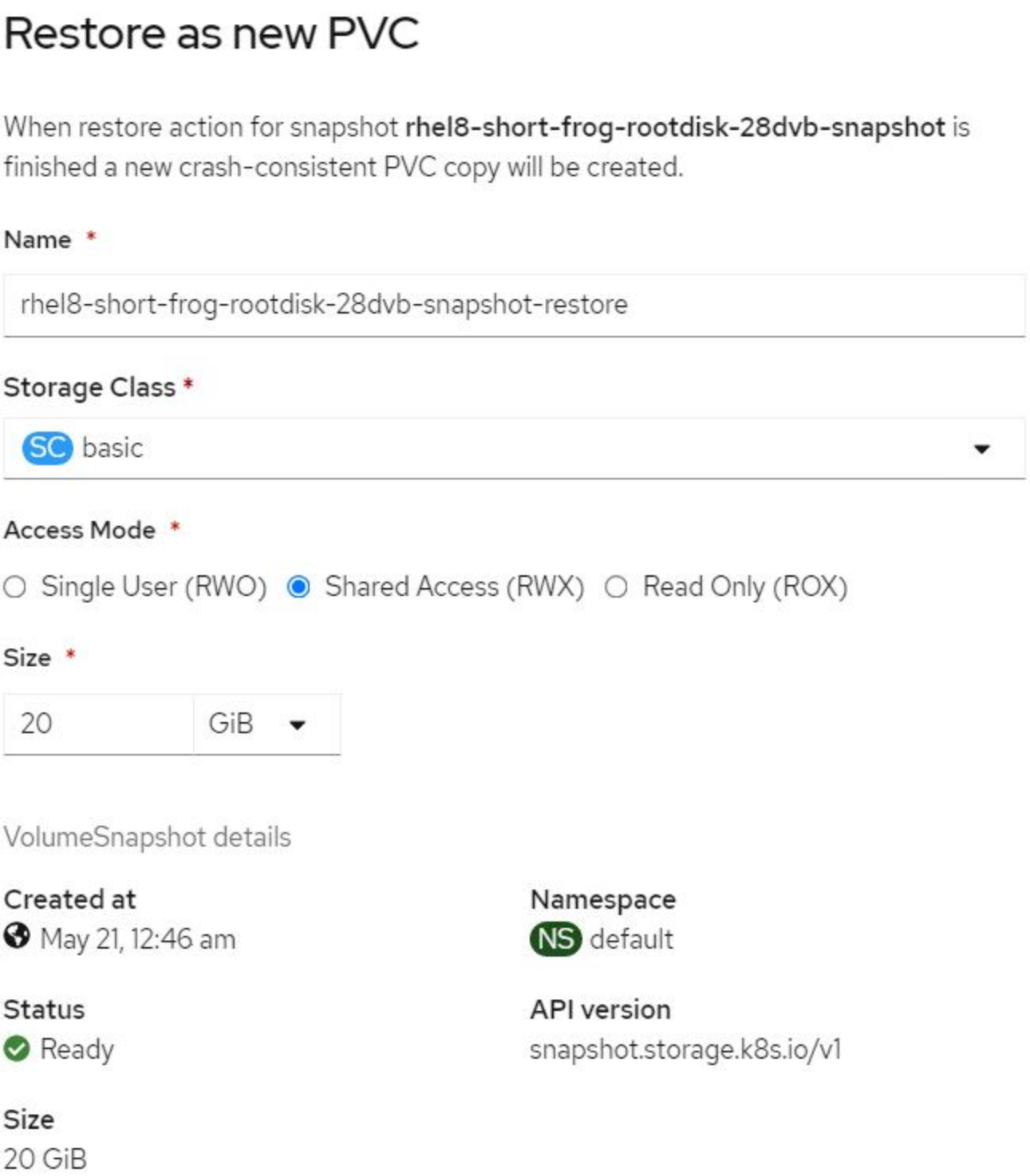
3. Identifizieren Sie die PVC, die an die Quell-VM angeschlossen ist, und erstellen Sie dann einen Snapshot dieser PVC. Navigieren Sie zu `Storage > VolumeSnapshots` Und klicken Sie auf VolumeSnapshots erstellen.
4. Wählen Sie das PVC aus, für das Sie den Snapshot erstellen möchten, geben Sie den Namen des Snapshots ein oder übernehmen Sie den Standardwert, und wählen Sie die entsprechende VolumeSnapshotClass aus. Klicken Sie dann auf Erstellen.



5. Dadurch wird die Momentaufnahme des PVC zu diesem Zeitpunkt erstellt.

Erstellen Sie aus dem Snapshot eine neue VM

1. Stellen Sie zuerst den Snapshot in einer neuen PVC wieder her. Navigieren Sie zu „Storage“ > „VolumeSnapshots“, klicken Sie auf die Ellipsen neben dem Snapshot, den Sie wiederherstellen möchten, und klicken Sie auf „als neues PVC wiederherstellen“.
2. Geben Sie die Details des neuen PVC ein, und klicken Sie auf Wiederherstellen. Dadurch wird ein neues PVC erzeugt.



3. Erstellen Sie dann eine neue VM aus diesem PVC. Navigieren Sie zu Virtualisierung > Virtuelle Maschinen,

und klicken Sie auf Erstellen > mit YAML.

4. Geben Sie im Abschnitt Spec > Template > spec > Volumes das neue PVC an, das aus Snapshot erstellt wurde, anstatt von der Container-Festplatte aus. Geben Sie alle anderen Details für die neue VM nach Ihren Anforderungen an.

```
- name: rootdisk
  persistentVolumeClaim:
    claimName: rhel8-short-frog-rootdisk-28dvb-snapshot-restore
```

5. Klicken Sie auf Erstellen, um die neue VM zu erstellen.
6. Nachdem die VM erfolgreich erstellt wurde, können Sie auf die neue VM zugreifen und diese überprüfen, ob sie denselben Status hat wie die VM, deren PVC zum Zeitpunkt der Snapshot-Erstellung verwendet wurde.

Bereitstellung auf ROSA mit FSxN

Bereitstellung von Red hat OpenShift Virtualization mit FSxN auf ROSA

Überblick

Dieser Abschnitt enthält Details zum Einrichten von FSX für NetApp ONTAP als Standardspeicherklasse für den ROSA-Cluster und Erstellen einer virtuellen Maschine, die FSX ONTAP-Speicher für seine Volumes nutzt. Wir werden auch prüfen, wie eine Verbindung zur Virtual Machine mit den Gastanmeldeinformationen hergestellt wird, und die VM neu starten. Und schließlich führen wir eine Live-Migration der virtuellen Maschine vom aktuellen Knoten zu einem neuen Knoten durch. Nach einem VM-Neustart und der Live-Migration werden wir den Inhalt des Plattenspeichers untersuchen.

Voraussetzungen

- "AWS Konto"
- "Ein Red hat Konto"
- IAM-Benutzer "Mit entsprechenden Berechtigungen" zum Erstellen und Zugreifen auf ROSA-Cluster
- "AWS CLI"
- "ROSA CLI"
- "OpenShift -Befehlszeilenschnittstelle" (oc)
- "Helm 3-Dokumentation"
- "EIN HCP-ROSA-CLUSTER" (Mit mindestens 3 Bare-Metal-Worker-Nodes)
- "OpenShift Virtualization ist auf ROSA Cluster installiert"
- "Zugriff auf die Red hat OpenShift -Webkonsole"

Ersteinrichtung

Dieser Abschnitt zeigt, wie die Standard-Speicherklasse als Trident-csi und die Standard-VolumeSnapshotKlasse als FSX Volumen-Snapshot-Klasse eingerichtet wird. Anschließend wird gezeigt, wie Sie eine VM aus einer Vorlage erstellen und dann mit den Gast-Zugangsdaten verbinden und sich anmelden.

Stellen Sie sicher, dass die Standardspeicherklasse auf Trident-csi gesetzt ist

Stellen Sie sicher, dass die StandardvolumeSnapShotClasses wie gezeigt eingestellt sind

Wenn die Standardeinstellungen nicht festgelegt sind, können Sie sie entweder über die Konsole oder über die Befehlszeile einrichten

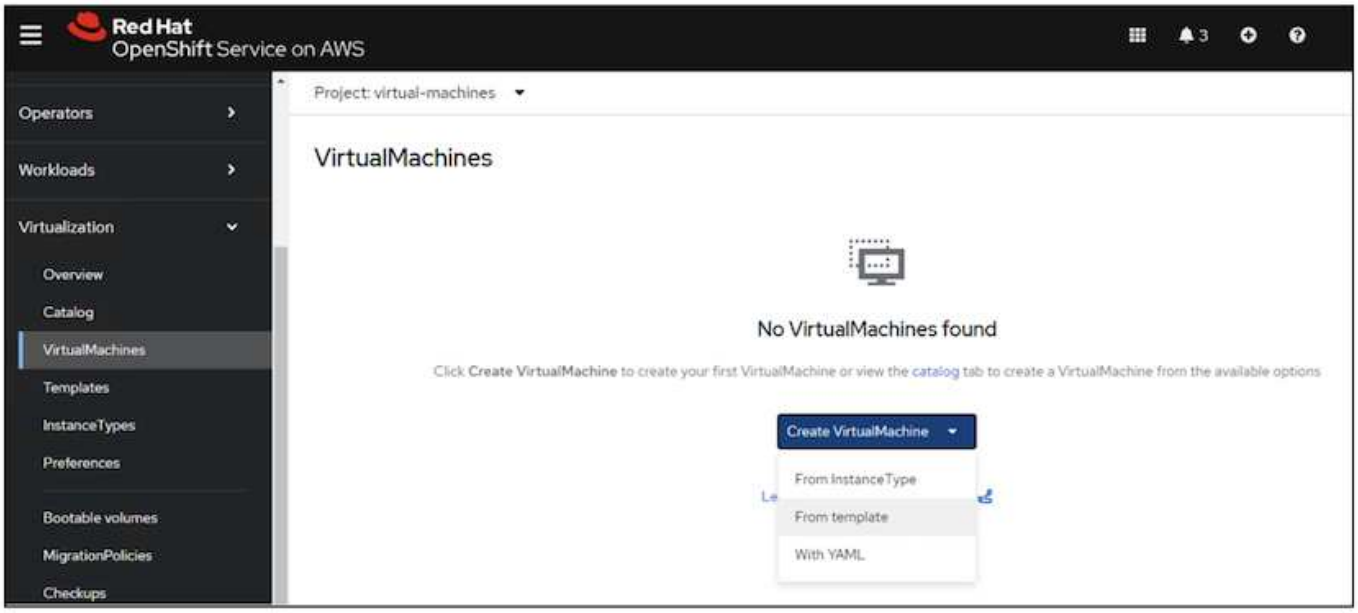
```
$ oc patch storageclass trident-csi -p '{"metadata": {"annotations":
{"storageclass.kubernetes.io/is-default-class": "true"}}}'
```

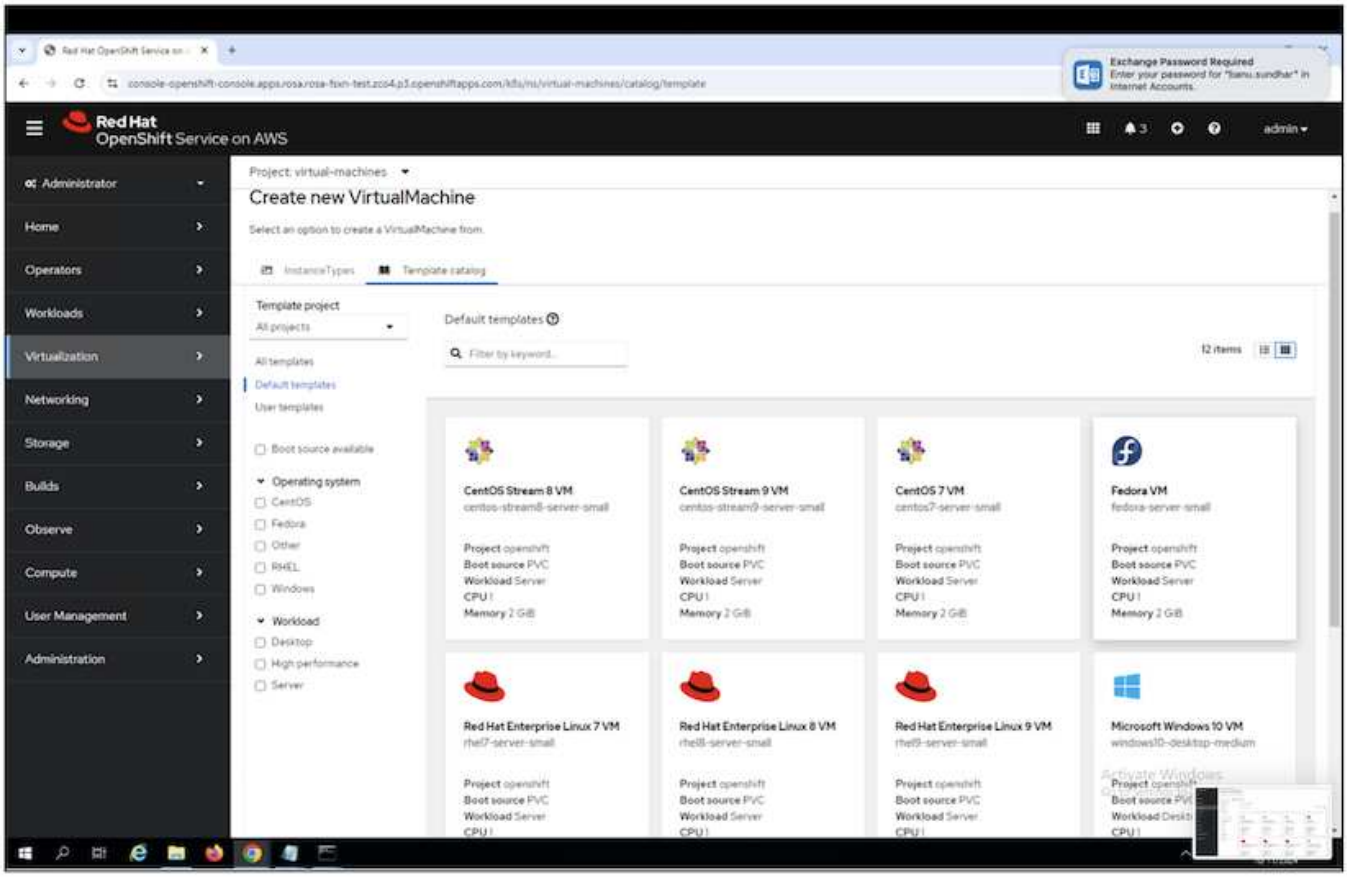
```
$ oc patch VolumeSnapshotClasses fsx-snapclass -p '{"metadata":
{"annotations": {"snapshot.storage.kubernetes.io/is-default-class":
"true"}}}'
```

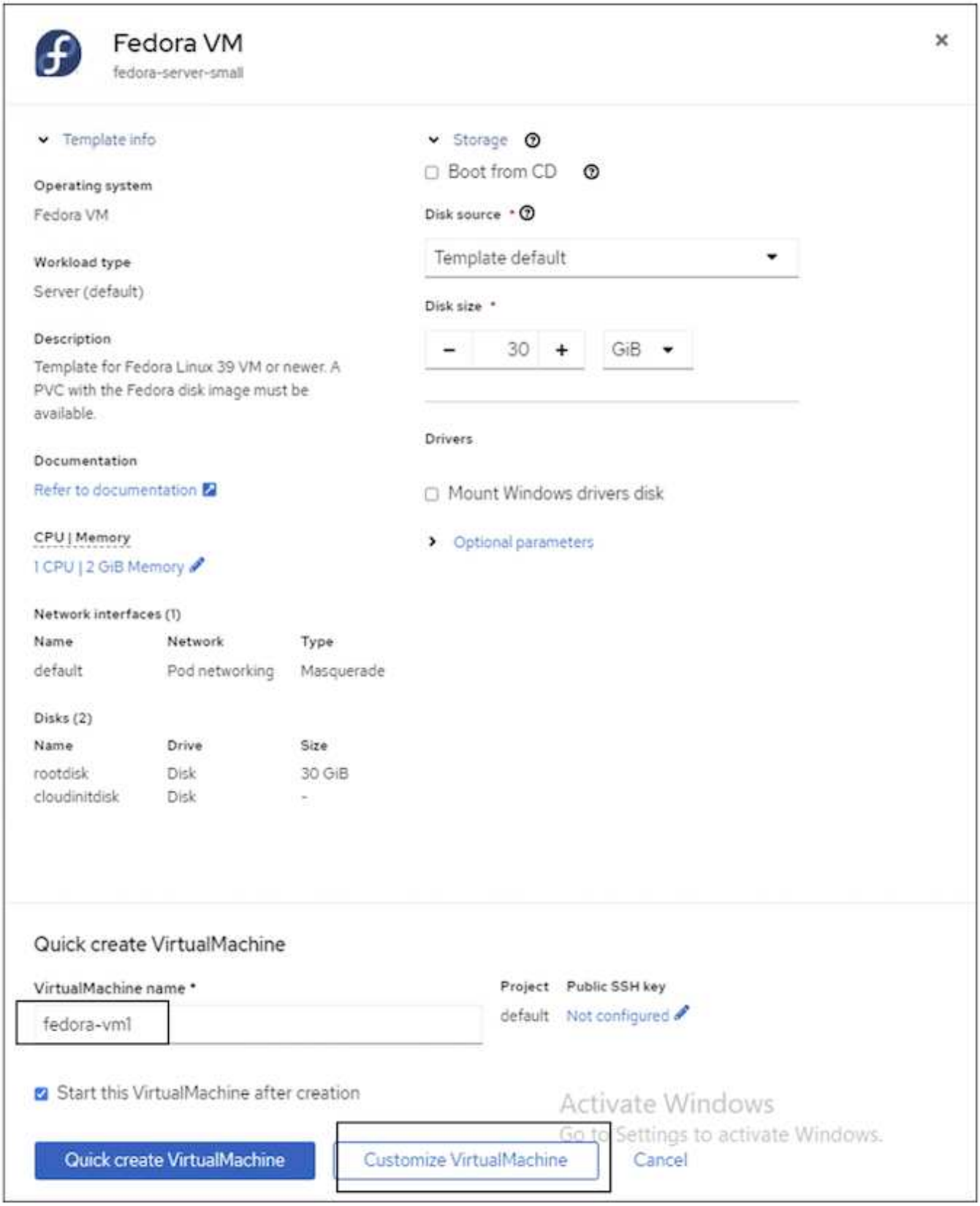
Erstellen Sie eine VM aus der Vorlage

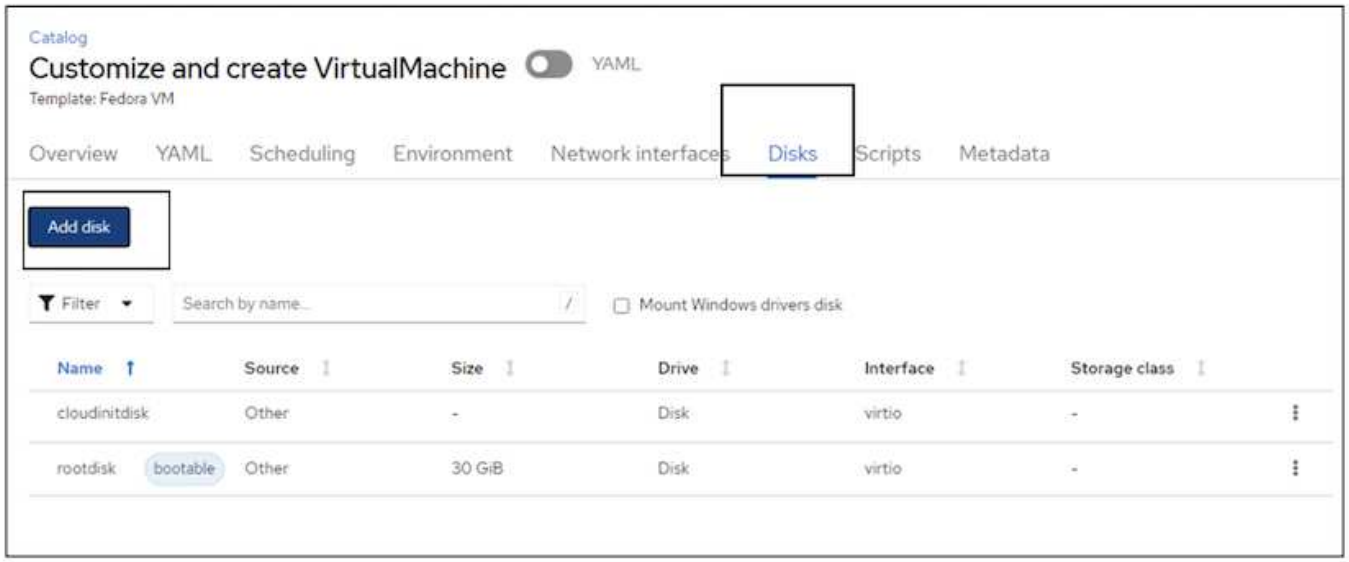
Erstellen Sie eine VM aus einer Vorlage mithilfe der Webkonsole. Erstellen Sie über den RedHat OpenShiftService auf der AWS-Konsole eine virtuelle Maschine. Im Cluster sind Vorlagen verfügbar, die zum Erstellen der VM verwendet werden können. In der Abbildung unten wählen wir Fedora VM aus dieser Liste aus. Geben Sie der VM einen Namen, und klicken Sie dann auf **Anpassung der virtuellen Maschine**. Wählen Sie die Registerkarte **Disks** und klicken Sie auf **Add Disks**. Ändern Sie den Namen der Festplatte vorzugsweise in etwas aussagekräftiges, stellen Sie sicher, dass **Trident-csi** für die Speicherklasse ausgewählt ist. Klicken Sie auf **Speichern**. Klicken Sie auf **Create VirtualMachine**

Nach einigen Minuten befindet sich die VM im laufenden Zustand

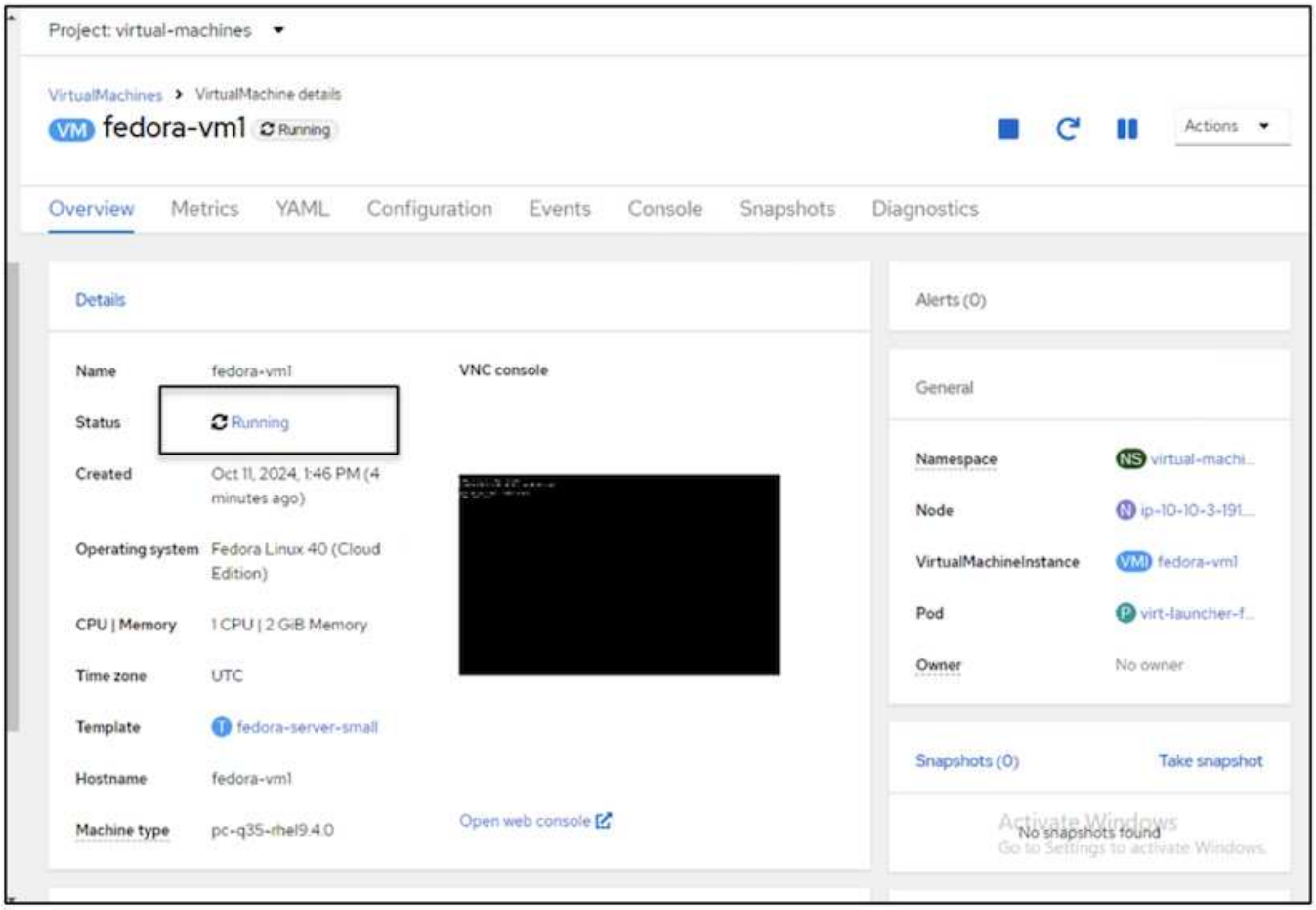

Red Hat
OpenShift Service on AWS
Operators
Workloads
Virtualization
Overview
Catalog
VirtualMachines
Templates
InstanceTypes
Preferences
Bootable volumes
MigrationPolicies
Checkups
Project: virtual-machines
VirtualMachines
No VirtualMachines found
Click Create VirtualMachine to create your first VirtualMachine or view the catalog tab to create a VirtualMachine from the available options
Create VirtualMachine
From InstanceType
From template
With YAML


Red Hat
OpenShift Service on AWS
Administrator
Home
Operators
Workloads
Virtualization
Networking
Storage
Builds
Observe
Compute
User Management
Administration
Project: virtual-machines
Create new VirtualMachine
Select an option to create a VirtualMachine from.
InstanceTypes
Template catalog
Template project
All projects
All templates
Default templates
User templates
Boot source available
Operating system
CentOS
Fedora
Other
RHEL
Windows
Workload
Desktop
High performance
Server
Default templates
12 items
CentOS Stream 8 VM
CentOS Stream 9 VM
CentOS 7 VM
Fedora VM
Red Hat Enterprise Linux 7 VM
Red Hat Enterprise Linux 8 VM
Red Hat Enterprise Linux 9 VM
Microsoft Windows 10 VM


Fedora VM
fedora-server-small
Template info
Operating system
Fedora VM
Workload type
Server (default)
Description
Template for Fedora Linux 39 VM or newer. A PVC with the Fedora disk image must be available.
Documentation
Refer to documentation
CPU | Memory
1 CPU | 2 GiB Memory
Network interfaces (1)
Name Network Type
default Pod networking Masquerade
Disks (2)
Name Drive Size
rootdisk Disk 30 GiB
cloudinitdisk Disk -
Storage
Boot from CD
Disk source *
Template default
Disk size *
30
GiB
Drivers
Mount Windows drivers disk
Optional parameters
Quick create VirtualMachine
VirtualMachine name *
fedora-vm1
Project
default
Public SSH key
Not configured
Start this VirtualMachine after creation
Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.
Quick create VirtualMachine
Customize VirtualMachine
Cancel


