

Lehrgang: Diplomarbeit Technik und  
Wirtschaftsinformatik 2023-2024

**Titel: PostgreSQL HA Cluster - Konzeption  
und Implementation**

Fachexperte: **Norman Süsstrunk**

Student: **Michael Graber**

24.05.2024

Diese Diplomarbeit widme ich meiner Familie, Gabriele Santangelo, Niculin Fürst, der mir  
LATEXnähergebracht hat, meinem Arbeitgeber und Andrea Meili.

## Management Summary

Das Kantonsspital Graubünden (KSGR) betreibt über zwanzig PostgreSQL Datenbanken. Historisch wurden diese Datenbanken als single Instanzen auf diversen Applikationsservern betrieben.

In Zukunft wird das KSGR vermehrt auf Kubernetes setzen, was weitere PostgreSQL Datenbanken mit sich bringen wird.

Zudem sollen eine ganze Reihe MariaDB / MySQL und Oracle Datenbanken auf PostgreSQL sofern möglich migriert werden.

Um den administrativen Aufwand zu verringern, die Anzahl der Server zu minimieren und um die Kontrolle zu erhöhen, soll eine hochverfügbare Clusterlösung für die PostgreSQL Datenbanken evaluiert werden.

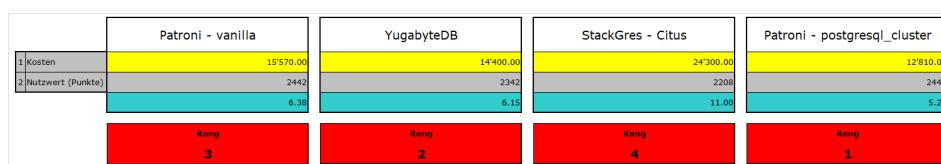
Ziel dieser Arbeit ist, die Evaluation einer Clusterlösung aus drei Systemen zu ermitteln und das geeignete als Testsystem zu implementieren.

Das KSGR verfolgt eine Cloud First Strategie, daher muss ein monolithisches und mindestens ein verteiltes System genauer untersucht werden.

Auf dem Markt lassen sich einige Open-Source, Closed-Source- und proprietäre Lösungen finden. Der Scope der Arbeit liegt dabei nur auf den Open-Source-Lösungen.

In der Evaluation werden die drei Systeme Patroni, StackGres und YugabyteDB genauer untersucht.

Patroni bzw. das Ansible-Repositories vitabacks / postgresql\_cluster setzte sich mit dem geringsten Aufwand für Deployment und Verwaltung sowie den höchsten Erfüllungsgrad der Anforderungen, also dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis durch.



Für Applikationen, die in Zukunft auf Kubernetes betrieben werden und eine PostgreSQL Datenbank voraussetzen, soll YugabyteDB zum Einsatz kommen.

Die Produktivsetzung wird im Nachgang der Diplomarbeit nach Erfüllung aller Voraussetzungen in diverse Arbeitspakete aufgebrochen und geplant.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage und Problemstellung . . . . .	1
1.1.1 Das Kantonsspital Graubünden . . . . .	1
1.1.2 Die ICT des Kantonsspital Graubünden . . . . .	3
1.1.3 Rolle in der ICT vom Kantonsspital Graubünden . . . . .	4
1.1.4 Ausgangslage . . . . .	6
1.1.5 Problemstellung . . . . .	9
1.2 Zieldefinition . . . . .	12
1.3 Abhängigkeiten . . . . .	17
1.4 Risikomanagement . . . . .	18
<b>2 Projektmanagement</b>	<b>20</b>
2.1 Projektplanung . . . . .	20
2.1.1 Projektcontrolling . . . . .	20
2.1.2 GANTT-Diagramm . . . . .	21
<b>3 Umsetzung</b>	<b>22</b>
3.1 Evaluation . . . . .	22
3.1.1 Exkurs Architektur . . . . .	22
3.1.2 Erheben und Gewichten der Anforderungen . . . . .	30
3.1.3 Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen . . . . .	34
3.1.4 Vorauswahl . . . . .	57
3.1.5 Installation verschiedener Lösungen . . . . .	58
3.1.6 PostgreSQL Benchmarking . . . . .	74
3.1.7 Testziele erarbeiten . . . . .	80
3.1.8 Testing Evaluationssysteme . . . . .	83
3.1.9 Gegenüberstellung der Lösungen . . . . .	88
3.1.10 Entscheid . . . . .	104
3.2 Aufbau und Implementation Testsystem . . . . .	104
3.2.1 Architektur . . . . .	104
3.2.2 Bereitstellen der Grundinfrastruktur . . . . .	106
3.2.3 Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster . . . . .	106
3.2.4 Technical Review der Umgebung . . . . .	110
3.3 Testing . . . . .	116
3.3.1 Protokollierung . . . . .	118
3.3.2 Review und Auswertung . . . . .	120
3.4 Maintenance-Tool . . . . .	120

