



---

**Aniket Kulkarni, IBM**

Littleton, Massachusetts USA

E-Mail: [aniket.kulkarni@us.ibm.com](mailto:aniket.kulkarni@us.ibm.com)

**Venkatesh Gopal, IBM**

Leawood, Kansas USA

E-Mail: [gopalv@us.ibm.com](mailto:gopalv@us.ibm.com)

---

# Hohe Verfügbarkeit und Wiederherstellung in IBM Db2 Warehouse on Cloud

## Zusammenfassung

Eines der wichtigsten Merkmale, nach denen Cloud-Services bewertet werden, ist die Verfügbarkeit. Anbieter von Cloud-Services müssen ihre Services so konzipieren, dass Risiken durch Fehler bei den zugrundeliegenden Komponenten vermieden werden. Diese Risiken nehmen zu, je umfangreicher und komplexer die Services sind.

Die hohe Verfügbarkeit beschreibt, inwieweit diese Risiken bei einem Service vermieden werden können. Grundsätzlich wird eine hohe Verfügbarkeit durch die Fähigkeit erreicht, (a) Fehler bei Komponenten zu erkennen und (b) diese schnell und automatisiert zu beheben. Während Container-basierte Orchestrierungs- und Managementsysteme wie Kubernetes diese Fähigkeit in gewissem Maße ermöglichen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, darauf aufzubauen. Dadurch kann bei bestimmten Arten von Services eine noch höhere Zuverlässigkeit gewährleistet werden.

In dieser Broschüre liegt das Hauptaugenmerk darauf, wie in IBM® Db2® Warehouse on Cloud, dem Cloud Data-Warehouse von IBM, ein hohes Maß an Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit erreicht wird. Wir gehen dabei besonders auf das containerisierte Servicemodell, die mehrstufige Zuverlässigkeit und die Fähigkeit ein, den Betrieb nach schweren Fehlern wiederherzustellen.

## Mehrstufige Zuverlässigkeit

Db2 Warehouse on Cloud bietet dem Kunden ein verteiltes („Shared-nothing“) Cloud Data-Warehouse mit exklusiver Parallelverarbeitung, das auf der Basis des IBM Cloud™ Container Service als Container-basiertes Servicemodell<sup>1</sup> bereitgestellt wird. Der IBM Cloud Container Service selbst baut auf Kubernetes<sup>2</sup> auf, einem Open Source Container-Orchestrierungssystem, mit dem sich die Bereitstellung, Skalierung und Verwaltung von Container-basierten Anwendungen automatisieren lässt.



Um das hohe Maß an Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit in Db2 Warehouse on Cloud zu erreichen, entwickelte IBM auf der Basis von Kubernetes ein Design für eine mehrstufige Zuverlässigkeit, das Folgendes umfasst:

- Stufe 1: Kein einzelner Fehlerpunkt im System, jede Komponente hat eine oder mehrere redundante Kopien und die automatische Wiederherstellung wird eingeleitet, wenn mehrere redundante Komponenten ausfallen
- Stufe 2: Automatische Container-interne Wiederherstellung, wenn Komponenten in einem Container ausfallen
- Stufe 3: Automatische Wiederherstellung eines Containers, wenn ein Container selbst ausfällt
- Stufe 4: Automatische Wiederherstellung des Service, wenn auf dem Server/den Servern, auf dem/denen die Container gehostet sind, ein Systemfehler auftritt

Darüber hinaus bietet Db2 Warehouse on Cloud benutzerdefinierte und kontrollierte Funktionen für eine schnelle Sicherung und Wiederherstellung. Der Service verfügt zudem über jederzeit verfügbare DevOps- und Überwachungsfunktionen. Damit werden Fehler und der Systemstatus bei mehrfachen oder nicht behebbaren Fehlern verfolgt, die selbst auf der Ebene der mehrstufigen Zuverlässigkeit nicht behoben werden können.