Catalog
Customize and create VirtualMachine
YAML
Template: Fedora VM
Overview
YAML
Scheduling
Environment
Network interfaces
Disks
Scripts
Metadata
Add disk
Filter
Search by name...
Mount Windows drivers disk
Name
Source
Size
Drive
Interface
Storage class
cloudinitdisk
Other
-
Disk
virtio
-
rootdisk
bootable
Other
30 GiB
Disk
virtio
-

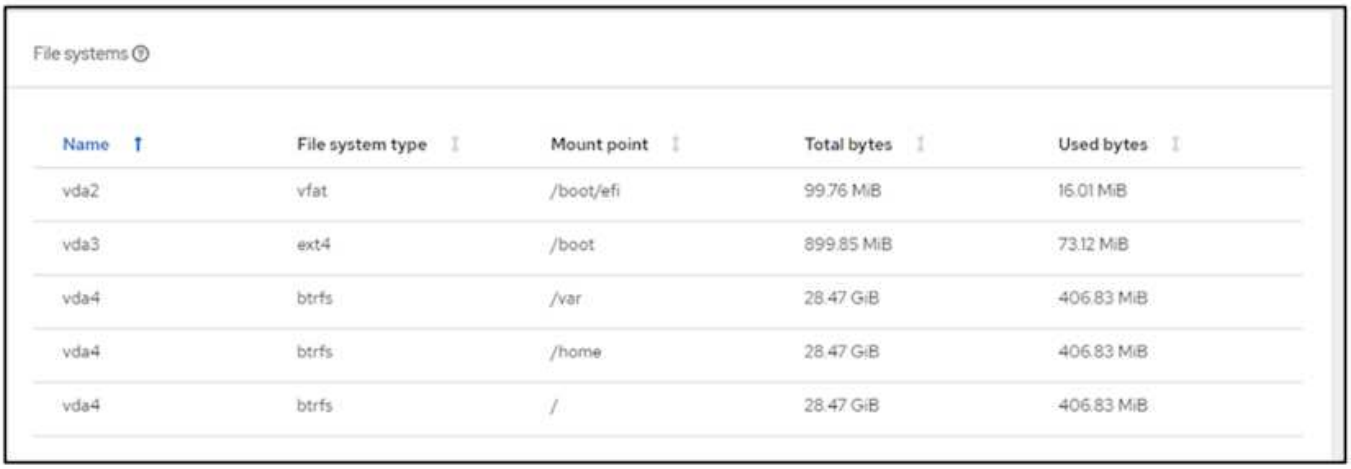

Add disk
Use this disk as a boot source
Name *
fedora-vm1-disk1
Source *
Empty disk (blank)
PersistentVolumeClaim size *
30
GiB
Type
Disk
Hot plug is enabled only for "Disk" type
Interface *
VirtIO
Hot plug is enabled only for "SCSI" interface
StorageClass
SC trident-csi
Save
Cancel



Alle für die VM erstellten Objekte überprüfen

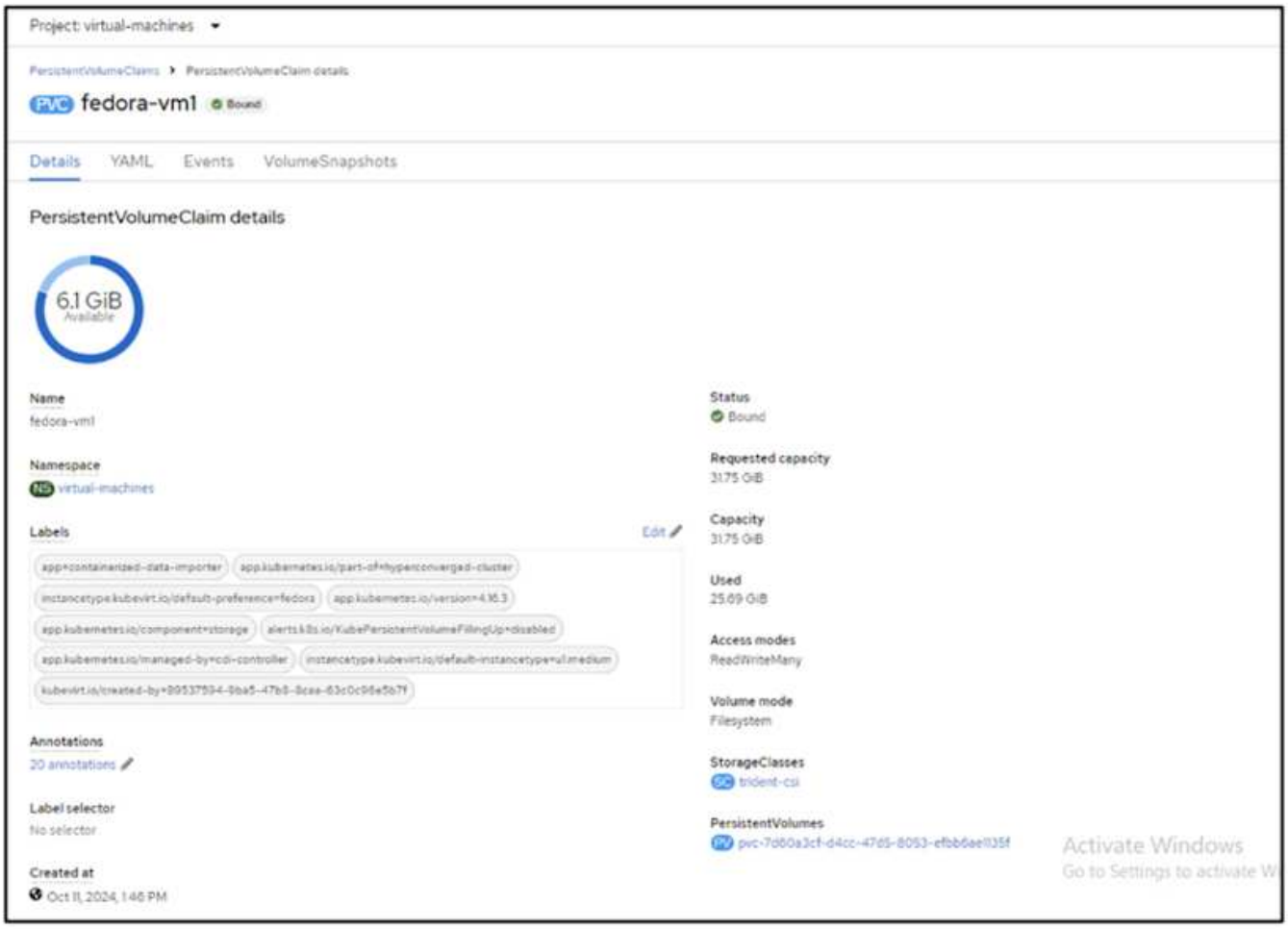
Die Speicherlaufwerke.

Die Dateisysteme der VM zeigen die Partitionen, den Typ des Dateisystems und die Mount-Punkte an.

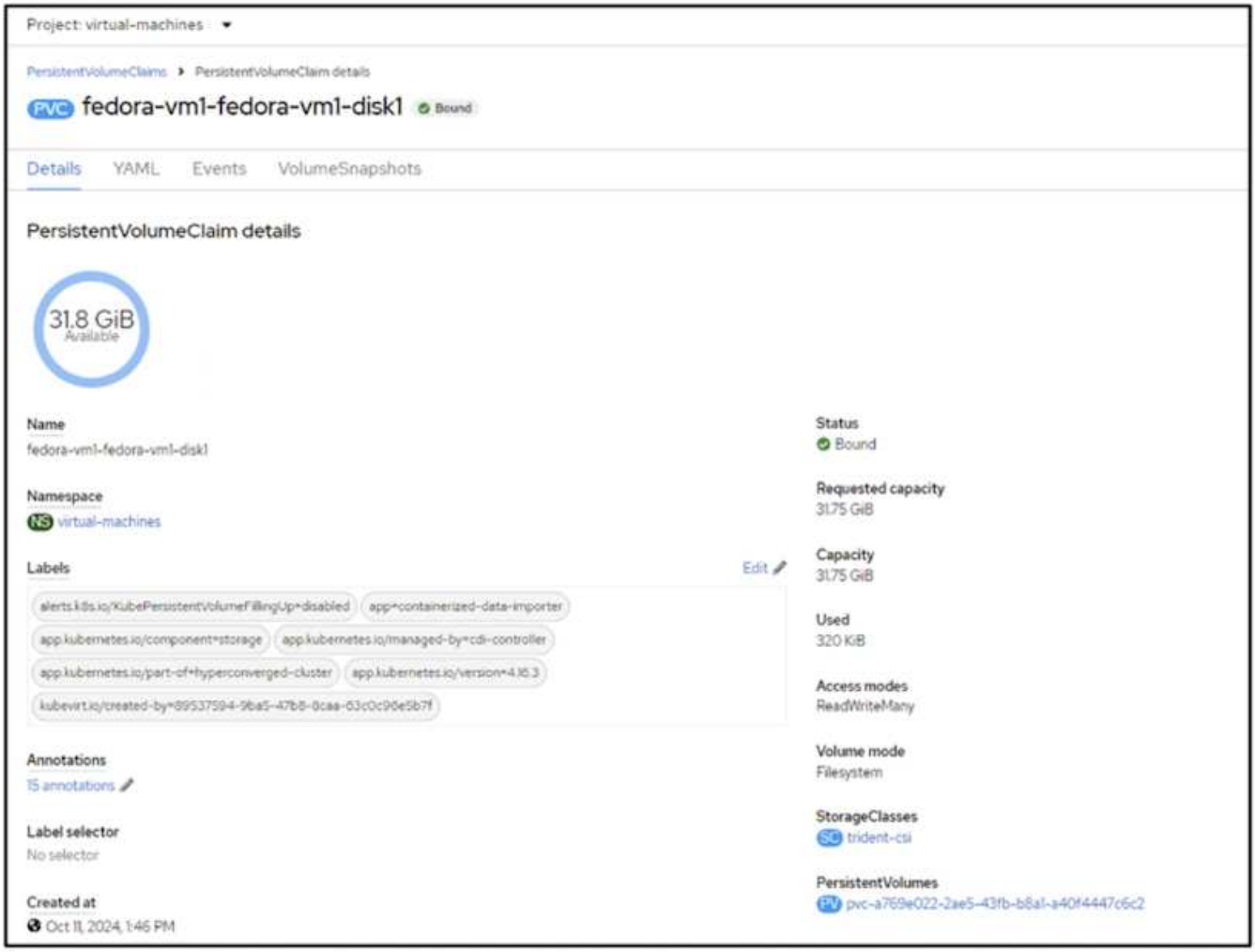


2 PVCs werden für die VM erstellt, eines von der Boot-Festplatte und eines von der Hot-Plug-Festplatte.

Die PVC für die Startdiskette zeigt an, dass der Zugriffsmodus ReadWriteMany und die Speicherklasse Trident-csi sind.



Ebenso zeigt die PVC für die Hot-Plug-Festplatte an, dass der Zugriffsmodus ReadWriteViele ist und die Speicherklasse Trident-csi ist.

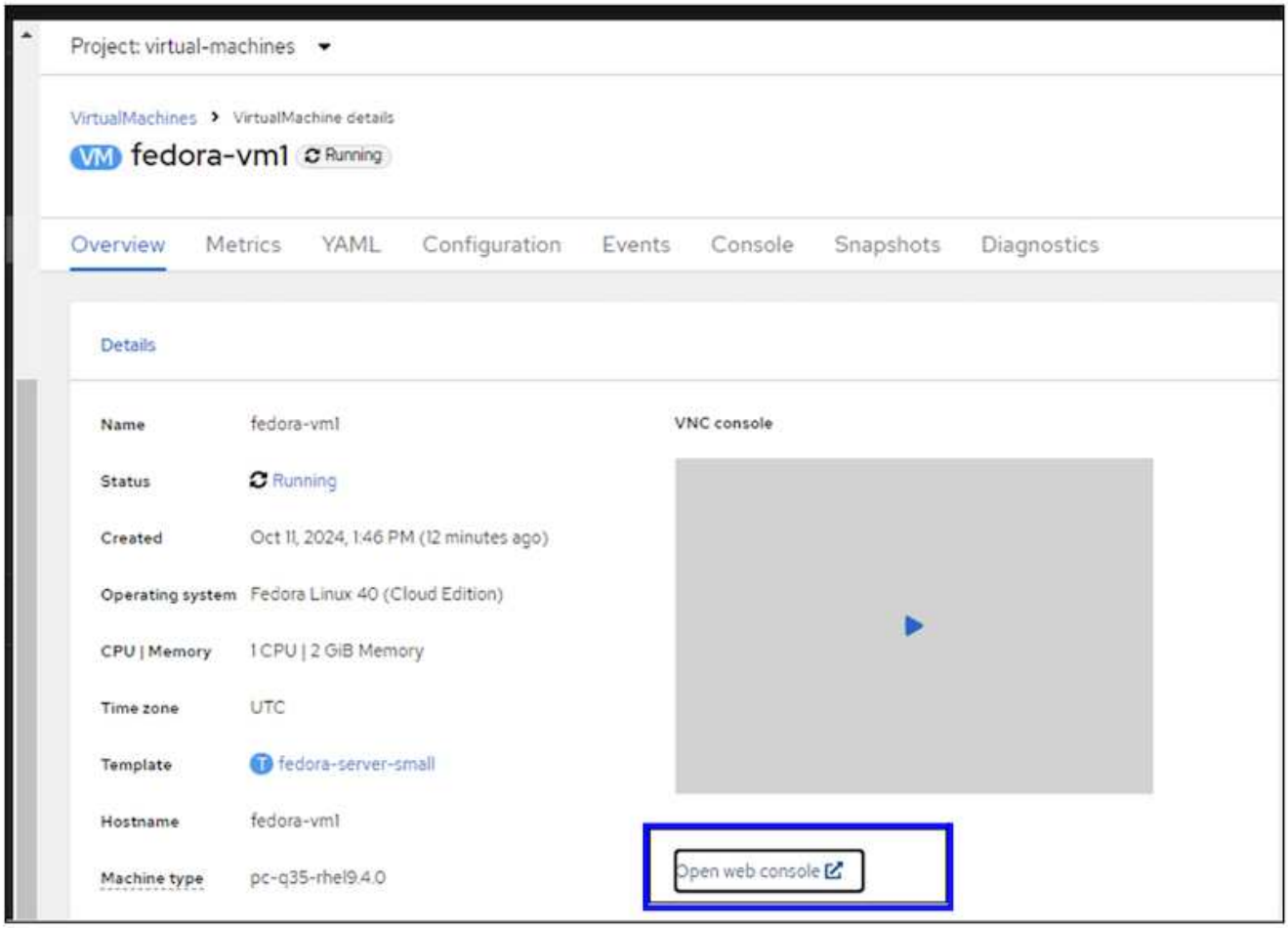


In dem Screenshot unten sehen wir, dass der Pod für die VM den Status „running“ hat.

Hier können wir die beiden Volumes sehen, die dem VM-Pod zugeordnet sind, und die 2 damit verbundenen PVCs.

Verbindung zur VM herstellen

Klicken Sie auf die Schaltfläche ‘Webkonsole öffnen’ und melden Sie sich mit den Gast-Anmeldedaten an

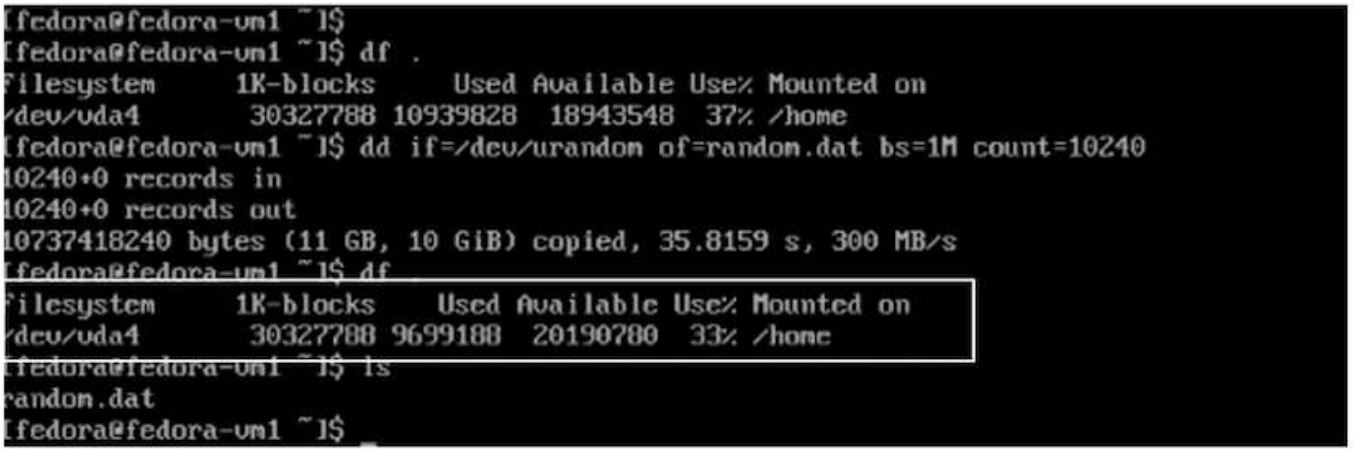


Geben Sie die folgenden Befehle ein

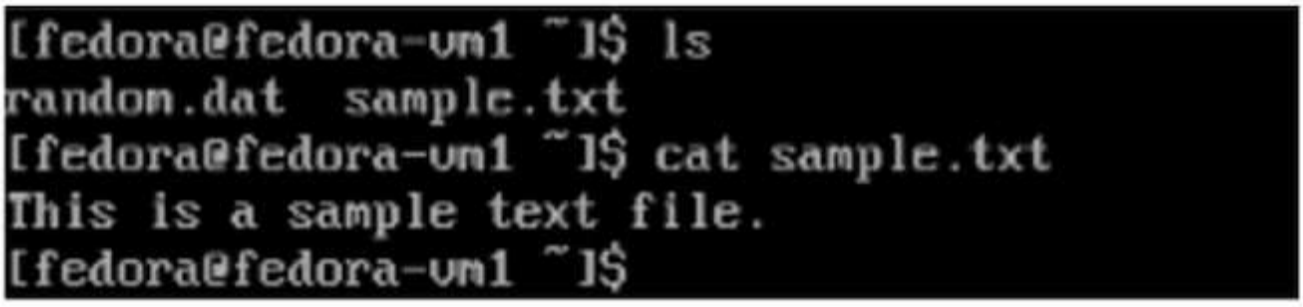
```
$ df (to display information about the disk space usage on a file system).
```

```
$ dd if=/dev/urandom of=random.dat bs=1M count=10240 (to create a file
called random.dat in the home dir and fill it with random data).
```

Die Festplatte ist mit 11 GB Daten gefüllt.



Verwenden Sie vi, um eine Beispieltextdatei zu erstellen, die wir zum Testen verwenden werden.

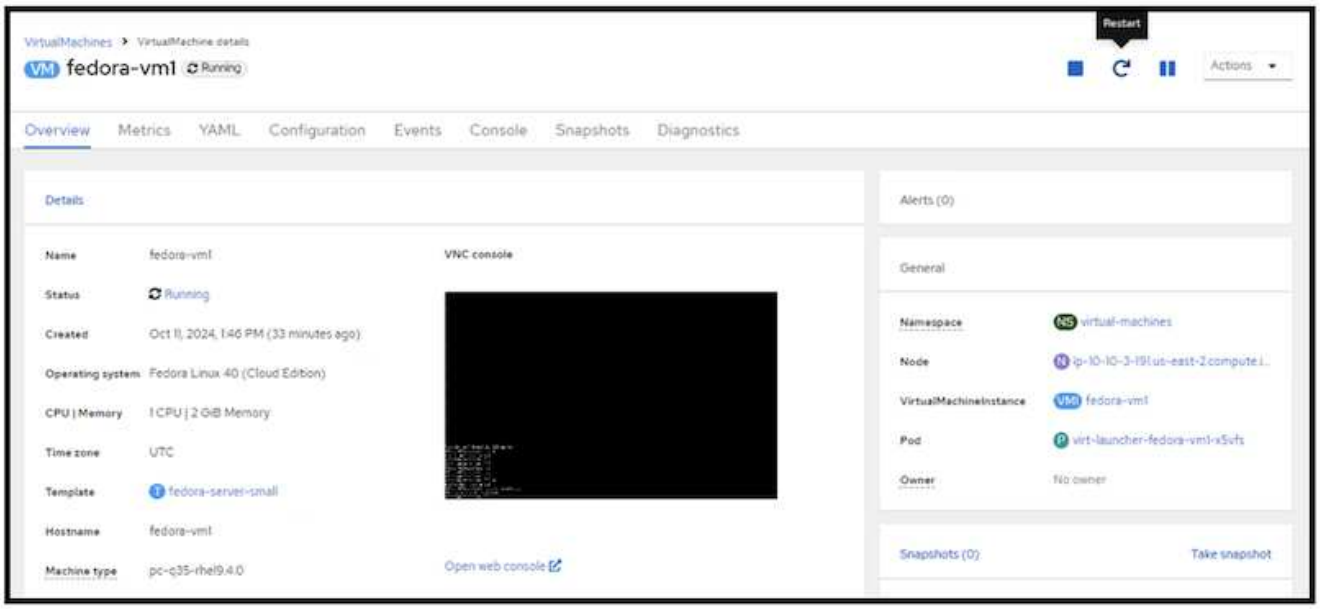


Workflows

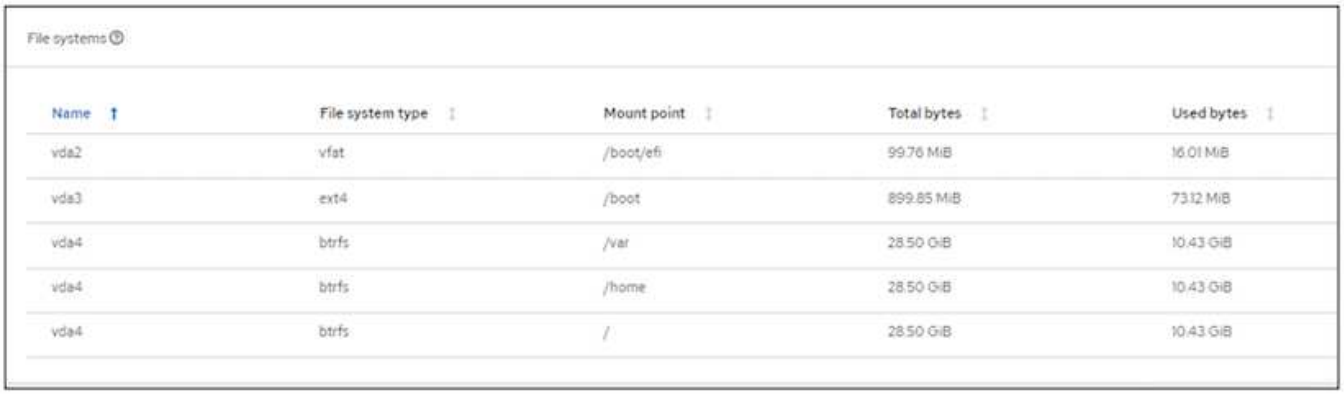
VM neu starten

In diesen Abschnitten werden wir einen VM-Neustart durchführen und dann den Inhalt der Platten untersuchen.

Klicken Sie auf die Schaltfläche Neustart.



Die VM kehrt mit exakt den gleichen Dateisystemen, PVCs und Dateien in den Dateisystemen in den Ausführungszustand zurück



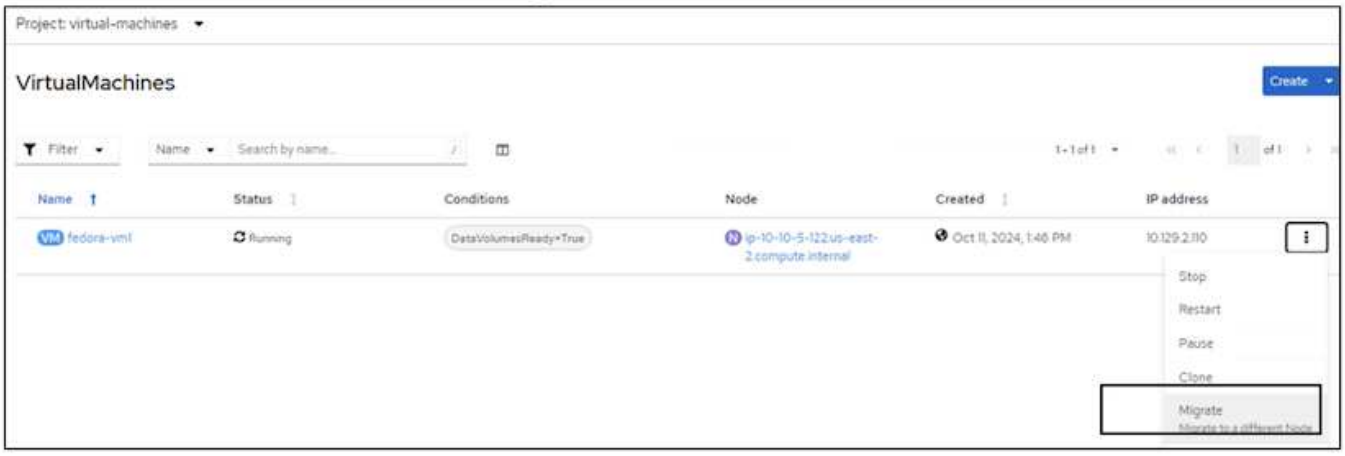
```
[fedora@fedora-vm1 ~]$ ls
random.dat  sample.txt
[fedora@fedora-vm1 ~]$ cat sample.txt
This is a sample text file.
[fedora@fedora-vm1 ~]$
```

VM-Live-Migration

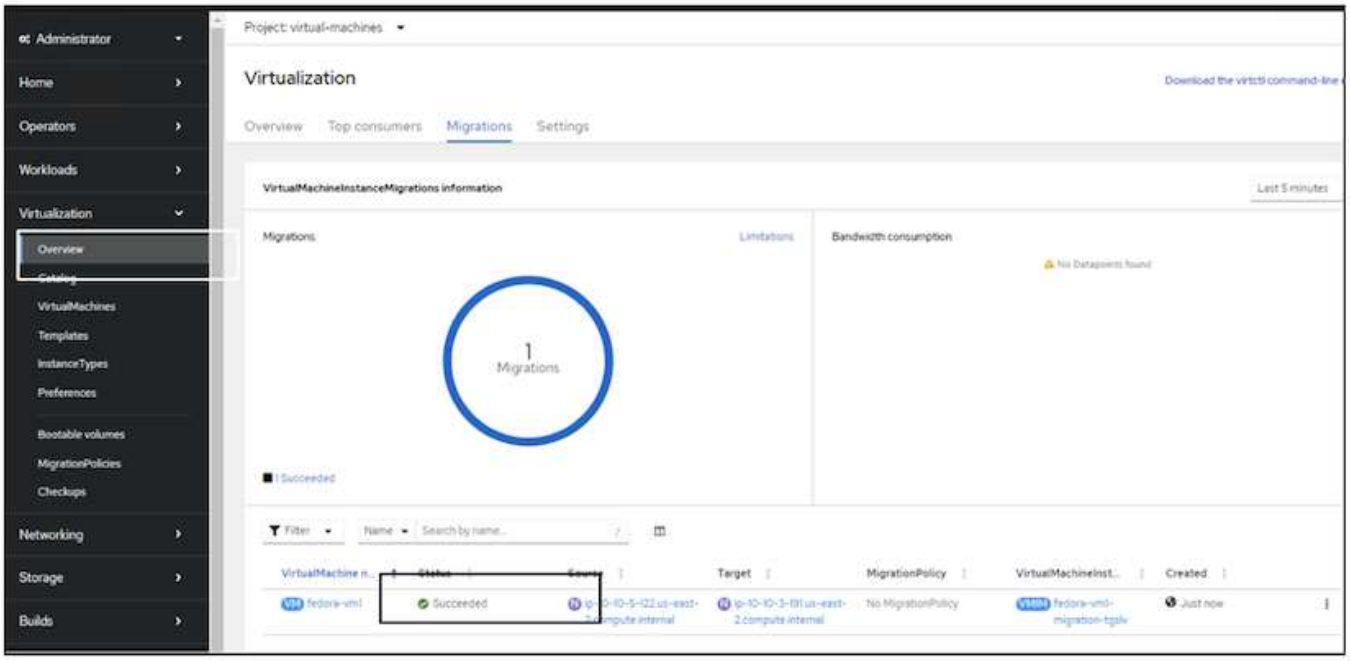
In diesen Abschnitten führen wir eine VM-Live-Migration durch und untersuchen dann den Inhalt der Festplatten. Live-Migration bezieht sich auf das Verschieben einer laufenden Virtual Machine (VM) von einem physischen Host auf einen anderen, ohne den normalen Betrieb zu unterbrechen oder Ausfallzeiten oder andere negative Auswirkungen für den Endbenutzer zu verursachen. Live-Migration ist ein wichtiger Schritt in der Virtualisierung. Damit kann eine gesamte VM mit einem laufenden Betriebssystem (OS), Arbeitsspeicher, Storage und Netzwerk-Konnektivität von ihrem aktuellen Node zum Ziel verschoben werden. Nachfolgend sehen Sie, wie eine Live Migration der VM vom aktuellen Knoten zu einem neuen Knoten durchgeführt wird.