3.5 Monitoring . . . . .	124
3.6 Troubleshooting und Lösungsfindung . . . . .	127
<b>4 Resultate</b>	<b>129</b>
4.1 Zielüberprüfung . . . . .	129
4.1.1 SQL Optimierungen - Indizes tracken und verwalten . . . . .	130
4.1.2 Testziele . . . . .	130
4.2 Schlussfolgerung . . . . .	130
4.2.1 Kubernetes / rke2 . . . . .	130
4.2.2 YugabyteDB . . . . .	130
4.2.3 StackGres - Citus . . . . .	131
4.2.4 Patroni . . . . .	131
4.2.5 vitabacks / postgresql_cluster . . . . .	131
4.3 Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten . . . . .	132
4.4 Persönliches Fazit . . . . .	133
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>134</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>138</b>
<b>Listings</b>	<b>140</b>
<b>Literatur</b>	<b>145</b>
<b>Abkürzungen</b>	<b>151</b>
<b>Glossar</b>	<b>153</b>
<b>Anhang</b>	<b>i</b>
I Disposition . . . . .	i
II Arbeitsrapport . . . . .	ii
III Protokoll - Fachgespräche . . . . .	v
III.I Fachgespräch 14.02.2024 . . . . .	v
III.II Fachgespräch 27.03.2024 . . . . .	viii
III.III Fachgespräch 15.05.2024 . . . . .	xii
IV Statusbericht . . . . .	xvi
IV.I Status Report 1 . . . . .	xvi
IV.II Status Report 2 . . . . .	xviii
IV.III Status Report 3 . . . . .	xxi
IV.IV KSGR Abschlussbericht . . . . .	xxiii
V Kommentare / Anmerkungen . . . . .	xxviii
VI Riskcontrolling . . . . .	xxx
VI.I Neu erfasste Risiken . . . . .	xxx

VI.II	Assessment 29.04.2024 . . . . .	xxxii
VI.III	Assessment 13.05.2024 / Abschluss . . . . .	xxxiv
VII	Evaluation . . . . .	xxxvi
VII.I	Maintenance - CloudNativePG . . . . .	xxxvi
VII.II	Maintenance - Patroni . . . . .	xl
VII.III	Maintenance - StackGres - Citus . . . . .	xliv
VII.IV	Maintenance - YugabyteDB . . . . .	I
VIII	Evaluationssysteme - Installation . . . . .	liii
VIII.I	rke2 . . . . .	liii
VIII.II	yugabyteDB . . . . .	lix
VIII.III	sks9016 - yugabyteDB . . . . .	lxxxvi
VIII.IV	Patroni . . . . .	lxxxvii
VIII.V	Stackgres mit Citus . . . . .	cvi
IX	Evaluationssysteme - Benchmarking . . . . .	cxxxix
IX.I	yugabyteDB . . . . .	cxxxix
IX.II	Patroni . . . . .	cxxxix
IX.III	StackGres - Citus . . . . .	cxxxix
X	Evaluationssysteme - Testing . . . . .	cxxxix
X.I	StackGres - Citus . . . . .	cxxxix
X.II	YugabyteDB . . . . .	cxl
XI	Testsystem - Installation . . . . .	cxliii
XI.I	Prequenteries . . . . .	cxliii
XI.II	Deployment . . . . .	cxl
XI.III	Maintenance . . . . .	clxxxvi
XI.IV	Prequenteries - Erweiterungstests . . . . .	cxcix
XI.V	HAproxy erweitern . . . . .	cxcix
XI.VI	Patroni Node . . . . .	cc
XII	Maintenance-Tool . . . . .	ccii
XII.I	Maintenance-Tool - Bloated Tables . . . . .	ccii
XII.II	Maintenance-Tool - AUTOVACUUM . . . . .	ccviii
XIII	Monitoring - PRTG . . . . .	ccxv
XIV	Exkurs Architekturen - Umsysteme und Prinzipien . . . . .	ccxx
XIV.I	Raft-Consensus . . . . .	ccxx
XIV.II	local-path-provisioner . . . . .	ccxxi

## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangslage und Problemstellung

#### 1.1.1 Das Kantonsspital Graubünden

Das Kantonsspital Graubünden (KSGR) ist das Zentrumsspital der Südostschweiz, welches Teil der sogenannten Penta Plus Spitäler ist. Die Penta Plus Spitäler sind das Kantonsspital Baden, das Kantonsspital Winterthur, das Spitalzentrum Biel AG, das Kantonsspital Baselland, die Spital STS (Simmental-Thun-Saanenland) AG und eben das Kantonsspital Graubünden.