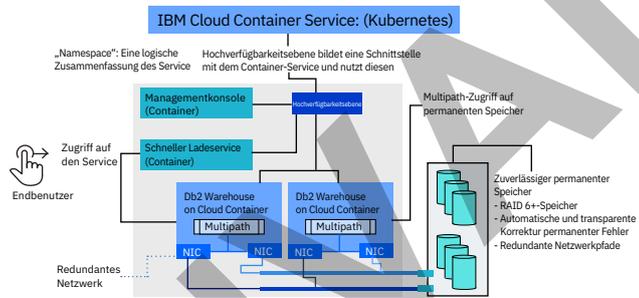


Abbildung 1: Eine allgemeine Übersicht zur Systemarchitektur, die die Grundlage für die Zuverlässigkeit des Db2 Warehouse on Cloud Service bildet

- Jede Komponente im Service ist ein Container
- Die Hochverfügbarkeitsebene erweitert und ergänzt Kubernetes, sodass schneller eine hohe Verfügbarkeit erreicht wird
- Die Netzwerkverbindungen zum permanenten Speicher sind redundant und über eine Multipath-Verbindung logisch zusammengefasst
- Auf der Hochverfügbarkeitsebene können Container wiederhergestellt werden, wenn Komponenten im Container ausfallen, ohne den Container erneut starten zu müssen; die Wiederherstellung erfolgt daher sehr schnell
- Der permanente Speicher weist mehreren Redundanzen auf Netzwerk- und Speicherebene auf

Im Folgenden werden jede dieser Stufen und die Funktionen für Sicherung und Wiederherstellung ausführlicher erläutert.

## Zuverlässigkeit – Stufe 1: Redundante Komponenten

Db2 Warehouse on Cloud ist ein flexibel einsetzbares Data-Warehouse, das es Benutzern ermöglicht, CPU-Cores (Central Processing Unit, „Rechenleistung“) und Speicherkapazität bei Bedarf unabhängig voneinander zu skalieren, um sich verändernde Geschäftsanforderungen zu erfüllen. Die Architektur, die dieses Maß an Flexibilität ermöglicht, basiert auf der Trennung zwischen Rechenleistung und Speicherkapazität. Die Rechenleistung wird über den IBM Cloud Container Service verwaltet, der auf Kubernetes aufsetzt, und die Speicherkapazität wird in dem über das Netzwerk angeschlossene, hochleistungsfähigen IBM Cloud Blockspeicher abgelegt.<sup>3</sup>

Da das Netzwerk selbst eine so wichtige Komponente für die Zuverlässigkeit und Leistung ist, hat IBM zudem sichergestellt, dass es im Netzwerk keinen einzelnen Fehlerpunkt gibt. Jeder der zugrunde liegenden Server verfügt über ein Paar redundanter NICs (Network Interface Controller), die mit separaten Pfaden verbunden sind. Diese führen zur Speicher-Backplane und sind miteinander verknüpft, um nach Möglichkeit eine hohe Leistung (durch Lastausgleich) sicherzustellen. Die Speicher-Backplane hat zudem ein Paar redundante „Ziele“ oder Zugriffspunkte, über die das Netzwerk auf die Speicherinfrastruktur zugreifen kann. In Bezug auf die Rechenleistung (Container) sorgt eine Aktiv/Passiv-Multipath-Konfiguration für ein unterbrechungsfreies Failover, sodass beim Ausfall eines der Speicherpfade sofort zum anderen gewechselt wird.

Das Speicher-Backend nutzt zusätzlich zu den oben genannten Punkten mehrere redundante und Hot-Swap-fähige Solid State-Laufwerke (SSDs) in einer RAID 6+-Konfiguration (Redundant Array of Independent Disks). Dies ist eine Verbesserung gegenüber dem traditionellen RAID 6 und ermöglicht das Management und die Reparatur von Problemen auf Solid State-Laufwerken ohne Unterbrechungen.