Notieren Sie den Node, auf dem die VM ausgeführt wird

Klicken Sie auf die 3 Punkte und wählen Sie Migrate

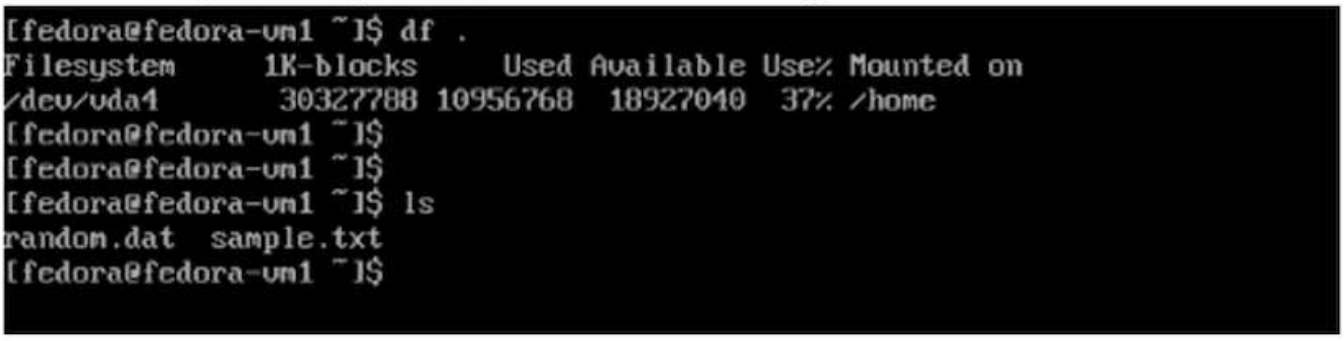


Auf der Seite Übersicht sehen Sie, dass die Migration erfolgreich war und der Status in erfolgreich geändert wurde.



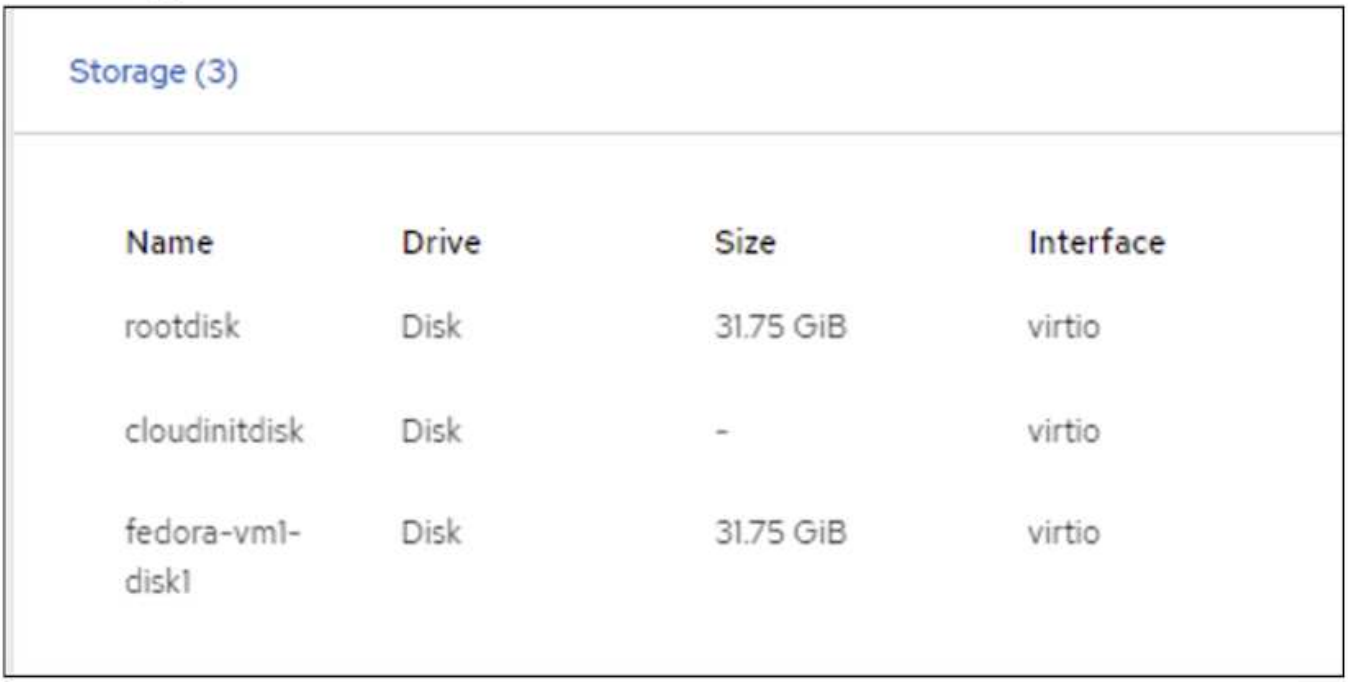
Nach Abschluss der Live-Migration befindet sich die VM nun auf einem anderen Node.

Öffnen Sie die Webkonsole, und zeigen Sie den Inhalt der Festplatten an. Es enthält immer noch die gleichen 2 Dateien, die wir vor der Live-Migration erstellt haben.



```
[fedora@fedora-vm1 ~]$ ls
random.dat  sample.txt
[fedora@fedora-vm1 ~]$ cat sample.txt
This is a sample text file.
[fedora@fedora-vm1 ~]$
```

Der Speicher für die VM auf dem neuen Knoten zeigt noch immer die gleichen Festplatten



Außerdem sind die VES die gleichen.

Die Volumes, die dem VM-Pod zugeordnet sind, sind ebenfalls die gleichen (2 PVCs) wie zuvor.

Demovideo

Live-Migration virtueller Maschinen in OpenShift-Virtualisierung auf ROSA mit Amazon FSX für NetApp ONTAP

Weitere Videos zu Red hat OpenShift- und OpenShift-Virtualisierungslösungen finden Sie "Hier".

Datensicherung Mit Tools Von Drittanbietern

Datensicherung für VMs in OpenShift-Virtualisierung mit OpenShift-API für Data Protection (OADP)

Autor: Banu Sundhar, NetApp

Dieser Abschnitt des Referenzdokuments enthält Details zum Erstellen von Backups von VMs mithilfe der OpenShift API for Data Protection (OADP) mit Velero unter NetApp ONTAP S3 oder NetApp StorageGRID S3. Die Backups von persistenten Volumes (PVs) der VM-Festplatten werden mithilfe von CSI-Trident-Snapshots erstellt.

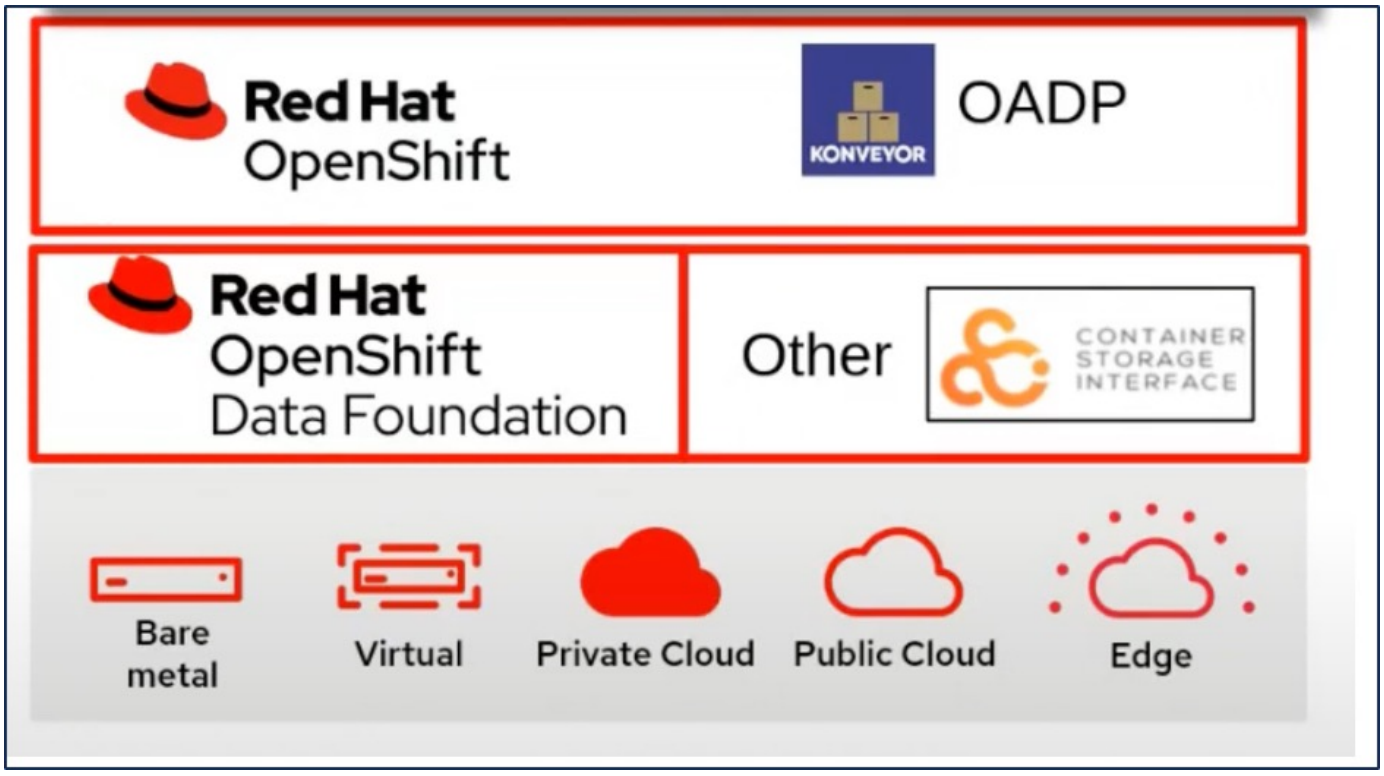
Virtuelle Maschinen in der OpenShift-Virtualisierungsumgebung sind Container-Anwendungen, die in den Workerknoten der OpenShift-Container-Plattform ausgeführt werden. Es ist wichtig, die VM-Metadaten sowie die persistenten Festplatten der VMs zu schützen, damit Sie sie bei Verlust oder Beschädigung wiederherstellen können.

Die persistenten Festplatten der OpenShift-Virtualisierungs-VMs können mithilfe von ONTAP-Speicher gesichert werden, der in den OpenShift-Cluster integriert "Trident-CSI"ist. In diesem Abschnitt führen wir "OpenShift API for Data Protection (OADP)"ein Backup von VMs durch, einschließlich der Daten-Volumes in

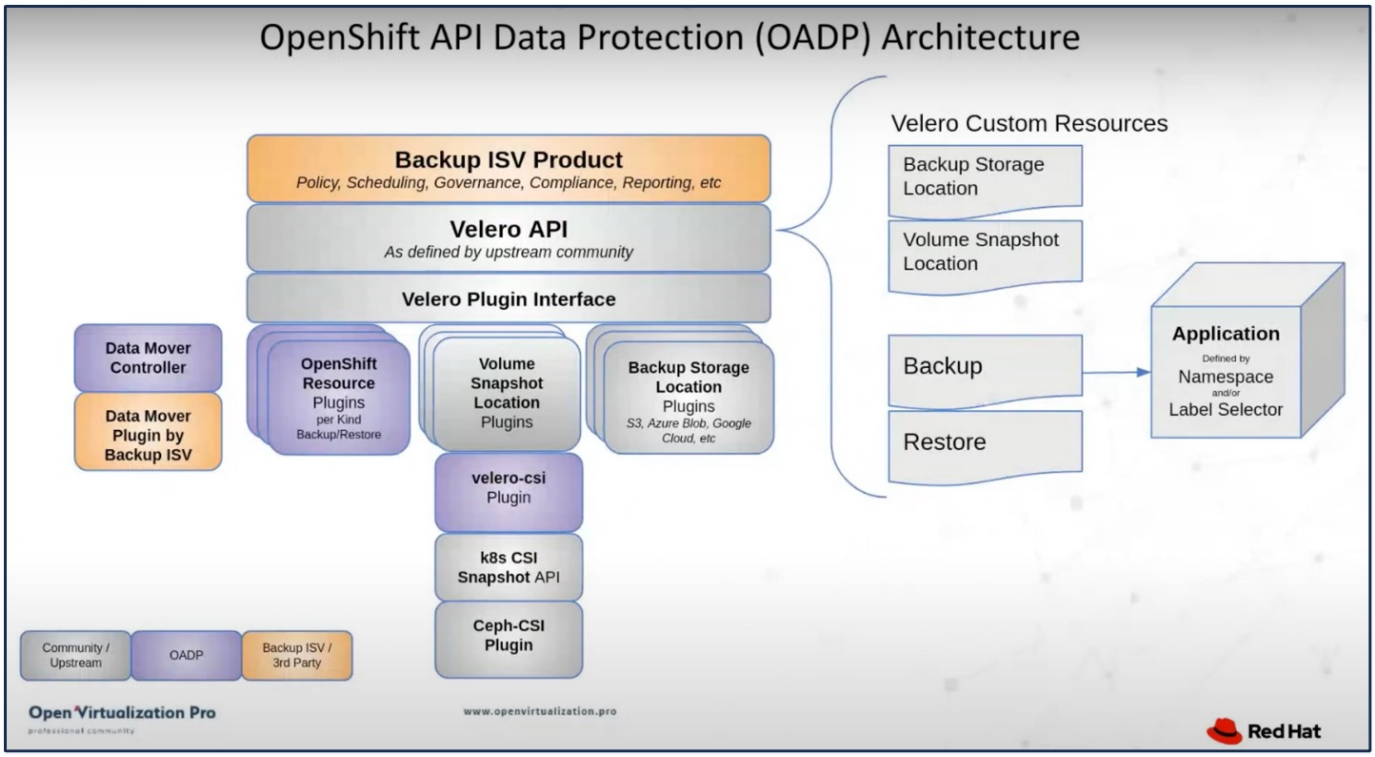
- ONTAP Objekt-Storage
- StorageGRID

Wir führen dann bei Bedarf ein Restore aus dem Backup durch.

OADP ermöglicht Backup, Wiederherstellung und Disaster Recovery von Applikationen auf einem OpenShift-Cluster. Zu den mit OADP gesicherten Daten gehören Kubernetes-Ressourcenobjekte, persistente Volumes und interne Images.



Red hat OpenShift nutzt die von den OpenSource Communities entwickelten Lösungen für den Datenschutz. "Velero" Ist ein Open-Source-Tool für sicheres Backup und Restore, Disaster Recovery und die Migration von Kubernetes-Cluster-Ressourcen und persistenten Volumes. Um Velero einfach nutzen zu können, hat OpenShift den OADP-Operator und das Velero-Plugin für die Integration in die CSI-Speichertreiber entwickelt. Die Kernelemente der OADP-APIs, die offengelegt werden, basieren auf den Velero-APIs. Nach der Installation und Konfiguration des OADP-Bedieners basieren die durchzuführenden Backup-/Wiederherstellungsvorgänge auf den von der Velero-API offengelegten Vorgängen.



OADP 1.3 ist über den Operator Hub von OpenShift Cluster 4.12 und höher verfügbar. Es verfügt über einen integrierten Data Mover, der CSI-Volume-Snapshots in einen Remote-Objektspeicher verschieben kann. Dies sorgt für Portabilität und Langlebigkeit, indem Snapshots während des Backups an einen Speicherort für Objekte verschoben werden. Die Snapshots stehen dann für die Wiederherstellung nach Katastrophen zur Verfügung.

Im Folgenden sind die Versionen der verschiedenen Komponenten, die für die Beispiele in diesem Abschnitt verwendet werden

- OpenShift Cluster 4.14
- OpenShift Virtualization wird über OperatorOpenShift Virtualization Operator von Red hat installiert
- OADP Operator 1.13 von Red hat bereitgestellt
- Velero CLI 1.13 für Linux
- Trident 24.02
- ONTAP 9.12

"Trident-CSI" "OpenShift API for Data Protection (OADP)" "Velero"

Installation von OpenShift API for Data Protection (OADP) Operator

In diesem Abschnitt wird die Installation von OpenShift API for Data Protection (OADP) Operator beschrieben.

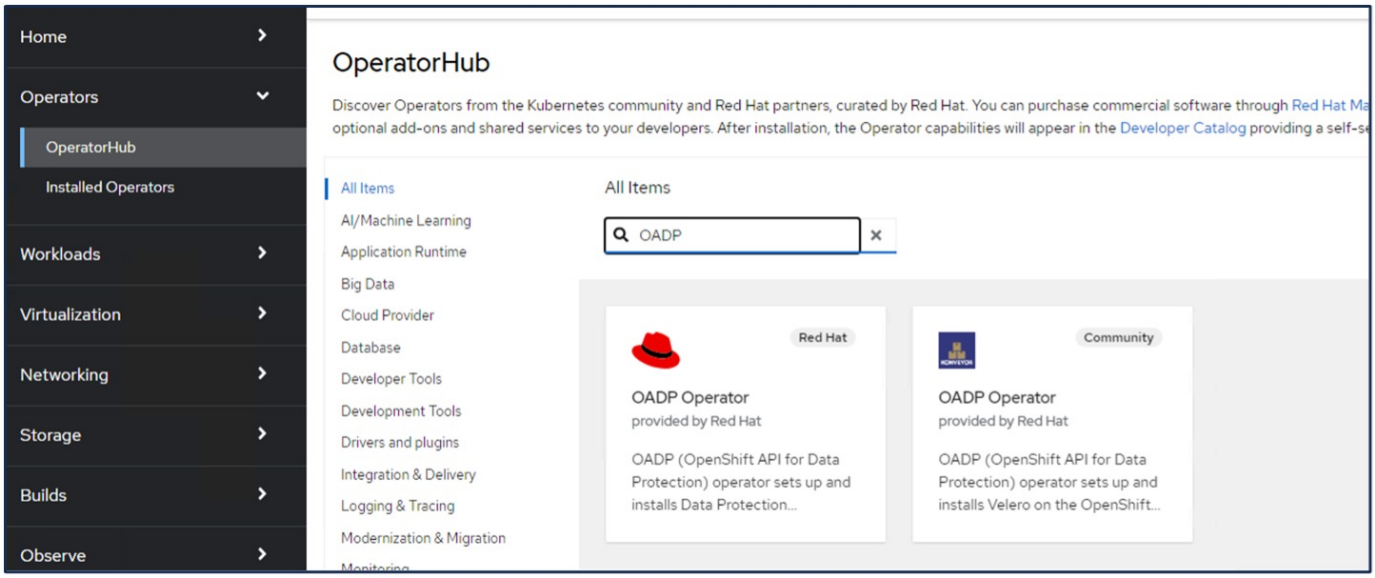
Voraussetzungen

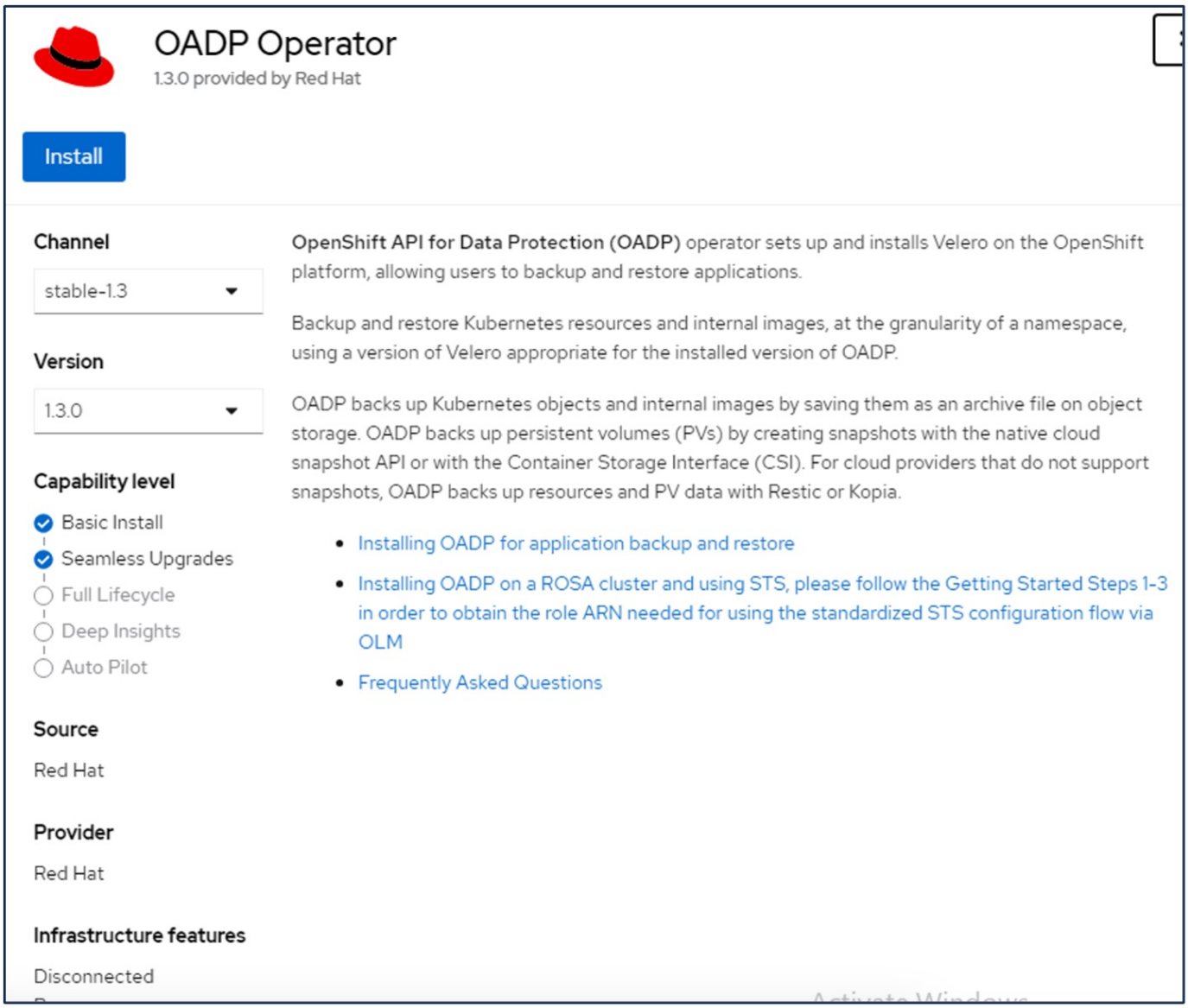
- Ein Red hat OpenShift-Cluster (später als Version 4.12), der auf einer Bare-Metal-Infrastruktur mit RHCOS Worker-Knoten installiert ist
- Ein NetApp ONTAP Cluster, der mithilfe von Trident in den Cluster integriert ist
- Ein Trident Back-End, das mit einer SVM auf ONTAP Cluster konfiguriert ist
- Eine auf dem OpenShift-Cluster konfigurierte StorageClass mit Trident als bereitstellung
- Die Trident Snapshot Klasse wurde auf dem Cluster erstellt
- Cluster-Admin-Zugriff auf Red hat OpenShift-Cluster
- Administratorzugriff auf das NetApp ONTAP-Cluster
- OpenShift Virtualization Operator installiert und konfiguriert
- In einem Namespace auf OpenShift Virtualization implementierte VMs
- Eine Admin-Workstation mit den Tools tridentctl und oc installiert und zur €Pfad hinzugefügt

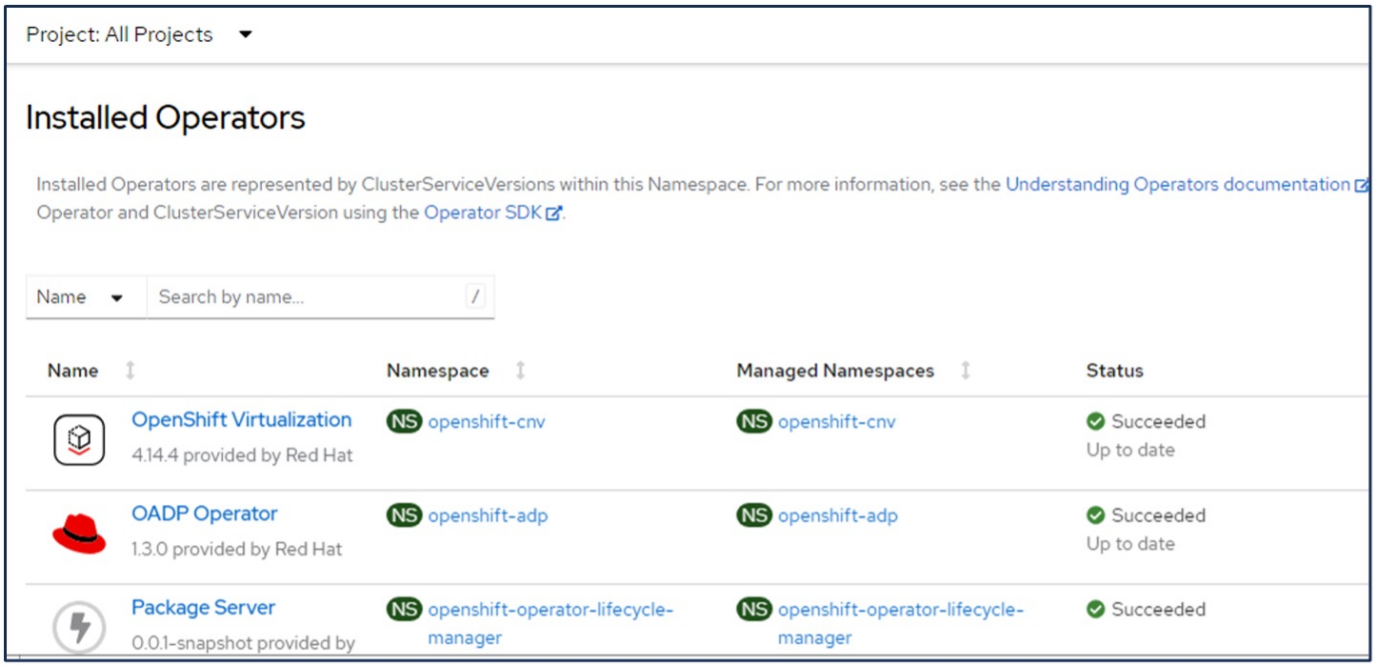
Wenn Sie eine Sicherung einer VM erstellen möchten, wenn sie sich im laufenden Zustand befindet, müssen Sie den QEMU-Gast-Agent auf dieser virtuellen Maschine installieren. Wenn Sie die VM mithilfe einer vorhandenen Vorlage installieren, wird der QEMU-Agent automatisch installiert. QEMU ermöglicht es dem Gast-Agent, während des Snapshot-Prozesses Daten im Gastbetriebssystem stillzulegen und eine mögliche Beschädigung von Daten zu vermeiden. Wenn QEMU nicht installiert ist, können Sie die virtuelle Maschine anhalten, bevor Sie eine Sicherung durchführen.

Schritte zum Installieren des OADP-Bedieners

1. Gehen Sie zum Operator Hub des Clusters, und wählen Sie Red hat OADP Operator aus. Verwenden Sie auf der Seite Installieren alle Standardauswahlen, und klicken Sie auf Installieren. Verwenden Sie auf der nächsten Seite erneut alle Standardeinstellungen, und klicken Sie auf Installieren. Der OADP-Operator wird im Namespace openshift-adp installiert.




OADP Operator
1.3.0 provided by Red Hat
Install
Channel
stable-1.3
Version
1.3.0
Capability level
Basic Install
Seamless Upgrades
Full Lifecycle
Deep Insights
Auto Pilot
Source
Red Hat
Provider
Red Hat
Infrastructure features
Disconnected
OpenShift API for Data Protection (OADP) operator sets up and installs Velero on the OpenShift platform, allowing users to backup and restore applications.
Backup and restore Kubernetes resources and internal images, at the granularity of a namespace, using a version of Velero appropriate for the installed version of OADP.
OADP backs up Kubernetes objects and internal images by saving them as an archive file on object storage. OADP backs up persistent volumes (PVs) by creating snapshots with the native cloud snapshot API or with the Container Storage Interface (CSI). For cloud providers that do not support snapshots, OADP backs up resources and PV data with Restic or Kopia.
Installing OADP for application backup and restore
Installing OADP on a ROSA cluster and using STS, please follow the Getting Started Steps 1-3 in order to obtain the role ARN needed for using the standardized STS configuration flow via OLM
Frequently Asked Questions


Project: All Projects
Installed Operators
Installed Operators are represented by ClusterServiceVersions within this Namespace. For more information, see the Understanding Operators documentation
Operator and ClusterServiceVersion using the Operator SDK.
Name
Search by name...
Name
Namespace
Managed Namespaces
Status
OpenShift Virtualization
4.14.4 provided by Red Hat
NS openshift-cnv
NS openshift-cnv
Succeeded
Up to date
OADP Operator
1.3.0 provided by Red Hat
NS openshift-adp
NS openshift-adp
Succeeded
Up to date
Package Server
0.0.1-snapshot provided by
NS openshift-operator-lifecycle-manager
NS openshift-operator-lifecycle-manager
Succeeded

Voraussetzungen für die Velero-Konfiguration mit ONTAP S3-Details

Nachdem die Installation des Bedieners erfolgreich war, konfigurieren Sie die Instanz von Velero.
Velero kann für die Verwendung von S3 Compatible Object Storage konfiguriert werden. Konfigurieren Sie ONTAP S3 mithilfe der in dargestellten Verfahren "Abschnitt „Objekt-Storage-Management“ der ONTAP-Dokumentation". Für die Integration in Velero benötigen Sie die folgenden Informationen aus Ihrer ONTAP S3-Konfiguration.

- Eine logische Schnittstelle (Logical Interface, LIF), die für den Zugriff auf S3 verwendet werden kann
- Benutzeranmeldedaten für den Zugriff auf S3, die den Zugriffsschlüssel und den geheimen Zugriffsschlüssel enthalten
- Ein Bucket-Name in S3 für Backups mit Zugriffsberechtigungen für den Benutzer
- Für einen sicheren Zugriff auf den Objektspeicher sollte das TLS-Zertifikat auf dem Object Storage-Server installiert werden.

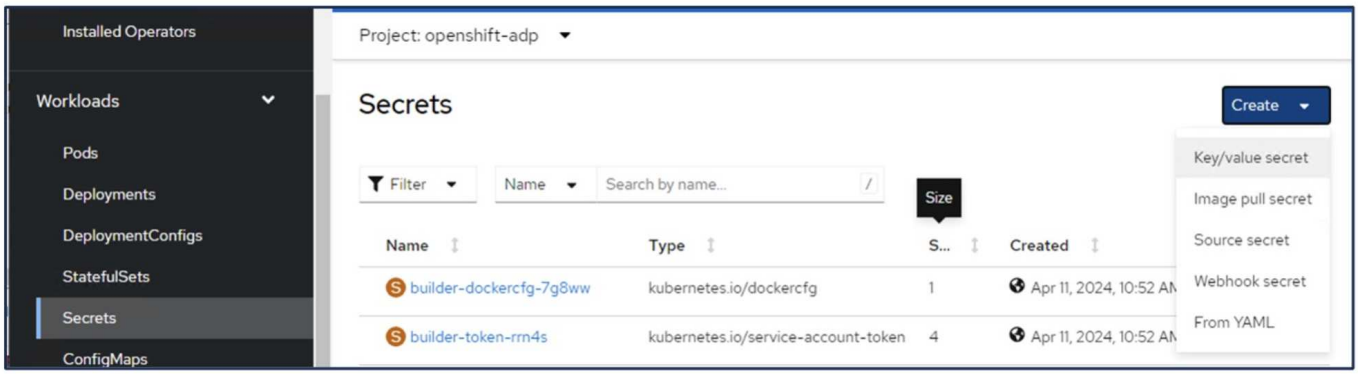
Voraussetzungen für die Velero-Konfiguration mit StorageGRID S3-Details

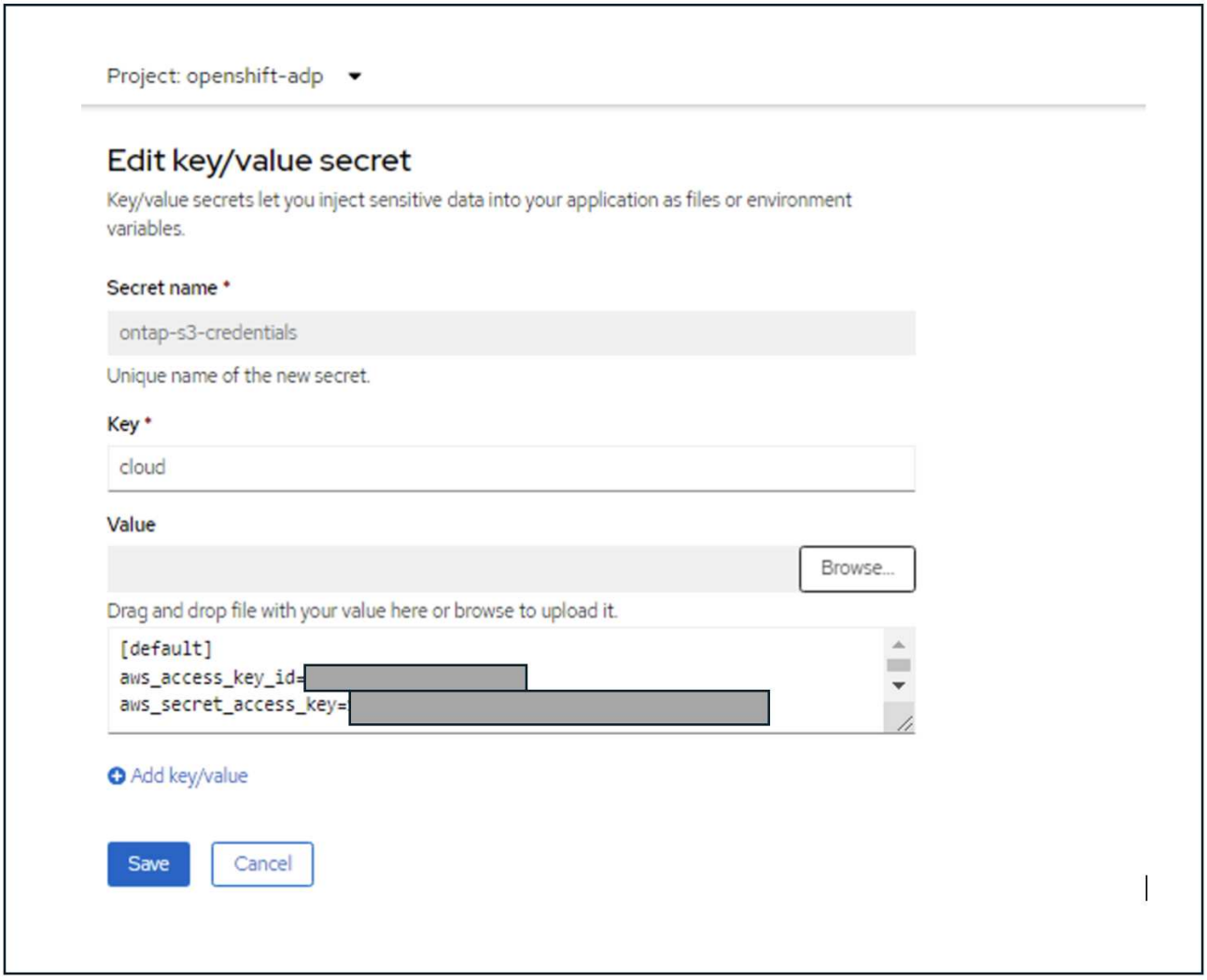
Velero kann für die Verwendung von S3 Compatible Object Storage konfiguriert werden. Sie können StorageGRID S3 mithilfe der in dargestellten Verfahren konfigurieren "StorageGRID Dokumentation". Für die Integration in Velero benötigen Sie die folgenden Informationen aus Ihrer StorageGRID S3-Konfiguration.

- Der Endpunkt, der für den Zugriff auf S3 verwendet werden kann
- Benutzeranmeldedaten für den Zugriff auf S3, die den Zugriffsschlüssel und den geheimen Zugriffsschlüssel enthalten
- Ein Bucket-Name in S3 für Backups mit Zugriffsberechtigungen für den Benutzer
- Für einen sicheren Zugriff auf den Objektspeicher sollte das TLS-Zertifikat auf dem Object Storage-Server installiert werden.

Schritte zum Konfigurieren von Velero

- Erstellen Sie zunächst einen Schlüssel für Anmeldedaten eines ONTAP S3-Benutzers oder eines StorageGRID-Mandanten. Diese wird später zur Konfiguration von Velero verwendet. Sie können einen Schlüssel aus der CLI oder aus der Webkonsole erstellen.
  Um einen Schlüssel von der Webkonsole aus zu erstellen, wählen Sie Geheimnisse aus, und klicken Sie dann auf Schlüssel/Wertgeheimnis. Geben Sie die Werte für den Anmeldeinformationsnamen, den Schlüssel und den angezeigten Wert an. Verwenden Sie unbedingt die Zugriffsschlüssel-ID und den geheimen Zugriffsschlüssel Ihres S3-Benutzers. Nennen Sie das Geheimnis entsprechend. In dem unten stehenden Beispiel wird ein Geheimnis mit den ONTAP S3-Benutzeranmeldeinformationen namens ontap-S3-credentials erstellt.

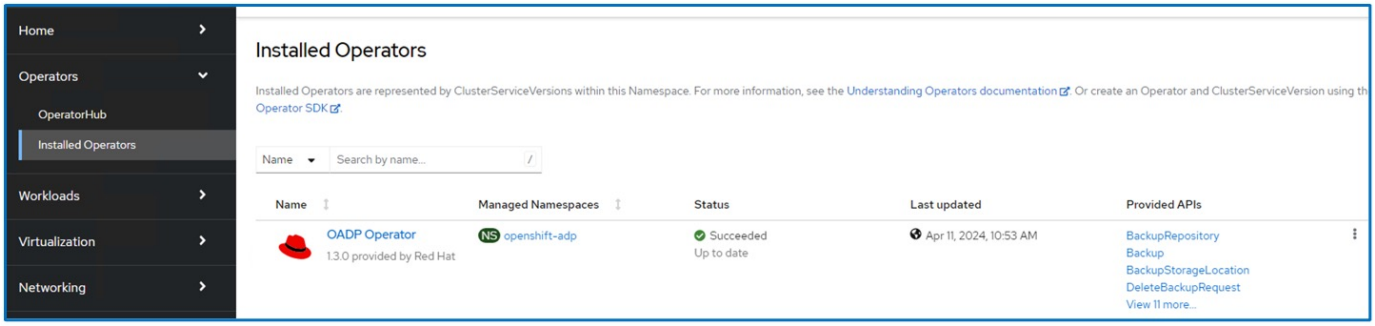




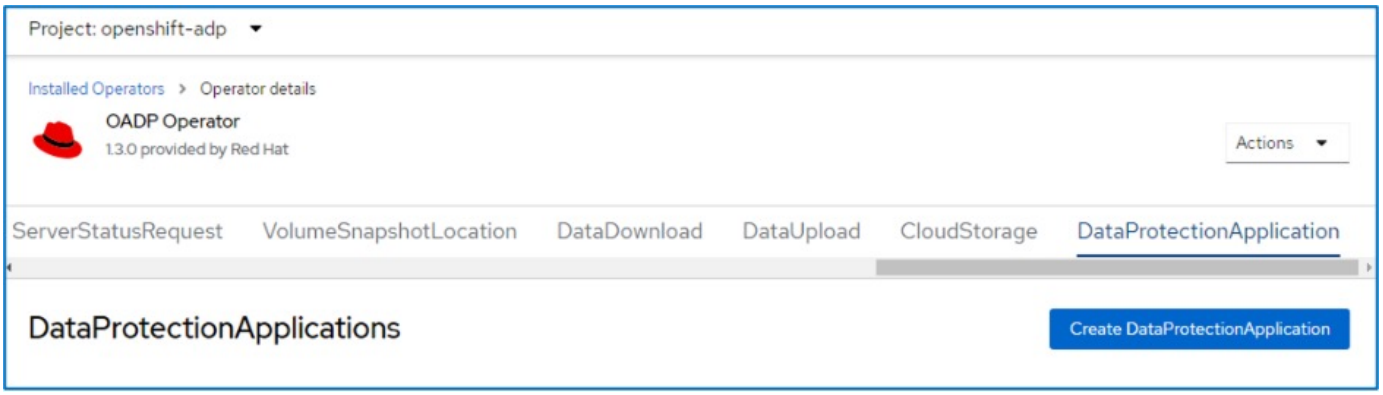
Um einen Schlüssel mit dem Namen sg-s3-credentials aus der CLI zu erstellen, können Sie den folgenden Befehl verwenden.

```
# oc create secret generic sg-s3-credentials --namespace openshift-adp --from-file cloud=cloud-credentials.txt

Where credentials.txt file contains the Access Key Id and the Secret Access Key of the S3 user in the following format:

[default]
aws_access_key_id=< Access Key ID of S3 user>
aws_secret_access_key=<Secret Access key of S3 user>
```

- Um Velero zu konfigurieren, wählen Sie im Menüpunkt unter Operatoren die Option Installed Operators aus, klicken Sie auf OADP Operator und wählen Sie dann die Registerkarte DataProtectionApplication aus.



Klicken Sie auf Create DataProtectionApplication. Geben Sie in der Formularansicht einen Namen für die Datenschutzanwendung ein, oder verwenden Sie den Standardnamen.



Wechseln Sie nun zur YAML-Ansicht, und ersetzen Sie die Spezifikationsinformationen, wie in den nachfolgenden Beispielen für yaml-Dateien gezeigt.

Beispiel-yaml-Datei zur Konfiguration von Velero mit ONTAP S3 als Backup-Speicherort

```
spec:
  backupLocations:
    - velero:
        config:
          insecureSkipTLSVerify: 'false' ->use this for https
communication with ONTAP S3
          profile: default
          region: us-east-1
          s3ForcePathStyle: 'True' ->This allows use of IP in s3URL
          s3Url: 'https://10.xx.xx.xx' ->LIF to access S3. Ensure TLS
certificate for S3 is configured
        credential:
          key: cloud
          name: ontap-s3-credentials ->previously created secret
        default: true
        objectStorage:
          bucket: velero ->Your bucket name previously created in S3 for
backups
          prefix: demobackup ->The folder that will be created in the
bucket
        provider: aws
  configuration:
    nodeAgent:
      enable: true
      uploaderType: kopia
      #default Data Mover uses Kopia to move snapshots to Object Storage
    velero:
      defaultPlugins:
        - csi ->Add this plugin
        - openshift
        - aws
        - kubevirt ->Add this plugin
```

Beispiel-yaml-Datei zur Konfiguration von Velero mit StorageGRID S3 als Backup Location und snapshotLocation

```
spec:
  backupLocations:
    - velero:
        config:
          insecureSkipTLSVerify: 'true'
          profile: default
          region: us-east-1 ->region of your StorageGrid system
          s3ForcePathStyle: 'True'
          s3Url: 'https://172.21.254.25:10443' ->the IP used to access S3
        credential:
          key: cloud
          name: sg-s3-credentials ->secret created earlier
        default: true
        objectStorage:
          bucket: velero
          prefix: demobackup
        provider: aws
  configuration:
    nodeAgent:
      enable: true
      uploaderType: kopia
    velero:
      defaultPlugins:
        - csi
        - openshift
        - aws
        - kubevirt
```

Der Abschnitt „Spec“ in der yaml-Datei sollte für die folgenden Parameter, ähnlich wie im obigen Beispiel, entsprechend konfiguriert werden

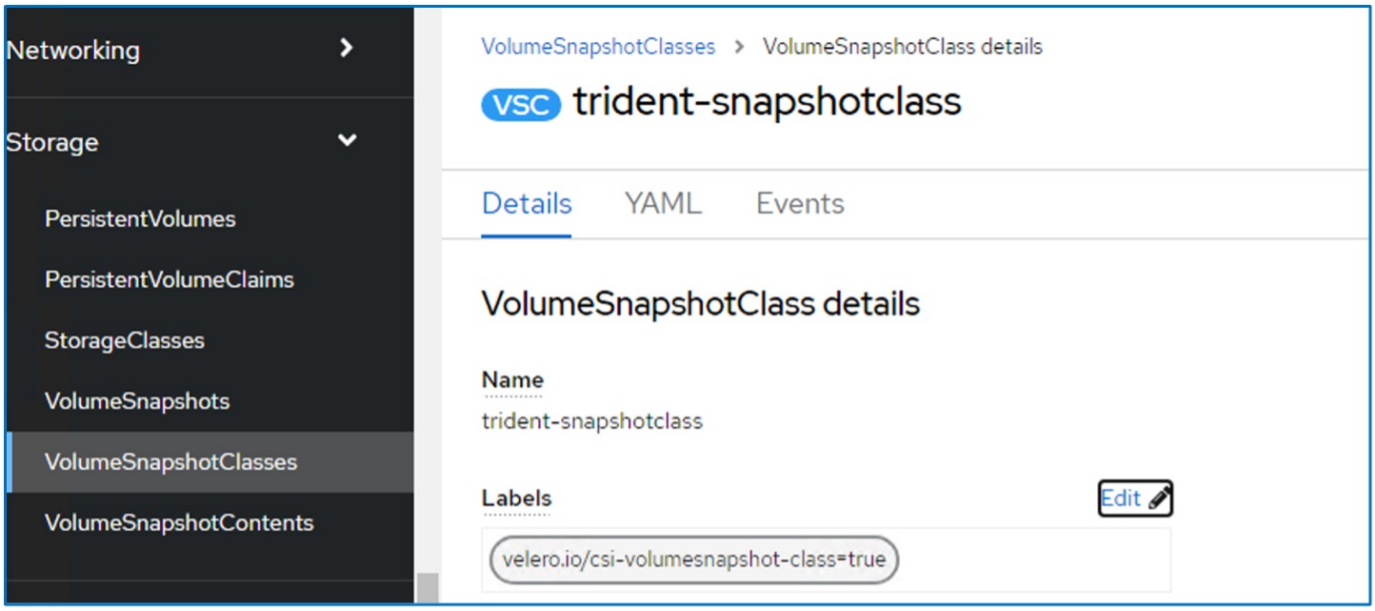
Backup-Standorte
ONTAP S3 oder StorageGRID S3 (mit seinen Zugangsdaten und anderen in der yaml angezeigten Informationen) ist als Standardspeicherort für velero konfiguriert.

SnapshotLocations Wenn Sie CSI-Snapshots (Container Storage Interface) verwenden, müssen Sie keinen Snapshot-Speicherort angeben, da Sie einen VolumeSnapshotClass CR erstellen, um den CSI-Treiber zu registrieren. In unserem Beispiel verwenden Sie Trident CSI und Sie haben bereits VolumeSnapShotClass CR mit dem Trident CSI-Treiber erstellt.

CSI-Plugin aktivieren
Fügen Sie csi zu den defaultPlugins für Velero hinzu, um persistente Volumes mit CSI-Snapshots zu sichern. Die Velero CSI Plugins, um CSI-gestützte VES zu sichern, wählen die VolumeSnapshotClass im Cluster, die **velero.io/csi-Volumesnapshot-class** Label darauf gesetzt hat. Für diese

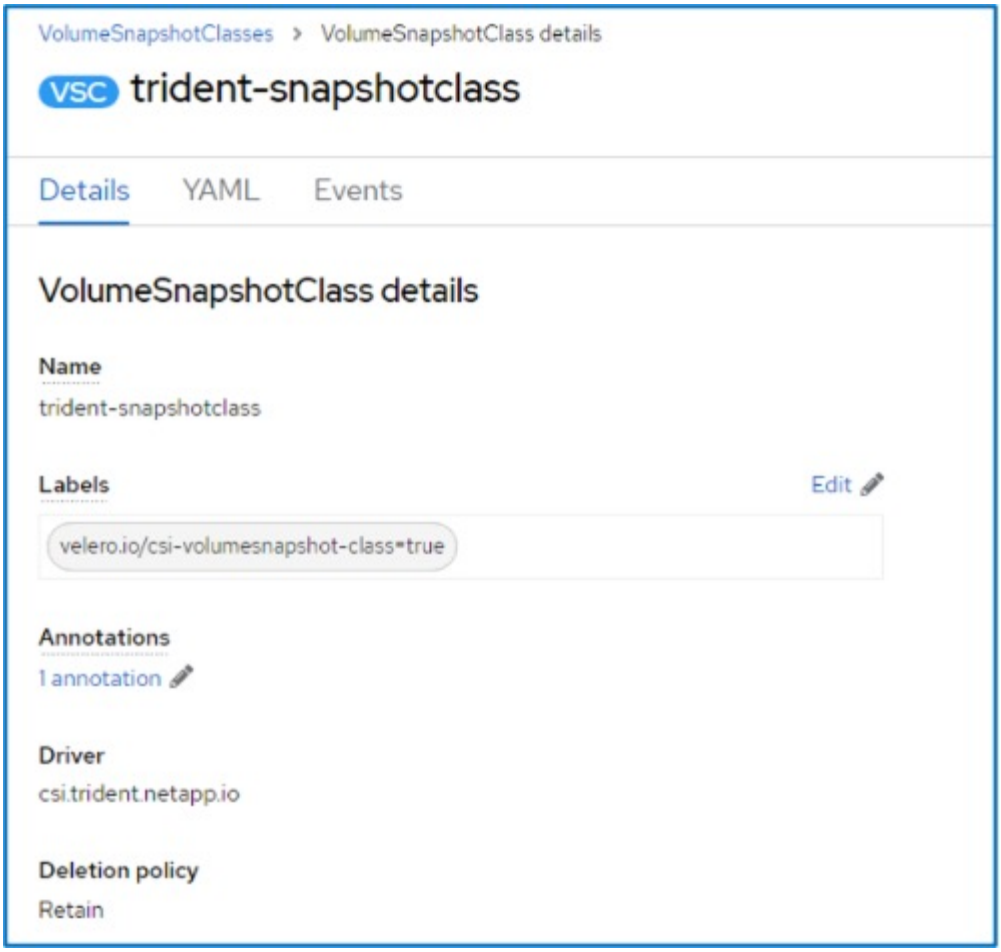
- Sie müssen die Dreizack-VolumeSnapshotClass erstellen lassen.
- Bearbeiten Sie die Beschriftung der Dreizack-snapshotklasse, und setzen Sie sie auf

velero.io/csi-Volumesnapshot-class=true wie unten gezeigt.

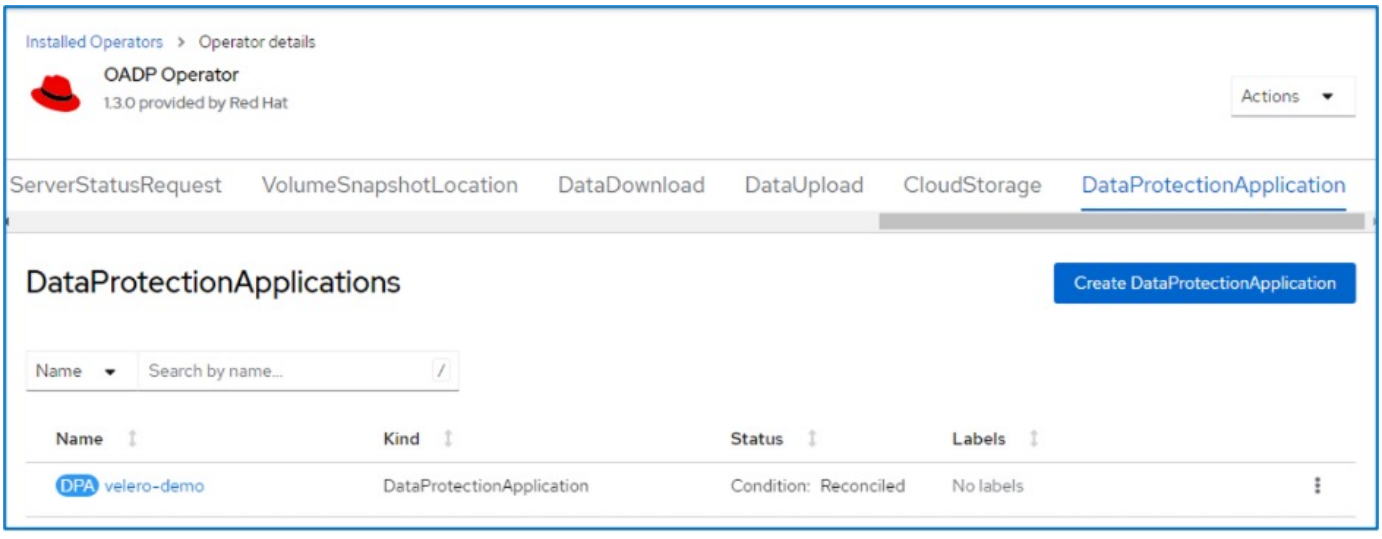


Stellen Sie sicher, dass die Snapshots auch dann bestehen können, wenn die VolumeSnapshot-Objekte gelöscht werden. Dies kann durch Setzen der **deletionPolicy** auf behalten erfolgen. Wenn nicht, geht durch das Löschen eines Namespace sämtliche darin gesicherten PVCs verloren.