## Zuverlässigkeit – Stufe 2: Container-interne Wiederherstellung

In einem traditionellen Kubernetes- oder Web-Services-Modell wird der Ausfall einer beliebigen Komponente in einem Container durch den Neustart des gesamten Containers behoben. Das ist zwar einfach und effektiv, reicht aber für Benutzer nicht aus, die bei ihren geschäftskritischen Anwendungen auf ein hohes Maß an Verfügbarkeit angewiesen sind.

Angesichts der Art der Workloads in einem Cloud Data Warehouse, die große Datensätze umfassen, ist es schneller, eine einzelne fehlerhafte Komponente des Containers wiederherzustellen, als den gesamten Container neu zu starten.

Bei einem vollständigen Neustart müsste der Container die Speicherzuordnung trennen, Rechenleistung abgeben, neue Rechenleistung auswählen und Speicher erneut zuordnen. Im Gegensatz dazu bietet die direkte Handhabung der betroffenen Komponente eine entscheidende Zeitersparnis, die das Recovery Time Object (RTO) auf ein Minimum reduziert.

Dieses fehlende Merkmal beim traditionellen Modell wird durch die Aufteilung solcher Wiederherstellungen in zwei Stufen, Stufe 2 und 3, ausgeglichen. In Db2 Warehouse on Cloud erstreckt sich die „Hochverfügbarkeitsebene“ in jeden der Container und wird daher als „Container-Hochverfügbarkeitsebene“ bezeichnet. Sie überwacht den Status jeder der Komponenten im Container und führt korrigierende Wiederherstellungsmaßnahmen durch, wenn eine dieser Komponenten ausfällt.

Angenommen, ein Db2-Container stellt z. B. in einem der Datenpartitionsprozesse einen Fehler fest. Die Container-Hochverfügbarkeitsebene für diesen Container erkennt in diesem Fall den Fehler und versucht, die Datenpartitionen neu zu starten. Anschließend wird die Datenbank wiederhergestellt, um die Einheitlichkeit der Daten zu gewährleisten. Mehrere aufeinanderfolgende Fehler, z. B. der Ausfall einer Datenpartition, während eine andere gerade wiederhergestellt wird, führen dazu, dass die Container-Hochverfügbarkeitsebene die laufende Wiederherstellung abbricht und beide Partitionen gemeinsam wiederherstellt.