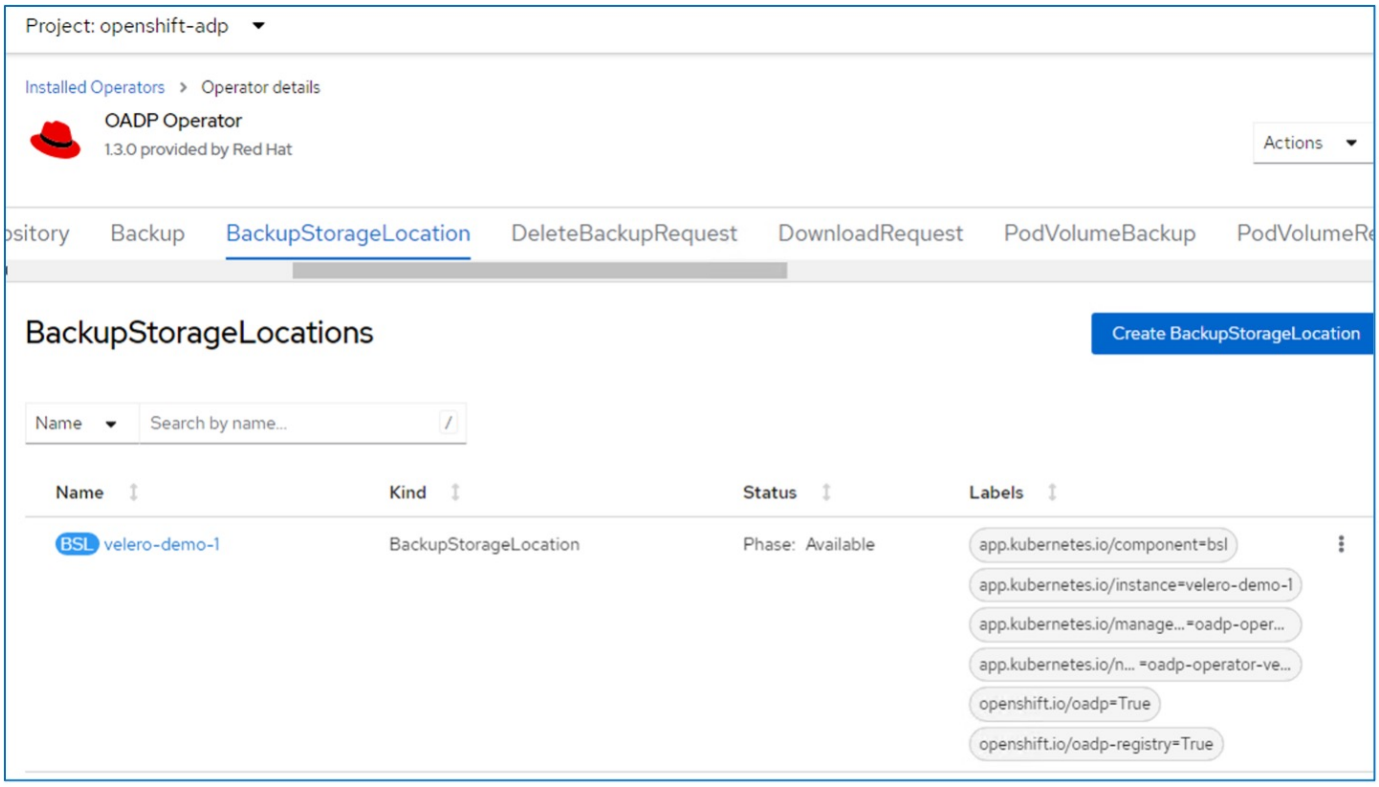
```
apiVersion: snapshot.storage.k8s.io/v1
kind: VolumeSnapshotClass
metadata:
  name: trident-snapshotclass
driver: csi.trident.netapp.io
deletionPolicy: Retain
```



Stellen Sie sicher, dass die DataProtectionApplication erstellt wurde und sich in der Bedingung:abgestimmt befindet.



Der OADP-Operator erstellt einen entsprechenden BackupStorageLocation, der beim Erstellen eines Backups verwendet wird.



Erstellen von On-Demand-Backups für VMs in OpenShift Virtualization

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie Sie On-Demand-Backups für VMs in OpenShift Virtualization erstellen.

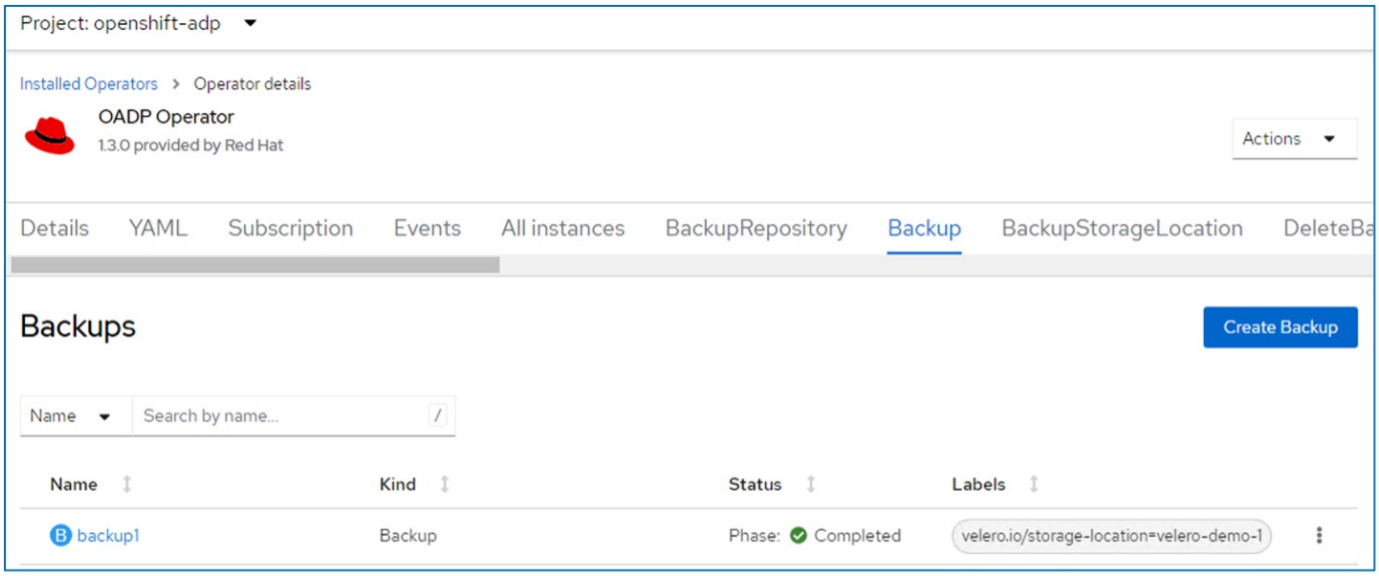
Schritte zum Erstellen einer Sicherung einer VM

Um eine On-Demand-Sicherung der gesamten VM (VM-Metadaten und VM-Festplatten) zu erstellen, klicken Sie auf die Registerkarte **Backup**. Dadurch wird eine benutzerdefinierte Backup-Ressource (CR) erstellt. Ein Beispiel für yaml wird zur Erstellung des Backup CR bereitgestellt. Mit diesem yaml werden die VM und ihre Laufwerke im angegebenen Namespace gesichert. Weitere Parameter können wie in dargestellt eingestellt werden "Dokumentation".

Ein Snapshot der persistenten Volumes, die die Festplatten sichern, wird vom CSI erstellt. Ein Backup der VM zusammen mit dem Snapshot ihrer Festplatten wird erstellt und im Backup-Speicherort gespeichert, der in der yaml angegeben ist. Das Backup bleibt gemäß ttl 30 Tage im System.

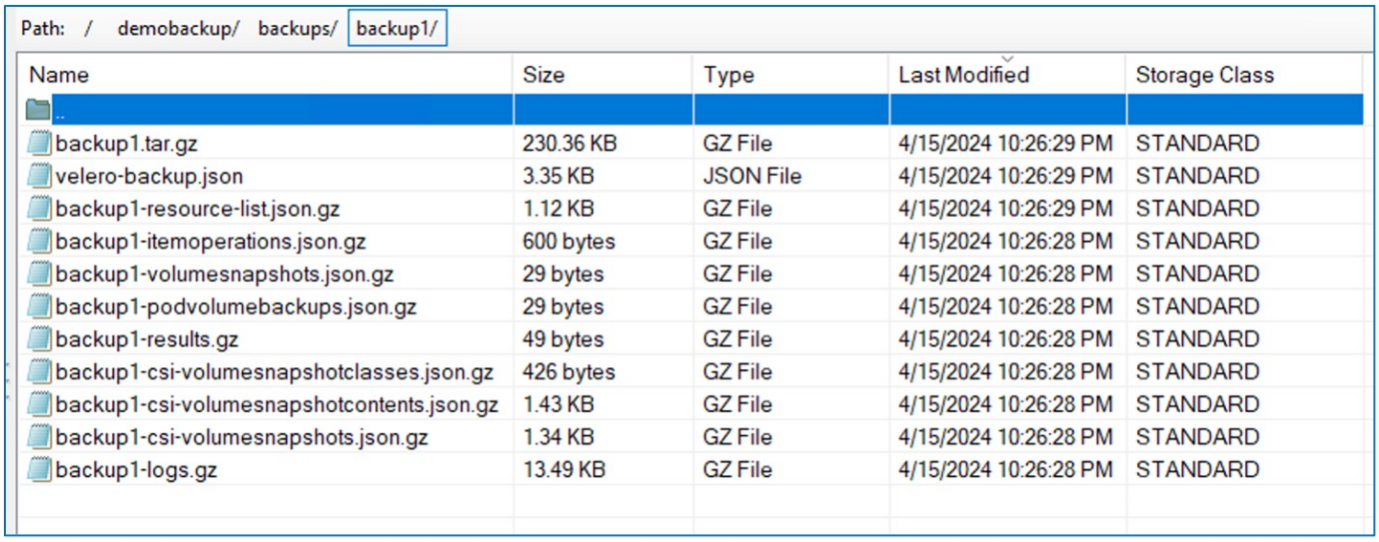
```
apiVersion: velero.io/v1
kind: Backup
metadata:
  name: backup1
  namespace: openshift-adp
spec:
  includedNamespaces:
  - virtual-machines-demo
  snapshotVolumes: true
  storageLocation: velero-demo-1 -->this is the backupStorageLocation
previously created
                                    when Velero is configured.
  ttl: 720h0m0s
```

Sobald das Backup abgeschlossen ist, wird seine Phase als abgeschlossen angezeigt.



Sie können das Backup im Objektspeicher mit Hilfe einer S3-Browser-Anwendung überprüfen. Der Pfad des Backups wird im konfigurierten Bucket mit dem Präfixnamen (velero/demobackup) angezeigt. Sie können den Inhalt des Backups sehen, der die Volume-Snapshots, Protokolle und andere Metadaten der virtuellen Maschine umfasst.

In StorageGRID können Sie die S3-Konsole, die im Tenant Manager verfügbar ist, auch zum Anzeigen der Backup-Objekte verwenden.



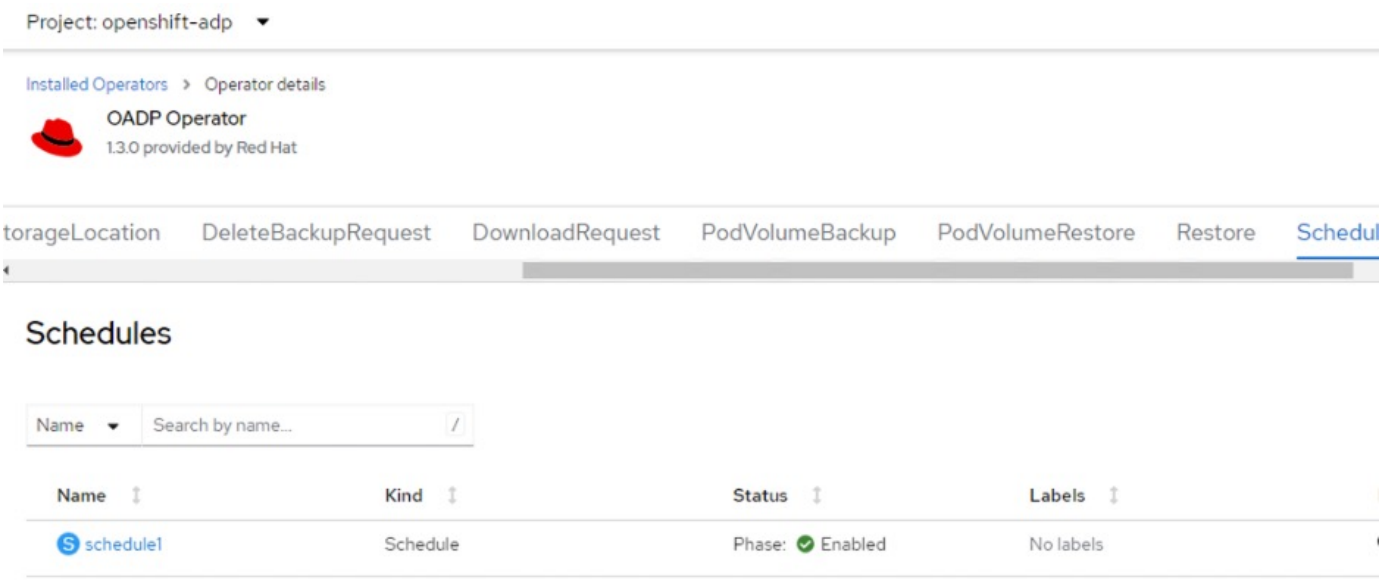
Erstellen geplanter Backups für VMs in OpenShift Virtualization

Um Backups nach einem Zeitplan zu erstellen, müssen Sie einen CR-Zeitplan erstellen.
Der Zeitplan ist einfach ein Cron-Ausdruck, mit dem Sie den Zeitpunkt angeben können, zu dem Sie das Backup erstellen möchten. Ein Beispiel für yaml zum Erstellen eines Schedule CR.

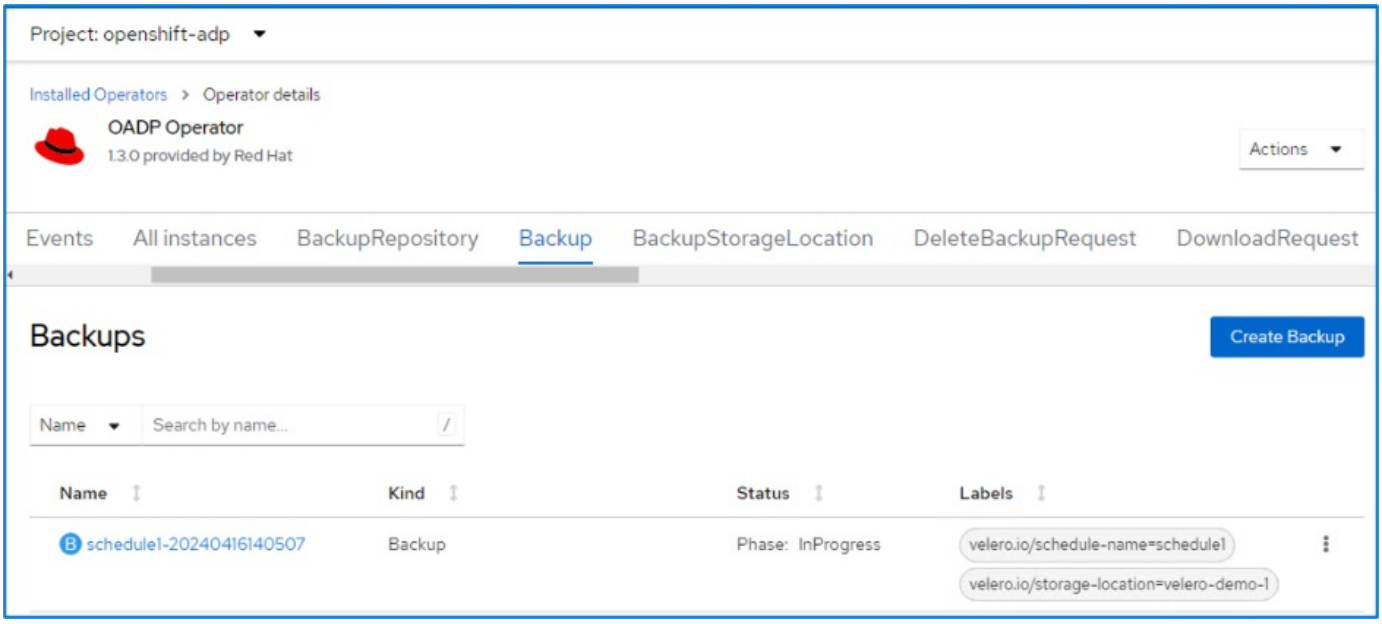
```
apiVersion: velero.io/v1
kind: Schedule
metadata:
  name: <schedule>
  namespace: openshift-adp
spec:
  schedule: 0 7 * * *
  template:
    hooks: {}
    includedNamespaces:
    - <namespace>
    storageLocation: velero-demo-1
    defaultVolumesToFsBackup: true
    ttl: 720h0m0s
```

Der Cron-Ausdruck 0 7 * * * bedeutet, dass täglich um 7:00 Uhr ein Backup erstellt wird.
Die Namespaces, die in das Backup aufgenommen werden sollen, und der Speicherort für das Backup werden ebenfalls angegeben. Anstelle eines Backup CR wird Schedule CR verwendet, um ein Backup zu der angegebenen Zeit und Häufigkeit zu erstellen.

Sobald der Zeitplan erstellt wurde, wird er aktiviert.



Backups werden gemäß diesem Zeitplan erstellt und können auf der Registerkarte Backup angezeigt werden.



Stellen Sie eine VM aus einem Backup wieder her

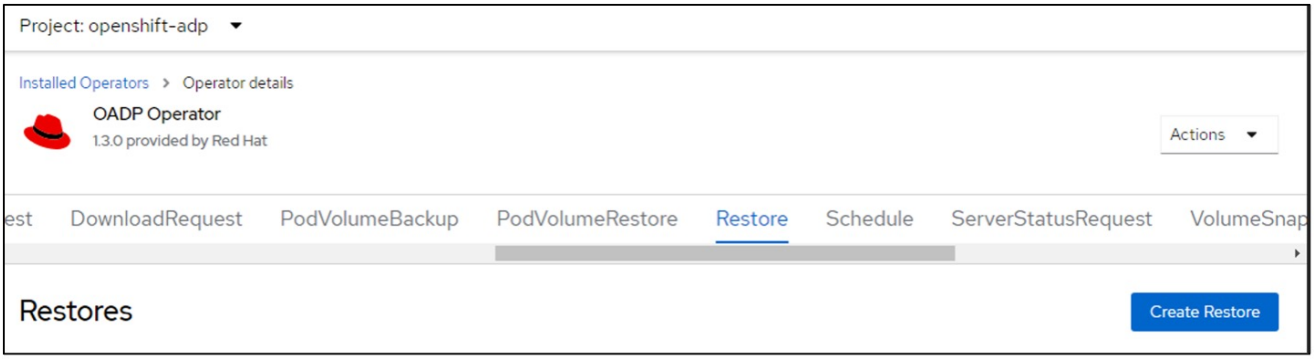
In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie virtuelle Maschinen aus einem Backup wiederhergestellt werden.

Voraussetzungen

Um aus einem Backup wiederherzustellen, nehmen wir an, dass der Namespace, in dem die virtuelle Maschine existierte, versehentlich gelöscht wurde.

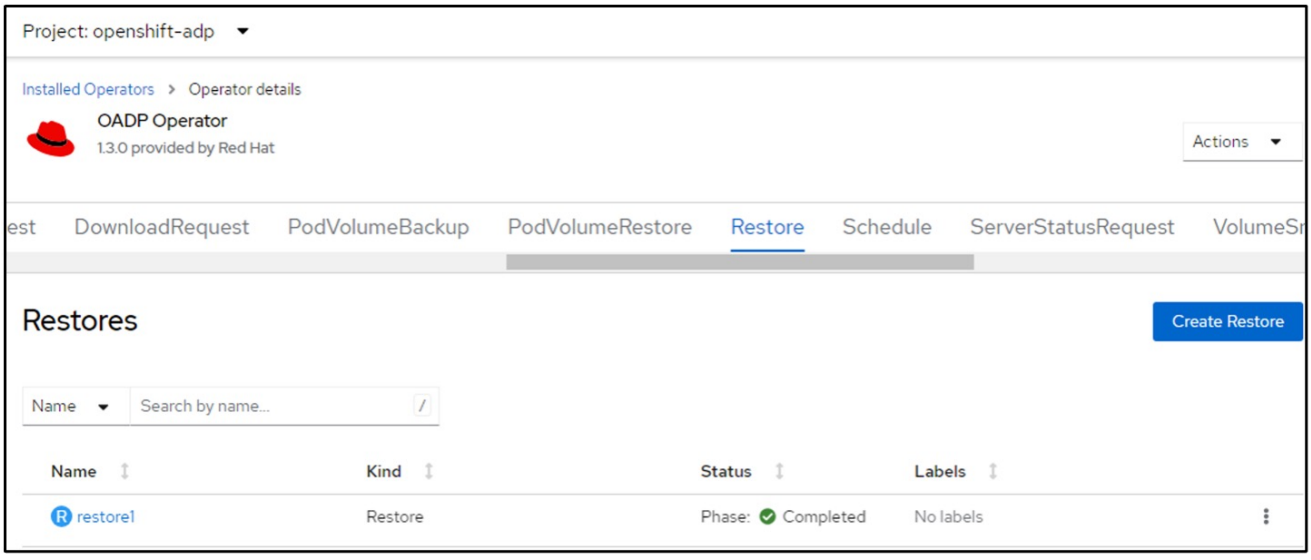
Restore auf denselben Namespace

Um das Backup wiederherzustellen, das wir gerade erstellt haben, müssen wir eine Restore Custom Resource (CR) erstellen. Geben Sie ihm einen Namen, geben Sie den Namen des Backups an, von dem aus wir die Wiederherstellungs-PVs wiederherstellen möchten, und setzen Sie sie auf „True“. Weitere Parameter können wie in dargestellt eingestellt werden "Dokumentation". Klicken Sie auf die Schaltfläche Erstellen.




```
apiVersion: velero.io/v1
kind: Restore
metadata:
  name: restore1
  namespace: openshift-adp
spec:
  backupName: backup1
  restorePVs: true
```

Wenn in der Phase „Abgeschlossen“ angezeigt wird, sehen Sie, dass die virtuellen Maschinen zum Zeitpunkt der Snapshot-Erstellung wieder in den Status versetzt wurden. (Wenn das Backup bei der Ausführung der VM erstellt wurde, wird durch die Wiederherstellung der VM aus dem Backup die wiederhergestellte VM gestartet und in den Betriebszustand versetzt). Die VM wird im gleichen Namespace wiederhergestellt.



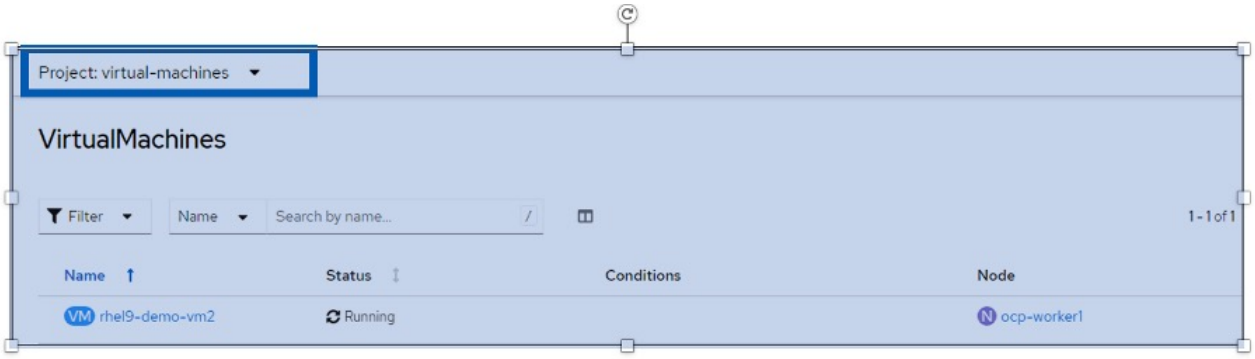
Wiederherstellung in einem anderen Namespace

Um die VM in einem anderen Namespace wiederherzustellen, können Sie in der yaml-Definition des Restore CR ein NamepaceMapping bereitstellen.

Mit der folgenden yaml-Beispieldatei wird ein Restore CR erstellt, um eine VM und ihre Laufwerke im Namespace „Virtual-Machines-Demo“ wiederherzustellen, als das Backup in den Namespace „Virtual Machines“ aufgenommen wurde.

```
apiVersion: velero.io/v1
kind: Restore
metadata:
  name: restore-to-different-ns
  namespace: openshift-adp
spec:
  backupName: backup
  restorePVs: true
  includedNamespaces:
  - virtual-machines-demo
  namespaceMapping:
    virtual-machines-demo: virtual-machines
```

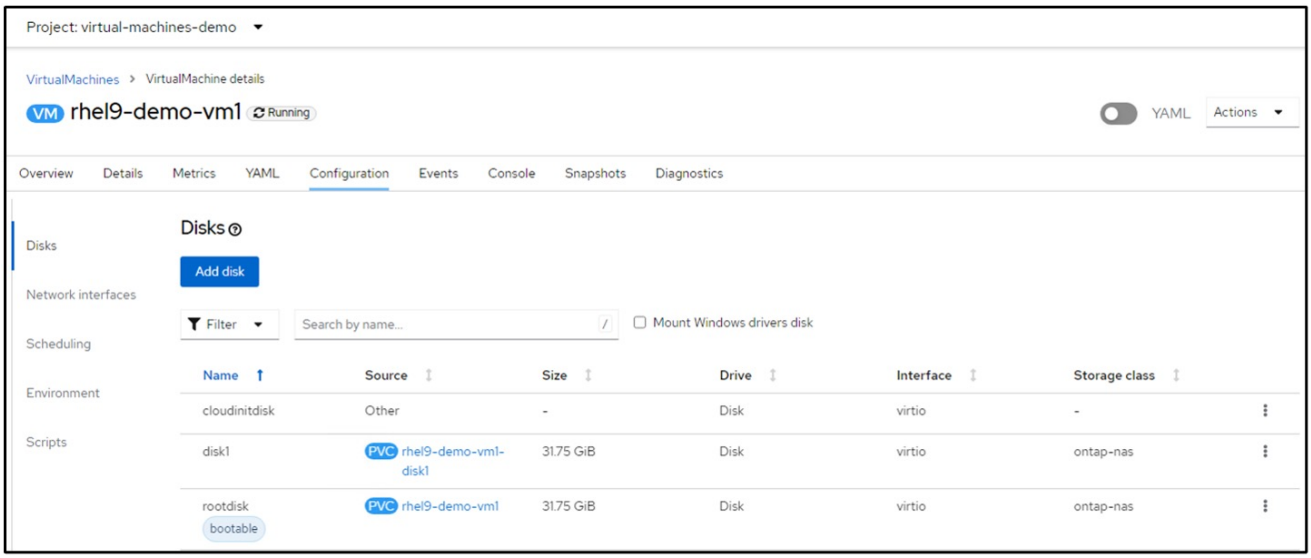
Wenn in der Phase „Abgeschlossen“ angezeigt wird, sehen Sie, dass die virtuellen Maschinen zum Zeitpunkt der Snapshot-Erstellung wieder in den Status versetzt wurden. (Wenn das Backup bei der Ausführung der VM erstellt wurde, wird durch die Wiederherstellung der VM aus dem Backup die wiederhergestellte VM gestartet und in den Betriebszustand versetzt). Die VM wird in einem anderen Namespace wiederhergestellt, wie im yaml angegeben.