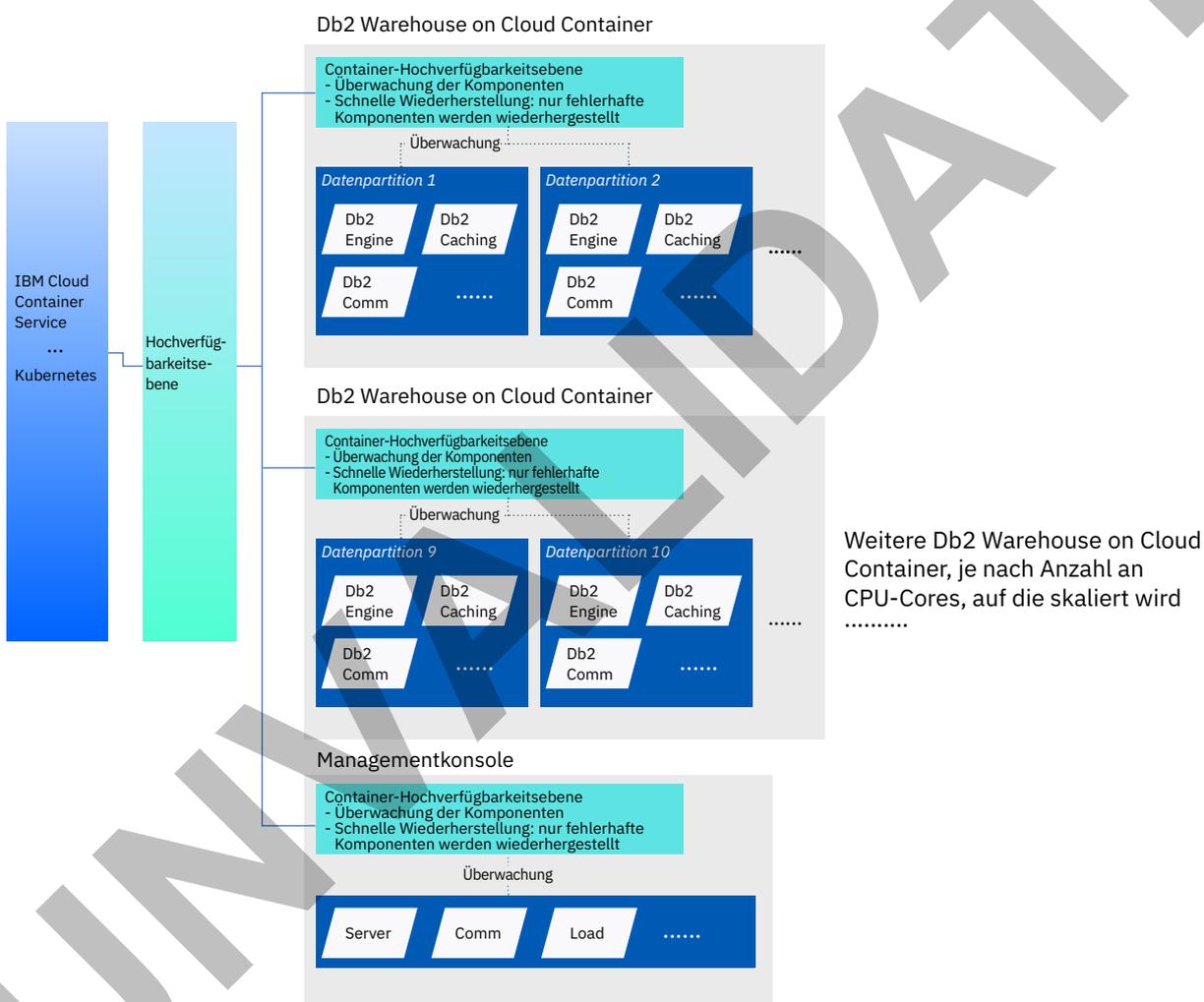


Abbildung 2: Stufe 2 – Container-interne Hochverfügbarkeit:

- Jeder Container hat eine integrierte Hochverfügbarkeitsebene, die versucht, für eine schnelle Hochverfügbarkeit zu sorgen, wenn nur ein zulässiger Teil von Komponenten in diesem Container ausfällt.
- Bei Db2 Warehouse on Cloud Containern überwacht die Hochverfügbarkeitsebene alle Partitionen und Komponenten in jeder Partition. Wenn ein Teil der Partitionen ausfällt, werden nur diese Partitionen automatisch neu gestartet und wiederhergestellt.
- Bei anderen Containern als Db2 Warehouse on Cloud wird jede Komponente im Container nach Möglichkeit auf ähnliche Weise überwacht und wiederhergestellt.
- Die Hochverfügbarkeitsebene bildet eine Schnittstelle mit der Hochverfügbarkeitsebene des Container-Service und erweitert diese. Dadurch kann die Wiederherstellung auf Stufe 3 eskaliert werden, wenn die Wiederherstellung auf Stufe 2 nicht möglich ist.

### Zuverlässigkeit – Stufe 3: Container-Wiederherstellung

Wenn einer der Container mehrere Fehler feststellt oder der Container selbst beendet wird, wird die Wiederherstellung auf Stufe 3 eingeleitet. In diesem Fall greift die Hochverfügbarkeitsebene auf das traditionelle Kubernetes-Modell des Neustarts von Containern zurück und anschließend erfolgt Folgendes:

1. Die betroffenen Container werden ordnungsgemäß gestoppt und bereinigt.
2. Die Zuordnung des zugehörigen permanente Speichers wird getrennt und der Container-Services plant den Container für einen neuen Satz von Computing-Cores ein.
3. Zu diesem Zeitpunkt wird der Speicher automatisch wieder zugeordnet und der Container startet.