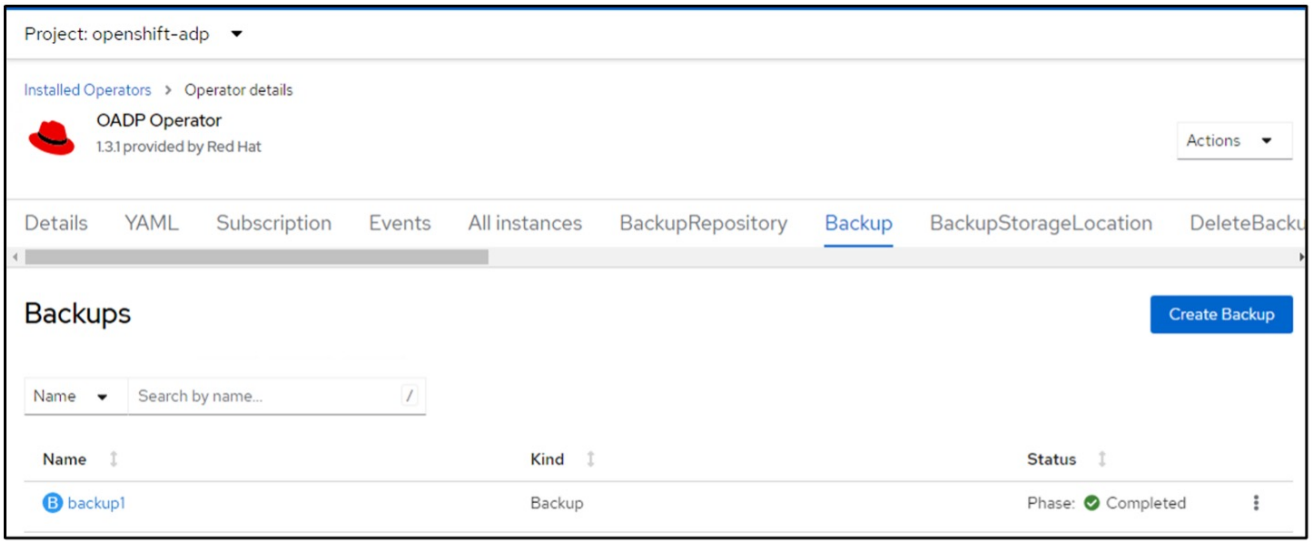


Wiederherstellung auf eine andere Storage-Klasse

Velero bietet eine allgemeine Möglichkeit, die Ressourcen während der Wiederherstellung durch Angabe von json Patches zu ändern. Die json-Patches werden auf die Ressourcen angewendet, bevor sie wiederhergestellt werden. Die json-Patches werden in einer configmap angegeben und im Wiederherstellungsbefehl auf die configmap verwiesen. Diese Funktion ermöglicht Ihnen die Wiederherstellung mit einer anderen Storage-Klasse.

Im folgenden Beispiel verwendet die virtuelle Maschine während der Erstellung ontap-nas als Storage-Klasse für ihre Festplatten. Es wird ein Backup der virtuellen Maschine namens backup1 erstellt.





Simulieren Sie einen Verlust der VM durch Löschen der VM.

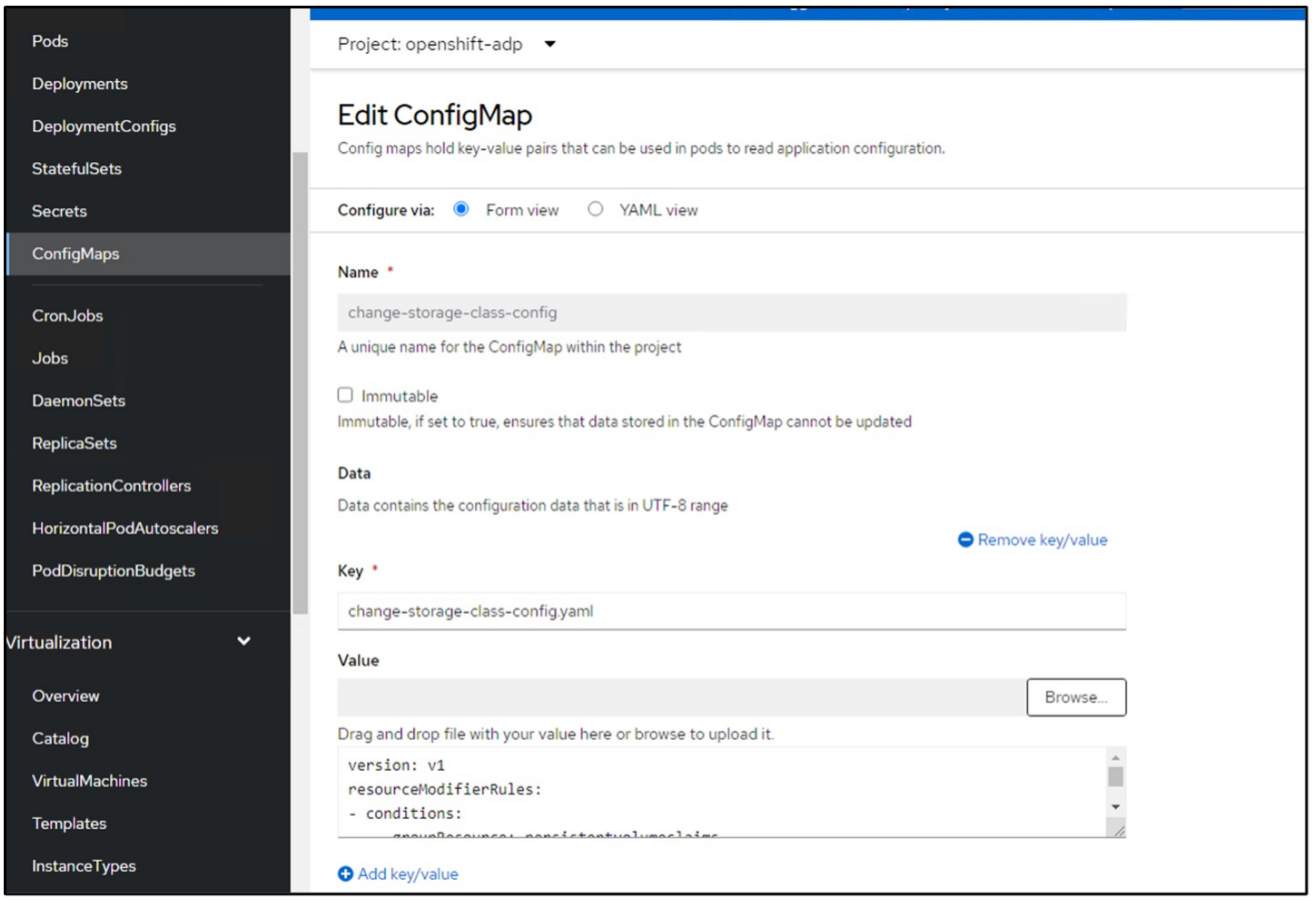
Um die VM mithilfe einer anderen Storage-Klasse, z. B. der Storage-Klasse ontap-nas-eco, wiederherzustellen, müssen Sie die folgenden zwei Schritte durchführen:

Schritt 1

Erstellen Sie eine Konfigurationszuordnung (Konsole) im openshift-adp-Namespace wie folgt: Geben Sie die Details wie im Screenshot gezeigt ein:

Wählen Sie Namespace : openshift-adp
Name: Change-Storage-class-config (kann ein beliebiger Name sein)
Schlüssel: Change-Storage-class-config.yaml:
Wert:

```
version: v1
    resourceModifierRules:
    - conditions:
         groupResource: persistentvolumeclaims
         resourceNameRegex: "^rhel*"
         namespaces:
         - virtual-machines-demo
      patches:
      - operation: replace
        path: "/spec/storageClassName"
        value: "ontap-nas-eco"
```



Das resultierende config map-Objekt sollte wie folgt aussehen (CLI):

```
# kubectl describe cm/change-storage-class-config -n openshift-
adp
Name:         change-storage-class-config
Namespace:    openshift-adp
Labels:       velero.io/change-storage-class=RestoreItemAction
              velero.io/plugin-config=
Annotations:  <none>

Data
====
change-storage-class-config.yaml:
----
version: v1
resourceModifierRules:
- conditions:
     groupResource: persistentvolumeclaims
     resourceNameRegex: "^rhel*"
     namespaces:
     - virtual-machines-demo
  patches:
  - operation: replace
    path: "/spec/storageClassName"
    value: "ontap-nas-eco"


BinaryData
====

Events:  <none>
```

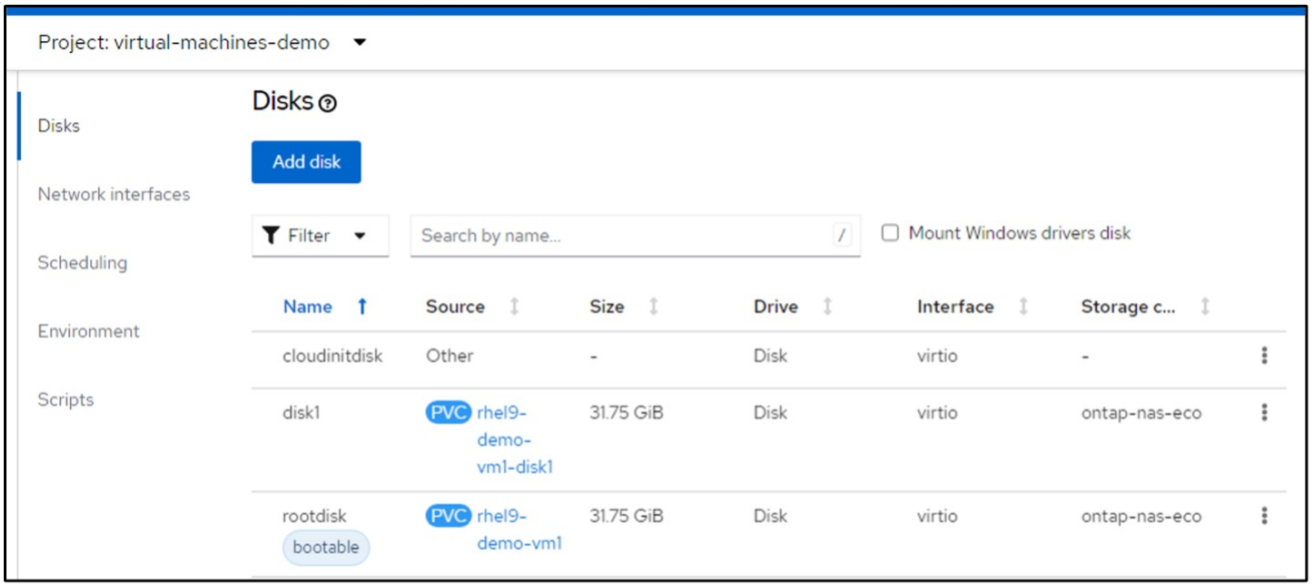
Diese Konfigurationszuordnung wendet die Ressourcenänderungsregel an, wenn die Wiederherstellung erstellt wird. Für alle Ansprüche auf persistente Volumes, die mit RHEL beginnen, wird ein Patch eingesetzt, der den Namen der Storage-Klasse auf ontap-nas-Eco ersetzt.

Schritt 2

Verwenden Sie zum Wiederherstellen der VM den folgenden Befehl aus der Velero CLI:

```
#velero restore create restore1 --from-backup backup1 --resource
-modifier-configmap change-storage-class-config -n openshift-adp
```

Die VM wird im gleichen Namespace mit den Festplatten wiederhergestellt, die mit der Storage-Klasse ontap-nas-eco erstellt wurden.



Löschen von Backups und Restores in mit Velero

In diesem Abschnitt wird erläutert, wie Backups und Restores für VMs in OpenShift Virtualization mithilfe von Velero gelöscht werden.

Löschen eines Backups

Sie können einen Backup CR löschen, ohne die Objektspeicherdaten mit dem OC CLI-Tool zu löschen.

```
oc delete backup <backup_CR_name> -n <velero_namespace>
```

Wenn Sie den Backup CR löschen und die zugehörigen Objektspeicherdaten löschen möchten, können Sie dies mit dem CLI-Tool Velero tun.

Laden Sie die CLI gemäß den Anweisungen in der herunter "Velero-Dokumentation".

Führen Sie den folgenden Löschbefehl über die Velero CLI aus

```
velero backup delete <backup_CR_name> -n <velero_namespace>
```

Löschen einer Wiederherstellung

Sie können den Restore CR mit der Velero CLI löschen

```
velero restore delete restore --namespace openshift-adp
```

Sie können den oc-Befehl sowie die Benutzeroberfläche verwenden, um den Wiederherstellungs-CR zu löschen

```
oc delete backup <backup_CR_name> -n <velero_namespace>
```

Monitoring

Überwachung mit Cloud Insights für VMs in Red hat OpenShift Virtualization

Autor: Banu Sundhar, NetApp

Dieser Abschnitt des Referenzdokuments enthält Details zur Integration von NetApp Cloud Insights in einen Red hat OpenShift-Cluster zur Überwachung von OpenShift-Virtualisierungs-VMs.

NetApp Cloud Insights ist ein Tool für das Monitoring der Cloud-Infrastruktur, mit dem Sie Ihre gesamte Infrastruktur im Blick haben. Es überwacht nicht nur alle Ressourcen, die in Public Clouds und privaten Datacentern liegen, sondern hilft auch dabei, Fehler aufzuspüren und den Ressourceneinsatz zu optimieren. Cloud Insights Weitere Informationen zu NetApp Cloud Insights finden Sie im "Cloud Insights-Dokumentation".

Um Cloud Insights nutzen zu können, müssen Sie sich im NetApp BlueXP Portal anmelden. Weitere Informationen finden Sie im "Cloud Insights-Onboarding"

Cloud Insights bietet verschiedene Funktionen, mit denen Sie Daten schnell und einfach finden, Probleme beheben und Einblicke in Ihre Umgebung erhalten. Mit leistungsstarken Abfragen können Sie Daten einfach auffinden, Daten in Dashboards visualisieren und E-Mail-Warnungen für von Ihnen festgelegte Datenschwellenwerte senden. Siehe "Video-Tutorials" Um Ihnen das Verständnis dieser Funktionen zu erleichtern.

Damit Cloud Insights mit der Datenerfassung beginnen kann, benötigen Sie Folgendes

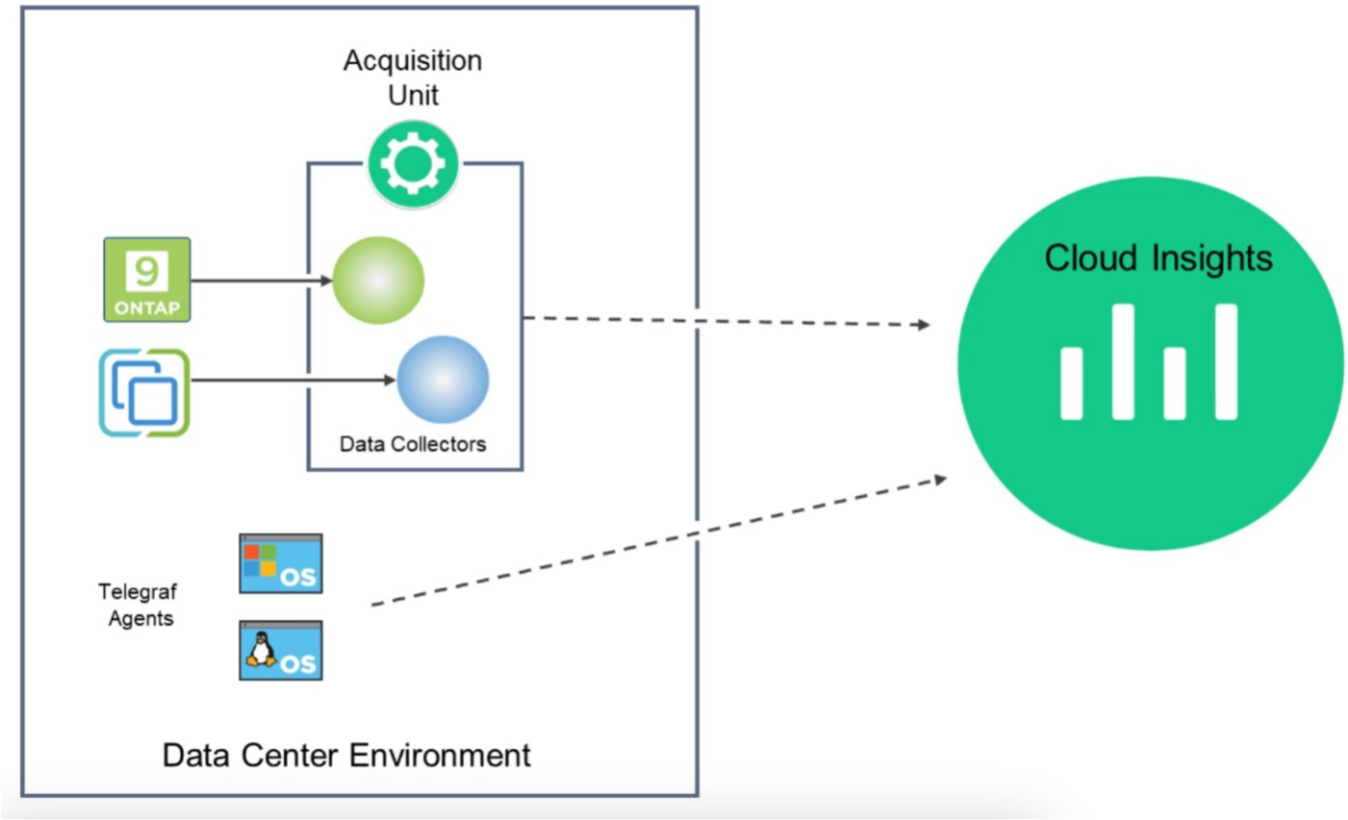
Datensammler
Es gibt 3 Arten von Datensammlern:
* Infrastruktur (Speichergeräte, Netzwerk-Switches, Rechnerinfrastruktur)
* Betriebssysteme (wie VMware oder Windows)
* Dienste (wie Kafka)

Data Collectors erfassen Informationen aus Datenquellen, wie z. B. ONTAP-Speichergeräten (Infrastructure Data Collector). Die gesammelten Informationen dienen Analyse-, Validierungs-, Monitoring- und Fehlerbehebungszwecken.

Erfassungseinheit
Wenn Sie einen Infrastruktur-Data Collector verwenden, benötigen Sie auch eine Erfassungseinheit, um Daten in Cloud Insights zu injizieren. Eine Erfassungseinheit ist ein Computer, der speziell für das Hosten von Datensammlern verwendet wird, in der Regel eine virtuelle Maschine. Dieser Computer befindet sich in der Regel im gleichen Rechenzentrum/VPC wie die überwachten Elemente.

Telegraf Agenten
Cloud Insights unterstützt außerdem Telegraf als Agent für die Erfassung von Integrationsdaten. Telegraf ist ein Plug-in-gestützter Server-Agent, mit dem Kennzahlen, Ereignisse und Protokolle erfasst und protokolliert werden können.

Cloud Insights-Architektur



Integration mit Cloud Insights für VMs in Red hat OpenShift Virtualization

Um Daten für VMs in OpenShift Virtualization zu sammeln, müssen Sie Folgendes installieren:

1. Ein Kubernetes Monitoring Operator und Datensammler zum Erfassen von Kubernetes-Daten
   Vollständige Anweisungen finden Sie im "Dokumentation".
2. Eine Einheit zur Erfassung von Daten aus ONTAP Storage, die persistenten Storage für VM-Festplatten bereitstellt
   Vollständige Anweisungen finden Sie im "Dokumentation".
3. Ein Datensammler für ONTAP
   Vollständige Anweisungen finden Sie im "Dokumentation"

Wenn Sie StorageGRID außerdem für VM-Backups verwenden, benötigen Sie auch einen Datensammler für die StorageGRID.

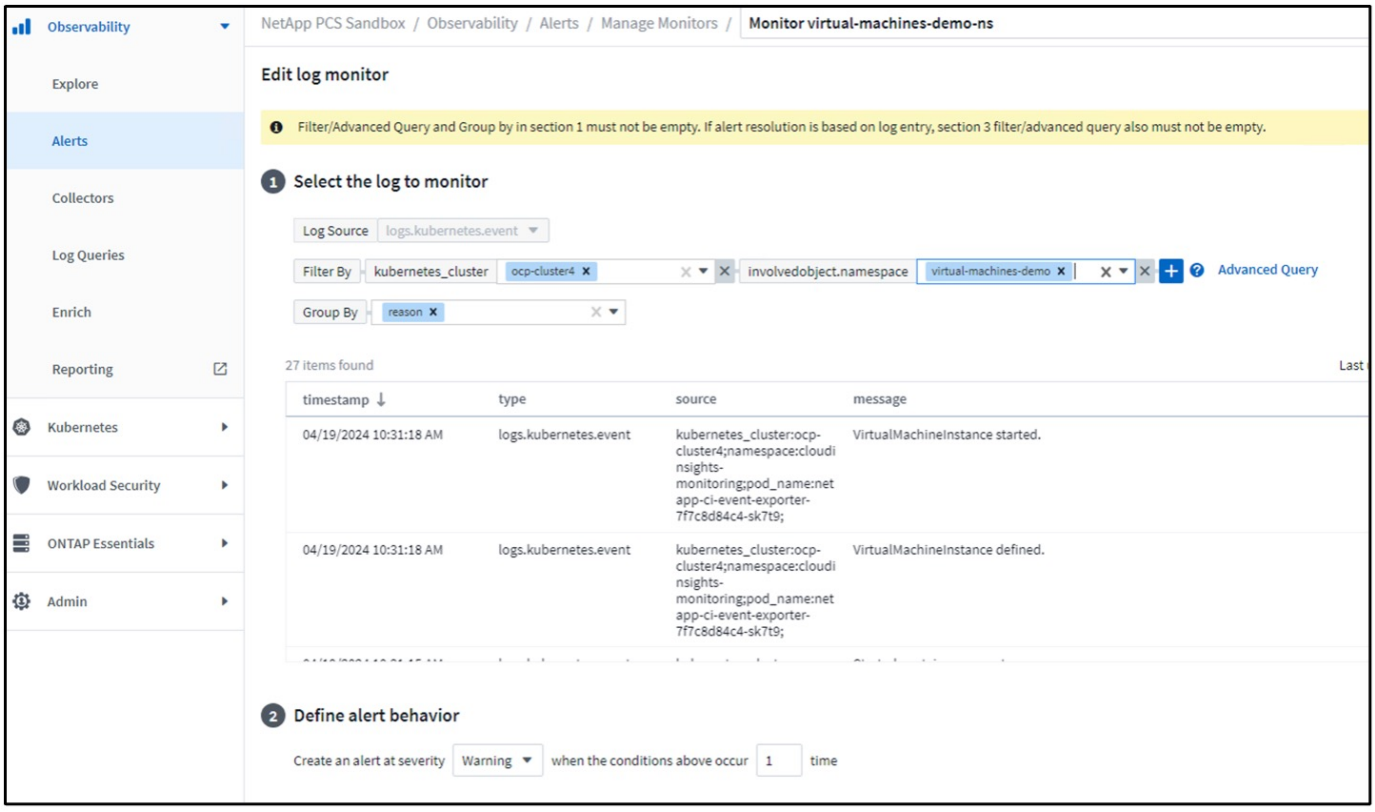
Beispielfunktionen für die Überwachung von VMs in Red hat OpenShift Virtualization

In diesem Abschnitt wird die Überwachung mit Cloud Insights für VMs in Red hat OpenShift Virtualization erläutert.

Überwachung auf Basis von Ereignissen und Erstellung von Warnungen

Hier ist ein Beispiel, bei dem der Namespace, der eine VM in OpenShift Virtualization enthält, anhand von Ereignissen überwacht wird. In diesem Beispiel wird ein Monitor basierend auf **logs.kubernetes**.Event für den

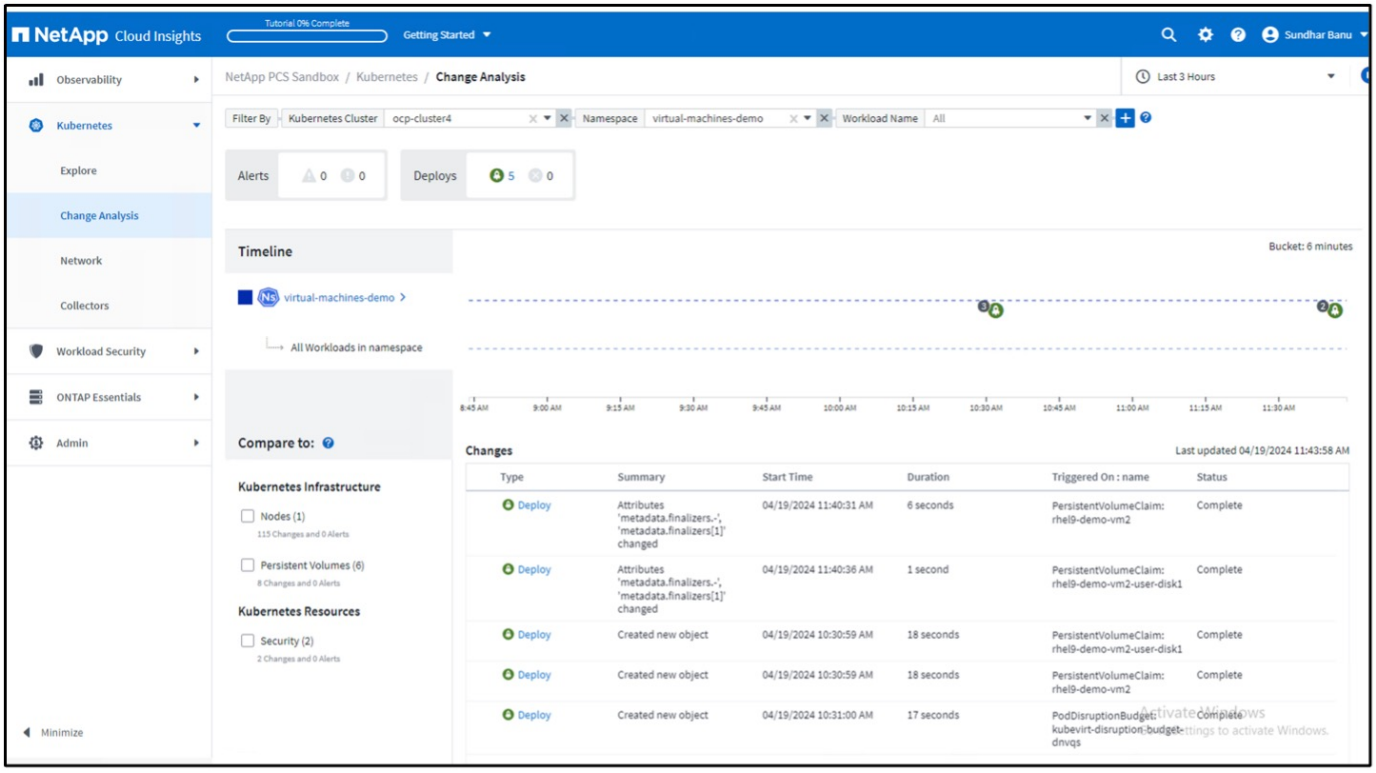
angegebenen Namespace im Cluster erstellt.



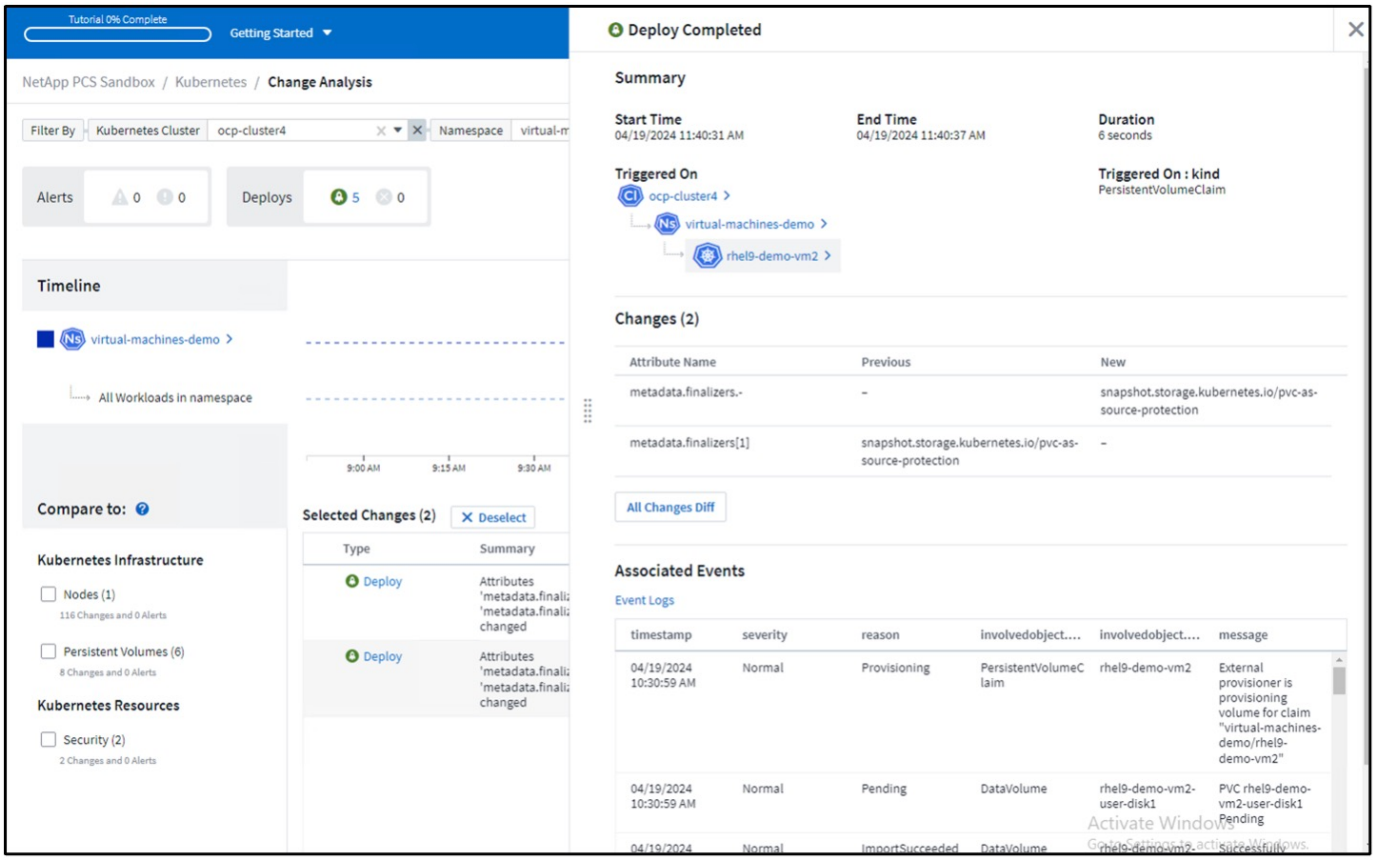
Diese Abfrage enthält alle Ereignisse für die virtuelle Maschine im Namespace. (Im Namespace befindet sich nur eine virtuelle Maschine). Eine erweiterte Abfrage kann auch so konstruiert werden, dass sie auf der Grundlage des Ereignisses gefiltert wird, bei dem der Grund „Fehlgeschlagen“ oder „FailedMount“ lautet. Diese Ereignisse werden normalerweise erstellt, wenn beim Erstellen eines PV ein Problem auftritt oder das PV in einen Pod gemountet wird, der Probleme im dynamischen provisionierer anzeigt, um persistente Daten zu erstellen Volumes für die VM.
Beim Erstellen des Alarmmonitors wie oben gezeigt können Sie auch Benachrichtigungen an Empfänger konfigurieren. Sie können auch Korrekturmaßnahmen oder zusätzliche Informationen bereitstellen, die zur Behebung des Fehlers hilfreich sein können. Im obigen Beispiel könnten Sie weitere Informationen darüber finden, wie die Trident Back-End-Konfiguration und die Storage-Klassendefinitionen zur Behebung des Problems aussehen könnten.

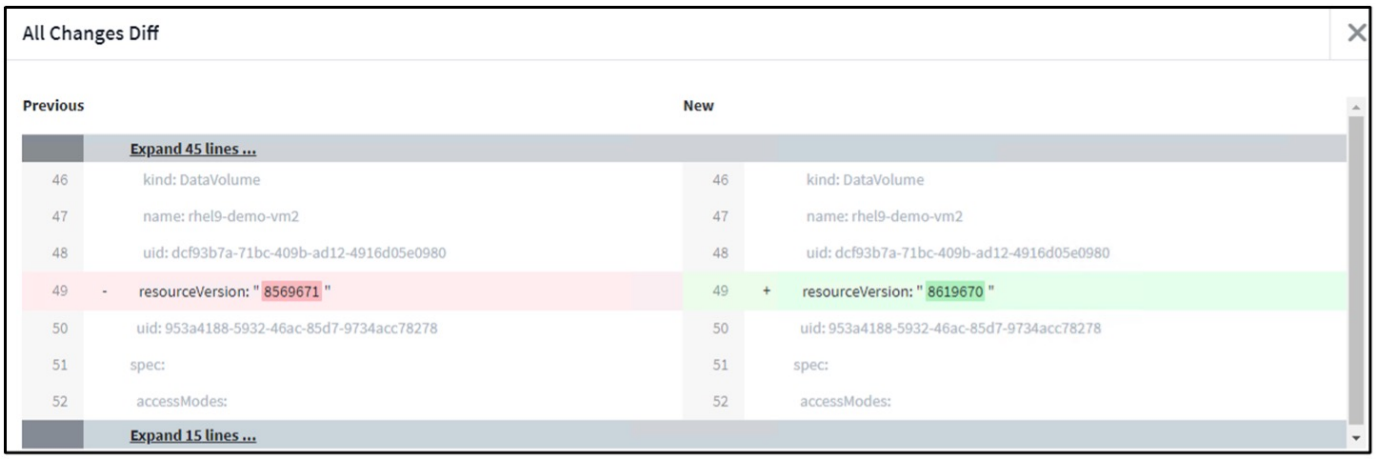
Änderungsanalyse

Mit Change Analytics erhalten Sie einen Überblick darüber, was sich im Zustand Ihres Clusters geändert hat, einschließlich der Person, die diese Änderung vorgenommen hat, um Probleme zu beheben.



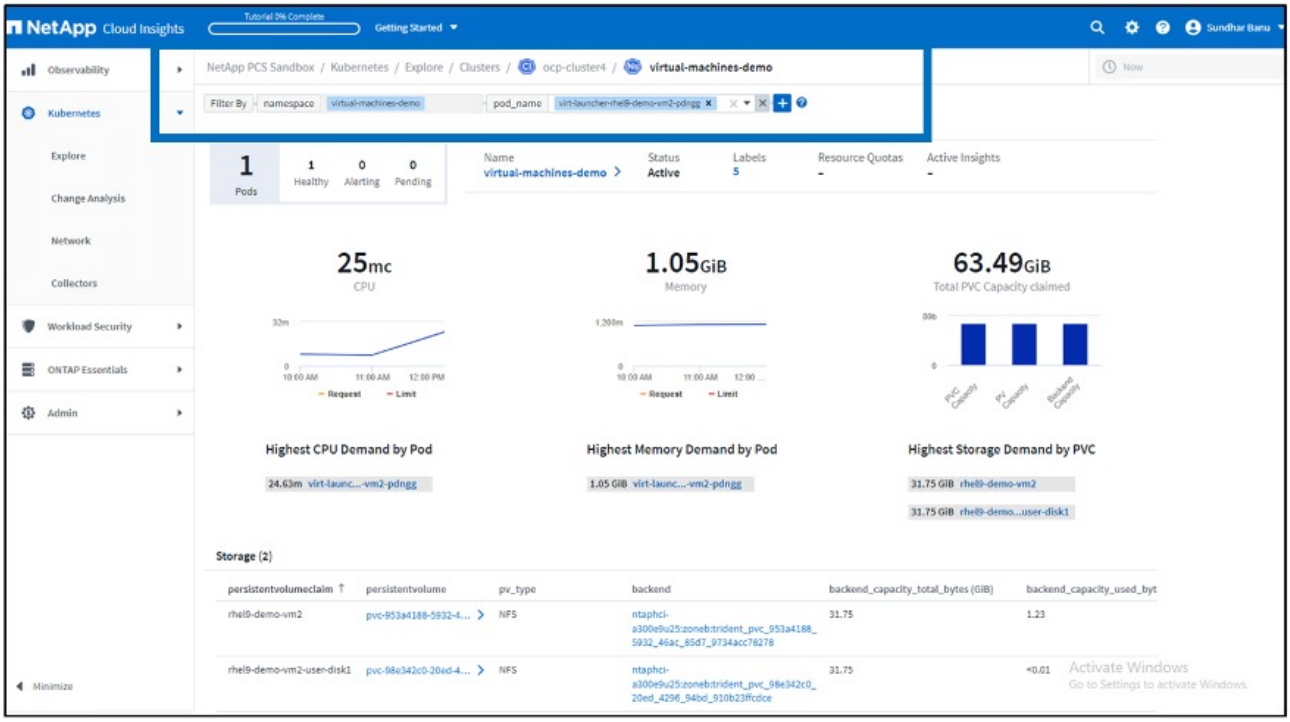
Im obigen Beispiel wird die Änderungsanalyse auf dem OpenShift-Cluster für den Namespace konfiguriert, der eine OpenShift-Virtualisierungs-VM enthält. Das Dashboard zeigt Änderungen gegenüber der Zeitachse an. Sie können nach unten gehen, um zu sehen, was sich geändert hat, und klicken Sie auf Alle Änderungen Diff, um den Unterschied der Manifeste zu sehen. Aus dem Manifest können Sie sehen, dass eine neue Sicherung der persistenten Laufwerke erstellt wurde.



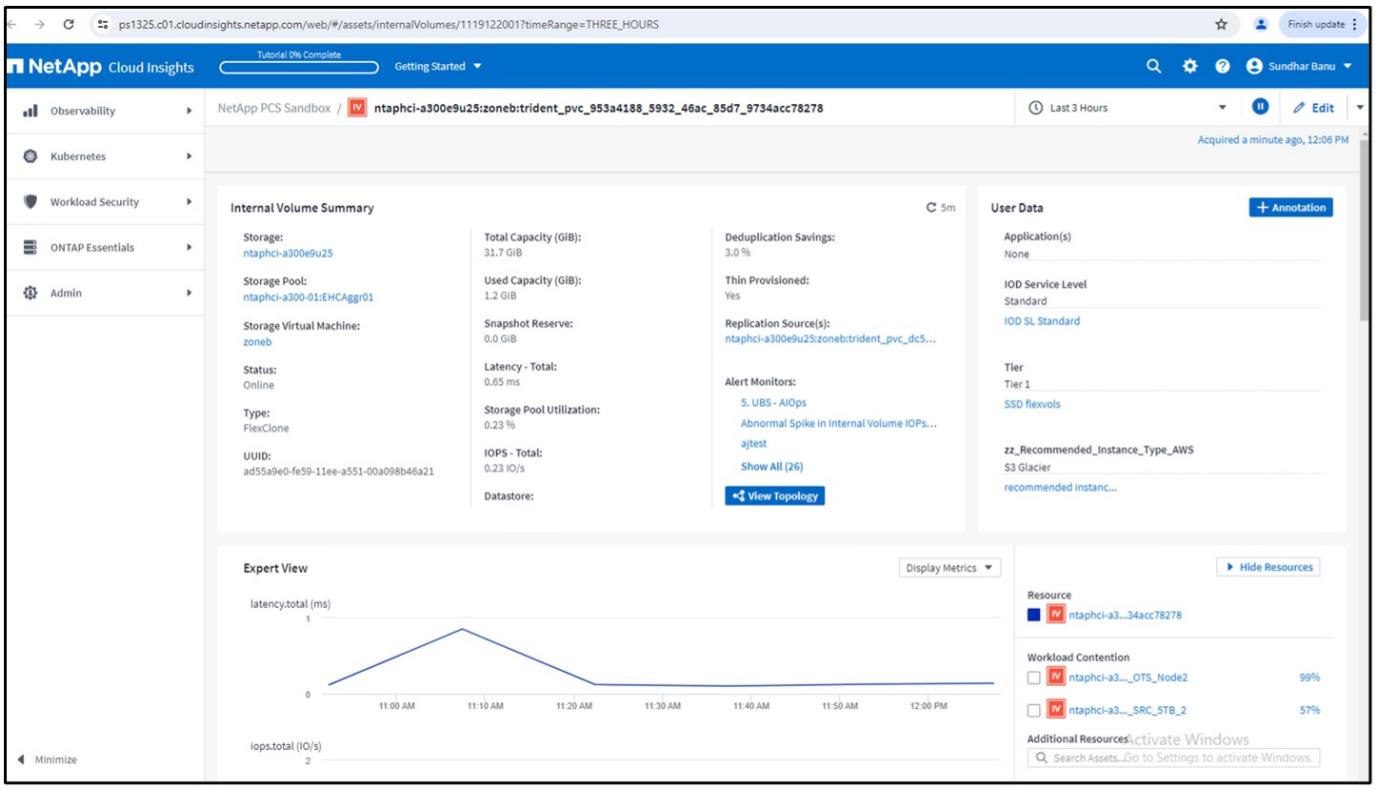


Back-End-Speicherzuordnung

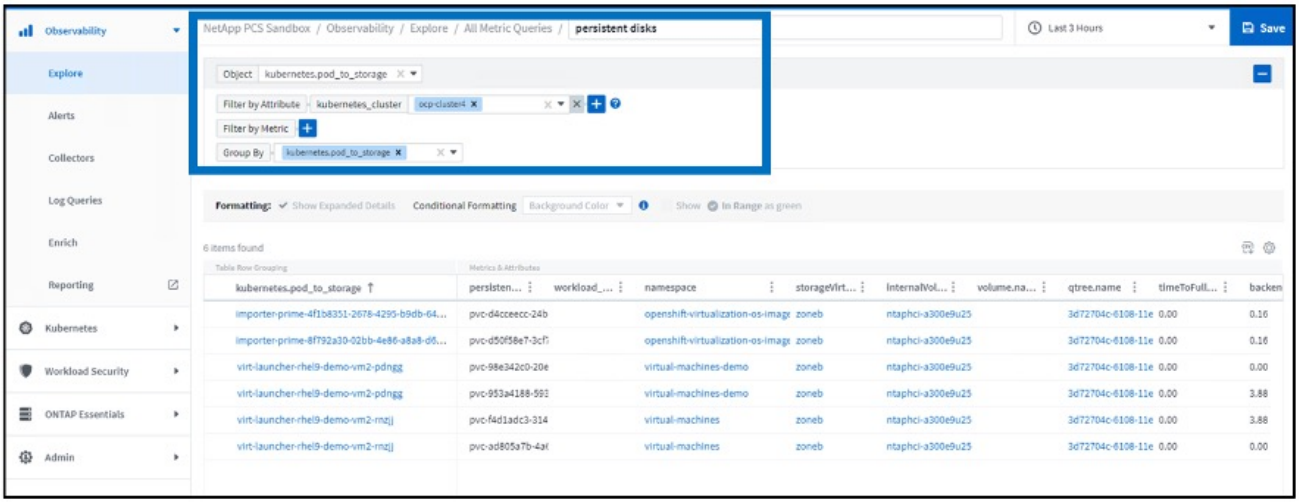
Mit Cloud Insights können Sie den Back-End Storage der VM-Festplatten und verschiedene Statistiken zu den VES problemlos einsehen.



Sie können auf die Links unter der Backend-Spalte klicken, die Daten direkt aus dem Back-End-ONTAP-Speicher ziehen.

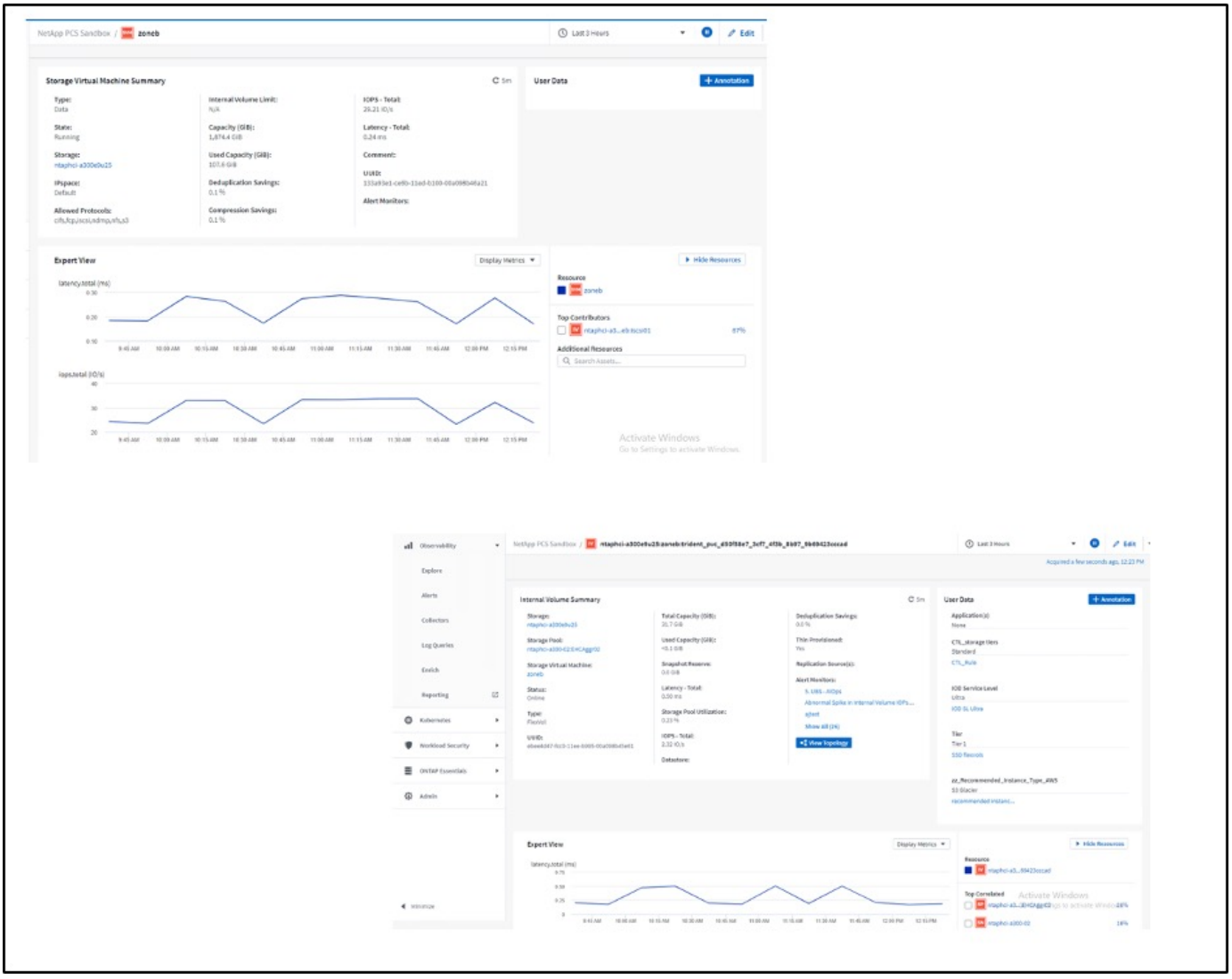


Eine weitere Möglichkeit, sich das gesamte Pod-zu-Storage-Mapping anzusehen, ist das Erstellen einer Abfrage „Alle Metriken“ aus dem Observability Menü unter Explore.



Wenn Sie auf einen der Links klicken, erhalten Sie die entsprechenden Informationen zum ONTP Storage. Wenn Sie beispielsweise in der Spalte storageVirtualMachine auf einen SVM-Namen klicken, werden Details zur SVM von ONTAP übertragen. Wenn Sie auf einen Namen für ein internes Volume klicken, werden Details zum Volume in ONTAP angezeigt.

	storageVirtualMachin...	internalVolume.name	volume.na..
zation-os-image	zoneb	ntaphci-a300e9u25:zoneb:trident_p	
zation-os-image	zoneb	ntaphci-a300e9u25:zoneb:trident_p	
demo	zoneb	ntaphci-a300e9u25:zoneb:trident_p	
demo	zoneb	ntaphci-a300e9u25:zoneb:trident_p	
	zoneb	ntaphci-a300e9u25:zoneb:trident_p	
	zoneb	ntaphci-a300e9u25:zoneb:trident_p	



Empfehlung Von Best Practices

Best Practices-Empfehlungen für VMs in Red hat OpenShift Virtualization

Autor: Banu Sundhar, NetApp

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Faktoren beschrieben, die Sie beim Bereitstellen neuer VMs oder beim Importieren vorhandener VMs aus VMware vSphere in OpenShift Virtualization auf der OpenShift Container Platform berücksichtigen sollten.

VM-Performance

Beim Erstellen einer neuen VM in OpenShift Virtualization müssen Sie das Zugriffsmuster sowie die Performance-Anforderungen (IOPS und Durchsatz) des Workloads berücksichtigen, der auf der VM ausgeführt wird. Dies beeinflusst die Anzahl der VMs, die Sie auf der OpenShift Virtualization in einer OpenShift-Container-Plattform ausführen müssen, sowie den Speichertyp, den Sie für die VM-Festplatten verwenden müssen.

Der Storage-Typ, den Sie für Ihre VM-Festplatten auswählen möchten, wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Das Protokoll, das Sie für den Datenzugriff Ihrer Workloads benötigen
- Die benötigten Zugriffsmodi (RWO vs RWX)
- Performance-Merkmale, die Sie für Ihre Workloads benötigen

Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt Speicherkonfiguration weiter unten.

Hochverfügbarkeit von VM-Workloads

OpenShift Virtualization unterstützt Live-Migrationen einer VM. Bei der Live-Migration kann eine laufende VM-Instanz (VMI) auf einen anderen Node verschoben werden, ohne den Workload zu unterbrechen. Die Migration kann besonders hilfreich sein für einen reibungslosen Übergang während eines Upgrades eines Clusters oder jedes Mal, wenn ein Node aufgrund von Wartungs- oder Konfigurationsänderungen nicht mehr benötigt wird. Für die Live-Migration ist die Verwendung einer gemeinsamen Speicherlösung erforderlich, die den Zugriffsmodus ReadWriteMany (RWX) bietet. Die VM-Festplatten sollten über eine Speicheroption gesichert werden, die den RWX-Zugriffsmodus bietet. OpenShift Virtualization überprüft, ob eine VMI **live migrierbar ist** und wenn ja, wird die **elvictionStrategy** auf **LiveMigrate** gesetzt. Weitere Informationen finden Sie unter "Informationen zum Abschnitt Live Migration in der Red hat Dokumentation" .

Es ist wichtig, dass Sie einen Treiber verwenden, der **RWX**-Zugriffsmodus unterstützt. Im Abschnitt Speicherkonfiguration unten finden Sie weitere Informationen darüber, welche ONTAP-Treiber den RWX-Zugriffsmodus unterstützen.

Storage-Konfiguration

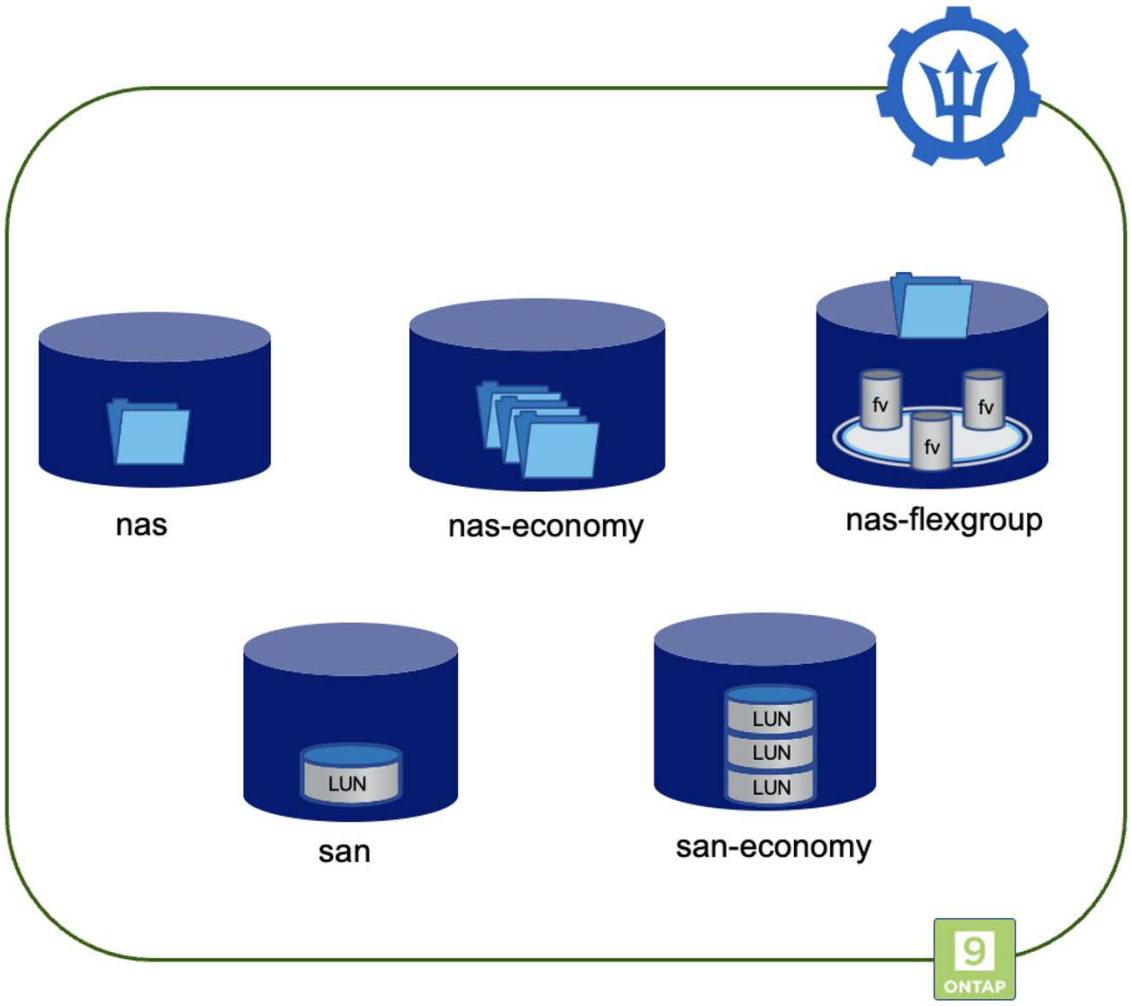
die CSI-bereitstellung von Trident bietet verschiedene Treiber (nas, nas-Economy, nas-FlexGroup, san und san-Economy) für die Provisionierung von Storage mit NetApp Storage-Optionen.