Beachten Sie, dass die Hochverfügbarkeitsebene bei einem Multi-Container-Service wie Db2 Warehouse on Cloud, der aus mehr als einem Container besteht, die gleichzeitige Wiederherstellung von Datenbanken für alle Container koordiniert.

Diese Wiederherstellung dient nicht nur als Backup für die hohe Zuverlässigkeit auf Stufe 2, sondern bietet sich auch für einen weiteren wichtigen Anwendungsfall in Bezug auf die Datenintegrität bei mehreren Fehlern auf Netzwerkebene an. Um die Einheitlichkeit der Daten zu gewährleisten, versetzt Db2 Warehouse on Cloud den Speicher automatisch in einen geschützten Nur-Lese-Modus, insbesondere in dem seltenen Fall, dass mehrere Netzwerkfehler in jedem der redundanten Netzwerkpfade auftreten.

Wenn die Hochverfügbarkeitsebene diese Situation erkennt, erzwingt sie einen Stopp des Containers, trennt die Verbindung, setzt ihn erneut ein, stellt die Zuordnung wieder her und startet den Container neu. Dadurch wird der Container auf einen anderen zugrunde liegenden Server in einem fehlerfreien Netzwerk verschoben und der geschützte Modus für den Speicher beendet. So bleibt die Datenintegrität erhalten und das System wird erfolgreich wiederhergestellt.

### Zuverlässigkeit – Stufe 4: Service-Wiederherstellung

Die Container-Wiederherstellung ist das traditionellste Hochverfügbarkeitsmodell in Kubernetes. Über die Hochverfügbarkeitsebene kann Kubernetes Ausfälle auf den zugrunde liegenden Servern erkennen, die die Computing-Cores für die Container bereitstellen.

Die Wiederherstellung erfolgt wie auf Stufe 3: Alle Container werden gestoppt, die Verbindung zum gesamten betroffenen Speicher wird getrennt, alle betroffenen Container werden neu eingesetzt, der gesamte Speicher wird wieder zugeordnet und alle betroffenen Container werden neu gestartet.

Jeder Server, der ausfällt oder nicht mehr reagiert, wird von der Hochverfügbarkeitsebene anhand einer Reihe von verpassten Heartbeats erkannt. Nach einer bestimmten Frist werden Maßnahmen zur Wiederherstellung (wie oben beschrieben) durchgeführt und der Server wird als „nicht einsetzbar“ gekennzeichnet. Er wird daraufhin nicht zum Starten anderer Container verwendet. Operations Teams haben dadurch die Möglichkeit, den betroffenen Server zu warten und anschließend wieder einzusetzen, ohne dass die Endbenutzer zusätzliche Unterbrechungen in Kauf nehmen müssen.

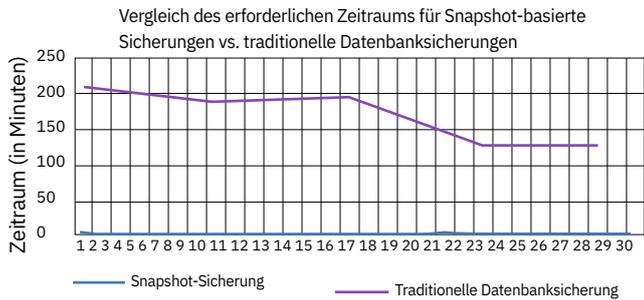
### Sicherung und Wiederherstellung

Die Möglichkeit für Benutzer, Datenbanken sichern und wiederherstellen zu können, ist entscheidend für den Schutz des Cloud-Services vor Benutzerfehlern und in extrem seltenen Fällen ein letztes Mittel zur Wiederherstellung nach einem kompletten Ausfall. Db2 Warehouse on Cloud beinhaltet eine einfache Schnittstelle, über die Benutzer diese Funktionalität selbst steuern können:

- Der Benutzer kann Sicherungen so planen, dass sie zum bestmöglichen Zeitpunkt für das Unternehmen ausgeführt werden. Die Sicherungen werden einmal alle 24 Stunden nach dem festgelegten Zeitplan ausgeführt.
- Die letzten sieben Sicherungen werden gespeichert, und bei Bedarf können Benutzer die Datenbank anhand einer dieser Sicherungen per Mausklick schnell wiederherstellen.

### Redirect-on-Write Snapshots: Der Schlüssel zu extrem schneller Sicherung und Wiederherstellung

Die zuverlässige, permanente Speicherebene ermöglicht für Sicherungen sehr schnelle, nahezu umgehende Redirect-on-Write Snapshots. Jede Datenpartition in der Datenbank ist durch einen über das Netzwerk verbundenen, zuverlässigen und permanenten Speicherdatenträger gesichert. In Abbildung 3 ist dargestellt, dass der Zeitraum für eine Snapshot-basierte Sicherung (in Minuten) bei einer Datenbank mit einer Größe von 3 bis 4,2 TB deutlich kürzer ist als bei traditionellen Technologien für Datenbanksicherungen. Die Snapshot-basierten Sicherungen sind in wenigen Minuten (1-3 Minuten) abgeschlossen, während herkömmliche Datenbanksicherungen 2-3,5 Stunden dauern.



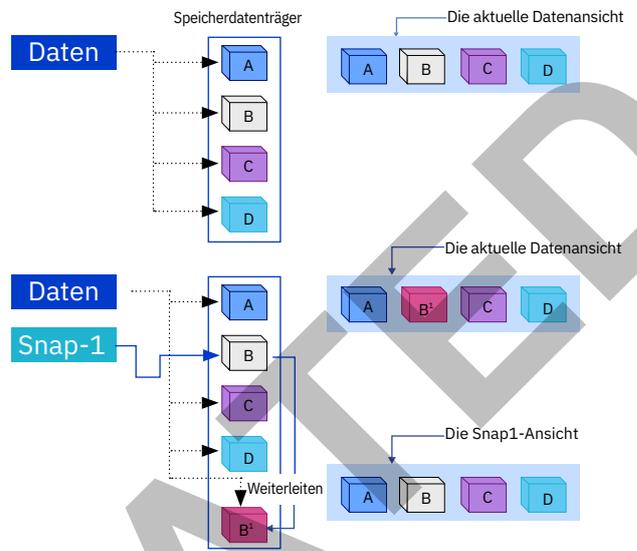
**Abbildung 3:** In diesem Diagramm wird der erforderliche Zeitraum für Sicherungen (in Minuten) für eine Datenbank mit einer Größe von 3-4,2 TB im Laufe eines Monats verglichen, wobei Snapshot-basierte Sicherungen und traditionelle Datenbanksicherungen verwendet werden. Die Daten wurden auf mehreren Systemen ermittelt, auf denen Produktionsworkloads ausgeführt werden.

Redirect-on-Write (ROW) ist eine optimale Variante der Copy-on-Write (COW) Snapshot-Technologie und wird für zuverlässigen, permanenten Speicher verwendet. Die Datenblöcke werden anhand von Verweisen aneinandergereiht, und der Snapshot ist lediglich eine Gruppe von Verweisen, mit denen der Leser den richtigen Satz von Blöcken lesen kann.

Wenn der Benutzer z. B. einen Snapshot erstellt und dann einen Block auf dem Datenträger ändert, schreibt der Speicherdatenträger die Änderungen an einen neuen Speicherort und aktualisiert die Verweise, um auf den neuen Speicherort als aktuelle Version dieses Blocks zu verweisen.