Verwendete Protokolle: * nas-Treiber verwenden NAS-Protokolle (NFS und SMB) * san-Treiber verwenden das iSCSI- oder NVMe/TCP-Protokoll

Die folgende Seite hilft Ihnen bei der Entscheidung, wie die Storage-Konfiguration auf der Basis der Workload-Anforderungen und der Storage-Auslastung konfiguriert werden soll.

- **nas**-Treiber erstellt ein persistentes Volume (PV) auf einem FlexVolume.
- **nas-Economy** Treiber erstellt ein PV auf einem qtree auf einem gemeinsamen FlexVolume. (Ein FlexVolume für je 200 PVS, konfigurierbar zwischen 50 und 300)
- **nas-FlexGroup** Treiber erstellt auf einem PV auf einem FlexGroup
- san Driver erstellt ein PV auf einer LUN auf einem dedizierten FlexVolume
- **san-Economy** Treiber erstellt ein PV auf LUN auf Shared FlexVolume (ein FlexVolume für alle 100 PVs, konfigurierbar zwischen 50 und 200)

Das folgende Diagramm veranschaulicht dies.



Außerdem unterscheiden sich die von den Treibern unterstützten Zugriffsmodi.

Unterstützung von ONTAP nas-Treibern

- Zugriff auf das Dateisystem und Zugriffsmodi RWO, ROX, RWX, RWOP.

ONTAP san-Treiber unterstützen sowohl RAW-Block- als auch Dateisystemmodi

- Im RAW-Block-Modus unterstützt er die Zugriffsmodi RWO, ROX, RWX, RWOP.
- Im Dateisystem-Modus sind nur RWO-, RWOP-Zugriffsmodi erlaubt.

Bei der Live-Migration von OpenShift Virtualization-VMs müssen die Festplatten über RWX-Zugriffsmodi verfügen. Daher ist es wichtig, dass Sie im reinen Block-Volume-Modus nas-Treiber oder san-Treiber auswählen, um VES und VES zu erstellen, die von ONTAP unterstützt werden.

Best Practices Für Die Speicherkonfiguration

Dedicated Storage Virtual Machines (SVMs)

Storage Virtual Machines (SVMs) sorgen für die Trennung von Mandanten auf einem ONTAP System. Die Zuweisung einer SVM für OpenShift-Container und OpenShift-Virtualisierungs-VMs ermöglicht die Delegierung von Privileges und die Anwendung von Best Practices zur Begrenzung des Ressourcenverbrauchs.

Begrenzung der maximalen Volumenanzahl auf der SVM

Damit Trident nicht alle verfügbaren Volumes im Storage-System verbraucht, sollten Sie ein Limit für die SVM festlegen. Dies können Sie über die Befehlszeile ausführen:

```
vserver modify -vserver <svm_name> -max-volumes <num_of_volumes>
```

Der Wert für max-Volumes ist die Gesamtzahl der Volumes, die über alle Nodes im ONTAP Cluster bereitgestellt werden, nicht aber über einen einzelnen ONTAP Node. Aus diesem Grund treten möglicherweise einige Bedingungen auf, bei denen auf einem ONTAP Cluster-Node mehr oder weniger mit Trident bereitgestellte Volumes als ein anderer Node vorhanden sind. Um dies zu vermeiden, stellen Sie sicher, dass der von Trident verwendeten SVM dieselbe Anzahl von Aggregaten von jedem Node im Cluster zugewiesen wird.

Begrenzung der maximalen Größe der von Trident erstellten Volumes

Eine maximale Volume-Größe pro SVM kann in ONTAP festgelegt werden:

1. SVM mit dem Befehl vserver create erstellen und Storage-Grenze festlegen:

```
vserver create -vserver vserver_name -aggregate aggregate_name -rootvolume
root_volume_name -rootvolume-security-style {unix|ntfs|mixed} -storage
-limit value
```

1. So ändern Sie die Speichergrenze für eine vorhandene SVM:

```
vserver modify -vserver vserver_name -storage-limit value -storage-limit
-threshold-alert percentage
```

> Storage-Limits können nicht für SVMs konfiguriert werden, die Datensicherungs-Volumes, Volumes in einer SnapMirror Beziehung oder in einer MetroCluster Konfiguration enthalten.

Neben der Kontrolle der Volume-Größe im Storage-Array sollten auch Kubernetes-Funktionen genutzt werden.

1. Um die maximale Größe für Volumes zu konfigurieren, die von Trident erstellt werden können, verwenden Sie den Parameter **limitVolumeSize** in Ihrer Backend.json-Definition.
2. Um die maximale Größe für FlexVols zu konfigurieren, die als Pools für ONTAP-san-Economy und ONTAP-nas-Economy-Treiber verwendet werden, verwenden Sie den Parameter **limitVolumePoolSize** in Ihrer Backend.json-Definition.

SVM QOS Policy verwenden

Wenden Sie die QoS-Richtlinie (Quality of Service) auf die SVM an, um die Anzahl der von den Trident bereitgestellten Volumes verbrauchbaren IOPS zu begrenzen. Dadurch wird verhindert, dass Workloads, die über Trident bereitgestellten Storage verwenden, Workloads außerhalb der Trident SVM beeinträchtigen.

ONTAP QoS-Richtliniengruppen bieten QoS-Optionen für Volumes und ermöglichen es Benutzern, die Durchsatzobergrenze für eine oder mehrere Workloads zu definieren. Weitere Informationen zu QoS-Richtliniengruppen finden Sie unter "ONTAP 9.15 QoS-Befehle"

Zugriff auf Storage-Ressourcen auf Kubernetes-Cluster-Mitglieder einschränken

Namespaces verwenden die Beschränkung des Zugriffs auf die von Trident erstellten NFS Volumes und iSCSI LUNs ist eine wichtige Komponente bei der Sicherheit Ihrer Kubernetes-Implementierung. Auf diese Weise wird verhindert, dass Hosts, die nicht zum Kubernetes Cluster gehören, auf die Volumes zugreifen und Daten unerwartet ändern können.

Außerdem kann ein Prozess in einem Container auf Speicher zugreifen, der auf den Host gemountet ist, aber nicht für den Container vorgesehen ist. Dieses Problem kann durch die Verwendung von Namespaces als logische Grenze für Ressourcen vermieden werden. Jedoch

Es ist wichtig zu wissen, dass Namespaces die logische Grenze für Ressourcen in Kubernetes sind. Daher ist es wichtig, sicherzustellen, dass Namespaces bei Bedarf zur Trennung verwendet werden. Privilegierte Container werden jedoch mit wesentlich mehr Berechtigungen auf Hostebene ausgeführt als normal. Deaktivieren Sie diese Funktion mit "Pod-Sicherheitsrichtlinien".

Verwenden Sie eine dedizierte Exportrichtlinie für OpenShift-Bereitstellungen mit dedizierten Infrastrukturknoten oder anderen Knoten, die keine Benutzeranwendungen planen können, sollten separate Exportrichtlinien verwendet werden, um den Zugriff auf Speicherressourcen weiter zu beschränken. Dies umfasst die Erstellung einer Exportrichtlinie für Services, die auf diesen Infrastruktur-Nodes bereitgestellt werden (z. B. OpenShift Metrics and Logging Services), sowie Standardanwendungen, die auf nicht-Infrastruktur-Nodes bereitgestellt werden.

Trident kann Richtlinien für den Export automatisch erstellen und managen. So beschränkt Trident den Zugriff auf die Volumes, die ihm im Kubernetes Cluster zur Verfügung stehen, und vereinfacht das Hinzufügen/Löschen von Nodes.

Wenn Sie jedoch eine Exportrichtlinie manuell erstellen, füllen Sie sie mit einer oder mehreren Exportrichtlinien aus, die jede Knotenzugriffsanforderung verarbeiten.

Disable showmount for the Application SVM Ein auf den Kubernetes-Cluster bereitgestellter Pod kann den showmount -e-Befehl gegen die Daten-LIF ausgeben und eine Liste der verfügbaren Mounts erhalten, einschließlich derjenigen, auf die er keinen Zugriff hat. Um dies zu verhindern, deaktivieren Sie die showmount-Funktion mithilfe der folgenden CLI:

```
vserver nfs modify -vserver <svm_name> -showmount disabled
```

Weitere Informationen zu Best Practices für die Storage-Konfiguration und die Trident-Verwendung finden Sie im Artikel "Trident Dokumentation"

OpenShift Virtualization - Tuning & Scaling Guide

Red hat dokumentiert "OpenShift Cluster Scaling – Empfehlungen und Einschränkungen".

Darüber hinaus haben sie auch dokumentiert "OpenShift Virtualization Tuning Guide" und "Unterstützte Grenzwerte für OpenShift Virtualization 4.x".

Für den Zugriff auf die oben genannten Inhalte ist eine aktive Red hat Subskription erforderlich.

Der Tuning-Leitfaden enthält Informationen zu vielen Tuning-Parametern, darunter:

- Tuning-Parameter zur Erstellung mehrerer VMs auf einmal oder in großen Stapeln
- Live-Migration von VMs
- "Konfigurieren eines dedizierten Netzwerks für die Live-Migration"
- Anpassung einer VM-Vorlage unter Berücksichtigung eines Workload-Typs

Die unterstützten Grenzwerte dokumentieren die Höchstwerte der getesteten Objekte, wenn VMs auf OpenShift ausgeführt werden

Höchstwerte für virtuelle Maschinen einschließlich

- Max. Virtuelle CPUs pro VM
- Max. Und Min. Des Arbeitsspeichers pro VM
- Max. Größe einer einzelnen Festplatte pro VM
- Maximale Anzahl der Hot-Plug-fähigen Festplatten pro VM

Host-Maximalwerte einschließlich * gleichzeitige Live-Migrationen (pro Node und Cluster)

Cluster-Maximalwerte einschließlich * maximale Anzahl definierter VMs

VMs von VMware Umgebung migrieren

Migration Toolkit for OpenShift Virtualization ist ein von Red hat bereitgestellter Betreiber, der über den OperatorHub der OpenShift Container Platform verfügbar ist. Dieses Tool kann zur Migration von VMs von vSphere, Red hat Virtualization, OpenStack und OpenShift Virtualization verwendet werden.

Weitere Informationen zur Migration von VMs von vSphere finden Sie unter **Workflows › Red hat OpenShift Virtualization with NetApp ONTAP**

Sie können Grenzwerte für verschiedene Parameter entweder über die CLI oder über die Migrationswebkonsole konfigurieren. Einige Beispiele sind unten angegeben

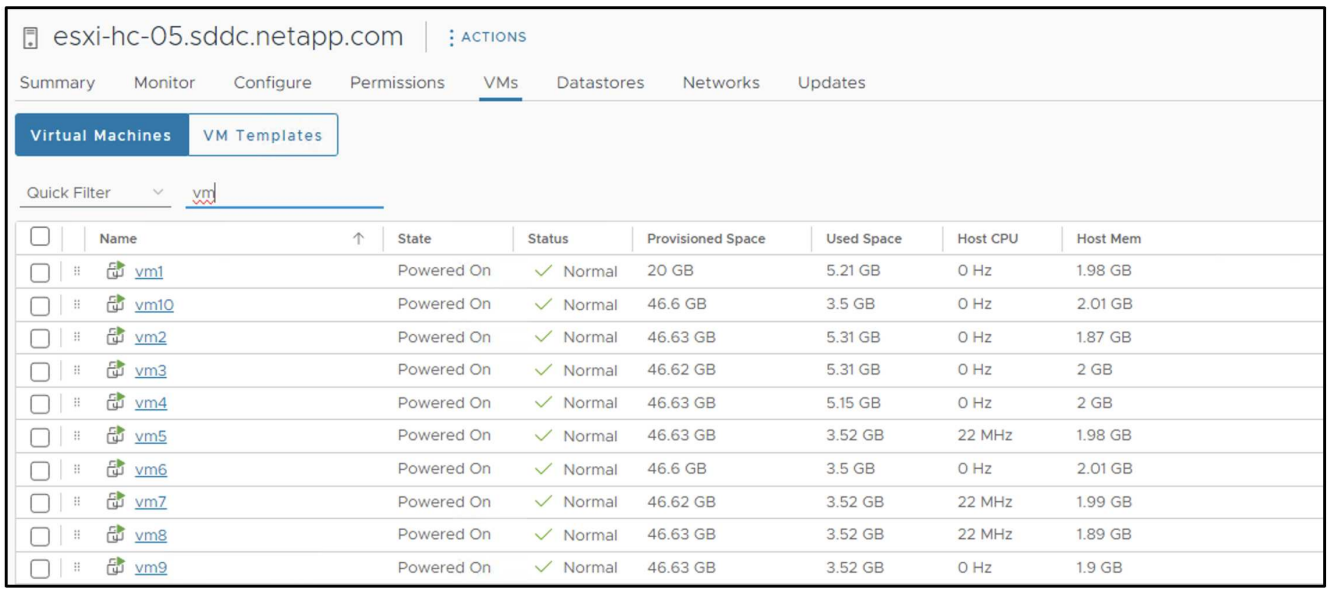
1. Durch die maximale Anzahl gleichzeitiger Migrationen virtueller Maschinen wird die maximale Anzahl gleichzeitig migrierter VMs festgelegt. Der Standardwert ist 20 virtuelle Maschinen.
2. PreCopy-Intervall (Minuten) steuert das Intervall, in dem ein neuer Snapshot angefordert wird, bevor eine warme Migration gestartet wird. Der Standardwert ist 60 Minuten.
3. Das Snapshot-Polling-Intervall (Sekunden) bestimmt, mit welcher Häufigkeit das System den Status der

Snapshot-Erstellung bzw. -Entfernung während der oVirt Warmmigration überprüft. Der Standardwert ist 10 Sekunden.

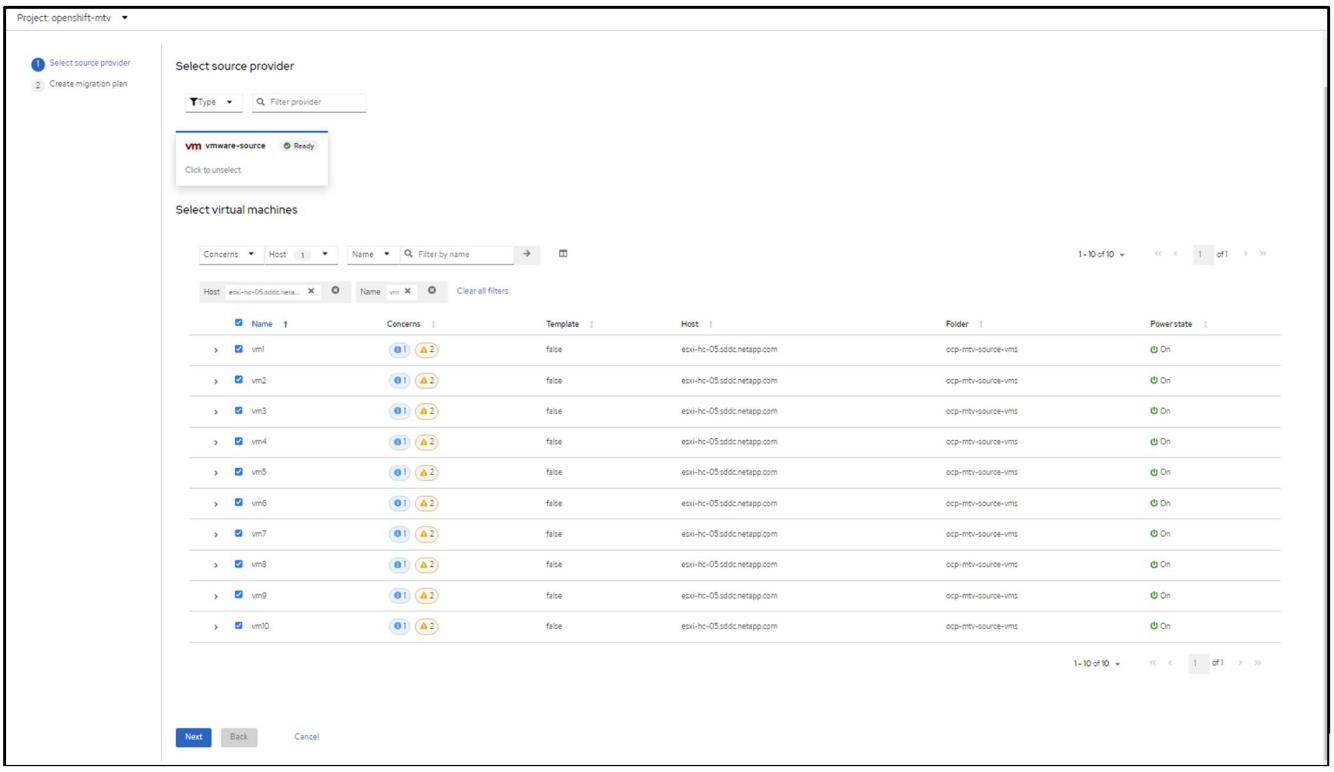
Wenn Sie mehr als 10 VMs von einem ESXi-Host im selben Migrationsplan migrieren, müssen Sie den NFC-Dienstspeicher des Hosts erhöhen. Andernfalls schlägt die Migration fehl, da der Speicher des NFC-Dienstes auf 10 parallele Verbindungen beschränkt ist. Weitere Informationen finden Sie in der Red hat Dokumentation: "Erhöhen des NFC-Dienstspeichers eines ESXi-Hosts"

Hier finden Sie eine erfolgreiche parallele Migration von 10 VMs vom selben Host in vSphere zu OpenShift Virtualization mit dem Migration Toolkit für Virtualisierung.

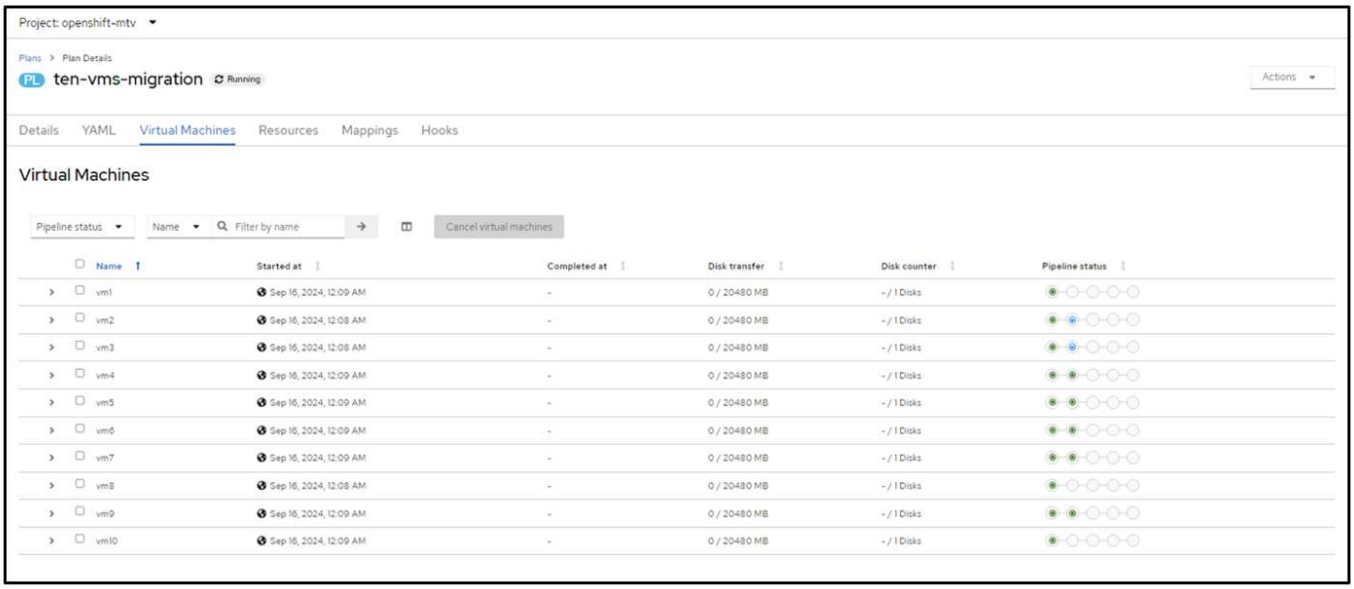
VMs auf demselben ESXi-Host



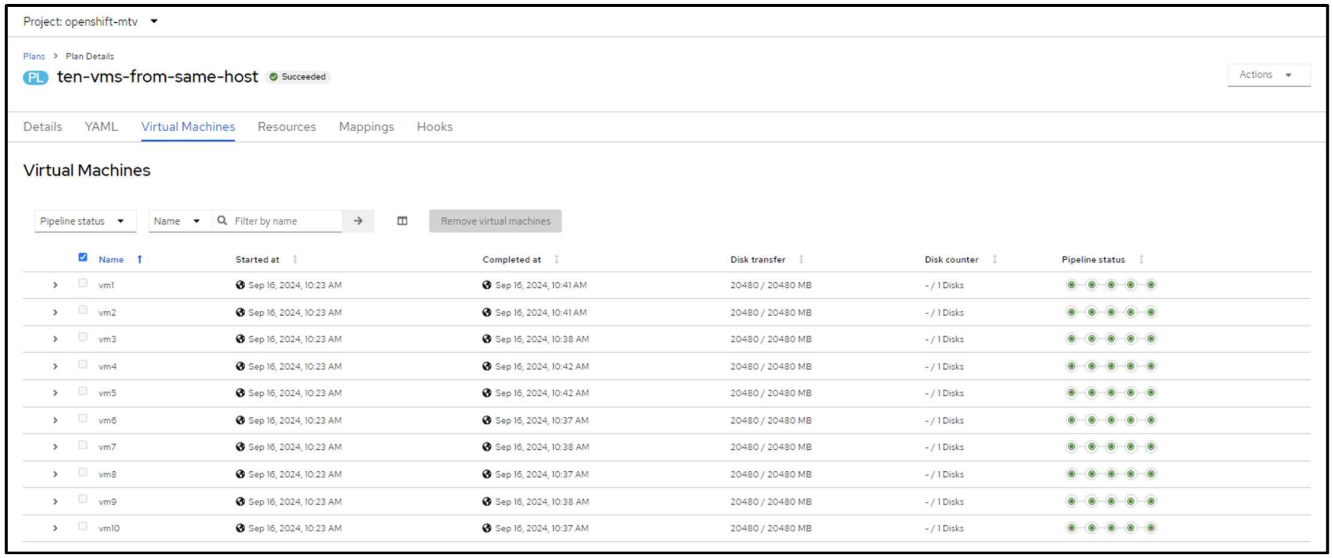
Zunächst wird Ein Plan für die Migration von 10 VMs von VMware erstellt



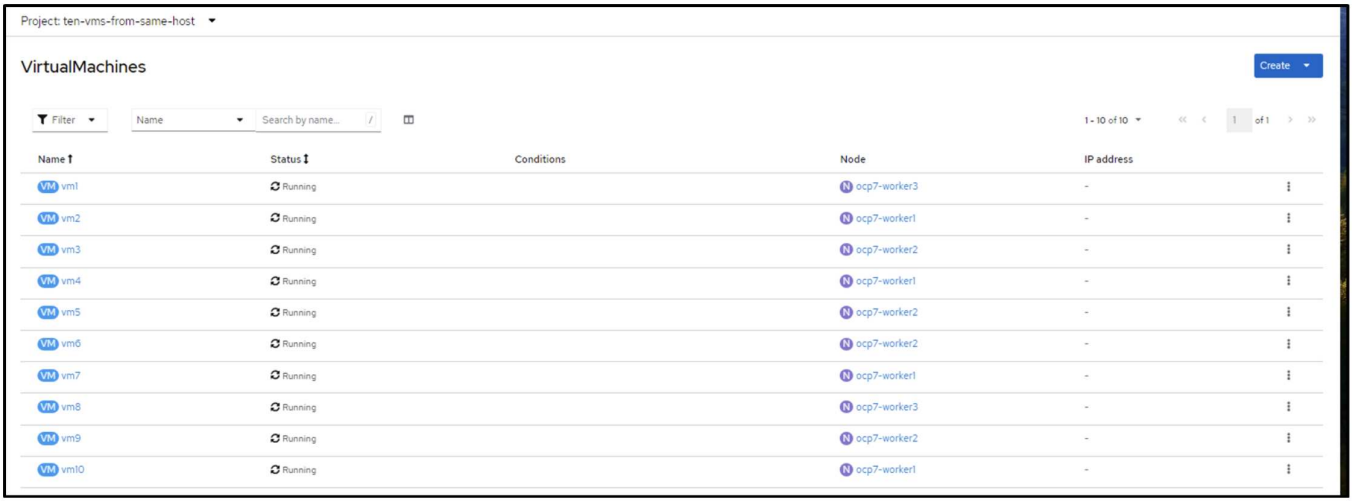
Migrationsplan hat mit der Ausführung begonnen



Alle 10 VMs wurden erfolgreich migriert



Alle 10 VMs befinden sich in einem laufenden Zustand in OpenShift Virtualization



Weitere Informationen: Red hat OpenShift mit NetApp

Sehen Sie sich die folgenden Websites an, um mehr über die in diesem Dokument beschriebenen Daten zu erfahren:

- NetApp Dokumentation

  "https://docs.netapp.com/"

- Trident-Dokumentation

  "https://docs.netapp.com/us-en/trident/index.html"

- NetApp Astra Control Center - Dokumentation

  "https://docs.netapp.com/us-en/astra-control-center/"

- Red hat OpenShift-Dokumentation

  "https://access.redhat.com/documentation/en-us/openshift_container_platform/4.7/"
- Dokumentation der Red hat OpenStack Platform

  "https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_openstack_platform/16.1/"
- Red Hat Virtualization Documentation

  "https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_virtualization/4.4/"
- Dokumentation zu VMware vSphere

  "https://docs.vmware.com/"