Der Snapshot bezieht sich weiterhin auf den früheren Block, während die übrigen Blöcke unverändert bleiben. Auf sie wird sowohl über den Snapshot als auch über die aktuelle Ansicht verwiesen.

Db2 Warehouse on Cloud „unterbricht“ die Systemworkload für etwa eine Minute und nutzt diese Phase, um einen Snapshot des Datenträger zu erstellen, bevor die Workload wieder aufgenommen wird. Die sieben neuesten Sicherungen werden gespeichert.



**Abbildung 4:** In dieser Abbildung ist der ROW-Prozess dargestellt. Der Datenträger verwendet Verweise, um die neueste Version von Blöcken zu verknüpfen und dem Endbenutzer diese Daten anzuzeigen. Wenn ein Snapshot (Snap-1) erstellt und dann B in B' geändert wird, bleiben die ursprünglichen Blöcke unverändert und B' wird an eine neue Position geschrieben.

Snap-1 verweist nun auf den ursprünglichen Block B, während die aktuelle Datenansicht auf B' verweist.

Durch diese Vorgehensweise und die Redirect-on-Write-Technologie ergeben sich für die Benutzer mehr Flexibilität und Zeitersparnis. Der Benutzer kann die Daten in Snapshot 1 wiederherstellen und die Snapshots 2 bis 7 erhalten, sodass bei Bedarf eine separate Wiederherstellung auf einen dieser Snapshots durchgeführt werden kann.

### Weitere Informationen

Sehen Sie sich die [Produkteinführung mit Anleitungen](#) an, wenn Sie sich mit der Benutzeroberfläche von Db2 Warehouse on Cloud vertraut machen möchten.



IBM Deutschland GmbH  
IBM-Allee 1  
71139 Ehningen  
**ibm.com/de**

IBM Österreich  
Obere Donaustrasse 95  
1020 Wien  
**ibm.com/at**

IBM Schweiz  
Vulkanstrasse 106  
8010 Zürich  
**ibm.com/ch**

IBM, das IBM Logo, **ibm.com**, Db2 und IBM Cloud sind Marken der International Business Machines Corporation in den USA und/oder anderen Ländern. Weitere Produkt- und Servicenamen können Marken von IBM oder anderen Unternehmen sein. Eine aktuelle Liste der IBM Marken finden Sie auf der Webseite „Copyright and trademark information“ unter [www.ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://www.ibm.com/legal/copytrade.shtml).

Dieses Dokument ist zum Datum seiner Erstveröffentlichung aktuell und kann jederzeit von IBM geändert werden. Nicht alle Angebote sind in allen Ländern verfügbar, in denen IBM tätig ist.

Die genannten Kundenbeispiele sind lediglich zur Veranschaulichung genannt. Die tatsächlichen Leistungsergebnisse können je nach Konfigurationen und Betriebsbedingungen variieren. Der Kunde ist dafür verantwortlich, die Verwendung anderer Produkte oder Programme mit IBM Produkten und Programmen zu beurteilen und zu prüfen. Die Informationen in diesem Dokument werden auf der Grundlage des gegenwärtigen Zustands (auf „as-is“-Basis) ohne jegliche ausdrückliche oder stillschweigende Gewährleistung zur Verfügung gestellt, einschließlich, aber nicht beschränkt auf die Gewährleistungen für die Handelsüblichkeit, die Verwendungsfähigkeit für einen bestimmten Zweck oder die Freiheit von Rechten Dritter. Gegenstand und Umfang der Leistungen bestimmen sich ausschließlich nach den jeweiligen Verträgen.

© Copyright IBM Corporation 2019

- 1 „IBM Cloud Kubernetes Service“  
<https://www.ibm.com/cloud/container-service>
- 2 „Production-Grade Container Orchestration“  
<https://kubernetes.io/>
- 3 „Block Storage“  
<https://www.ibm.com/cloud/block-storage>



Bitte der Wiederverwertung zuführen