Das KSGR deckt dabei die Spitalregion Churer Rheintal ab.

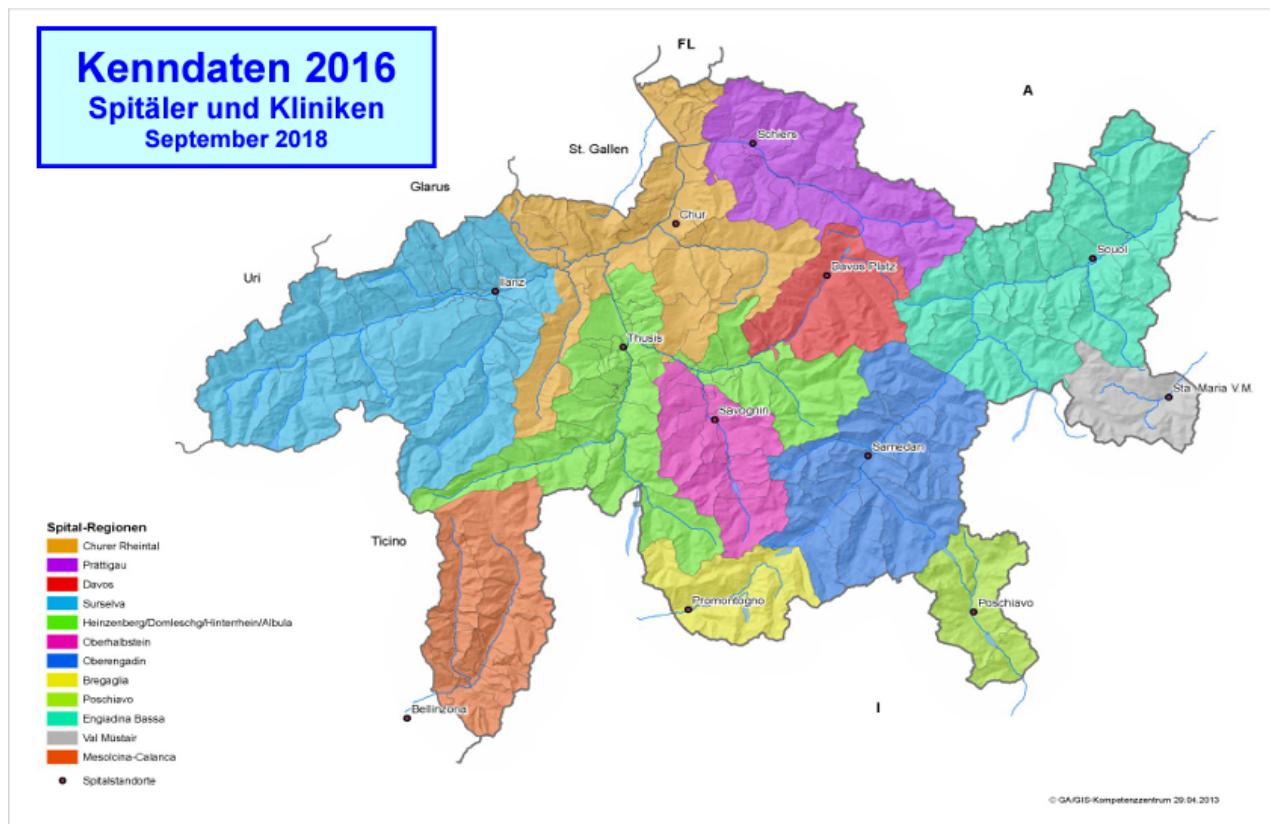


Abbildung 1.1: Spitalregionen Kanton Graubünden[1]

Zudem betreibt das KSGR seit dem 1. Januar 2023 den Standort Walenstadt im Kanton St. Gallen und deckt primär den Wahlkreis Sarganserland ab.



Abbildung 1.2: Wahlkreise Kanton St. Gallen[2]

Da dieser Wahlkreis der Spitalregion Rheintal Werdenberg Sarganserland zugeordnet ist, wird das KSGR auch im restlichen südlichen Teil der Spitalregion aktiv sein.

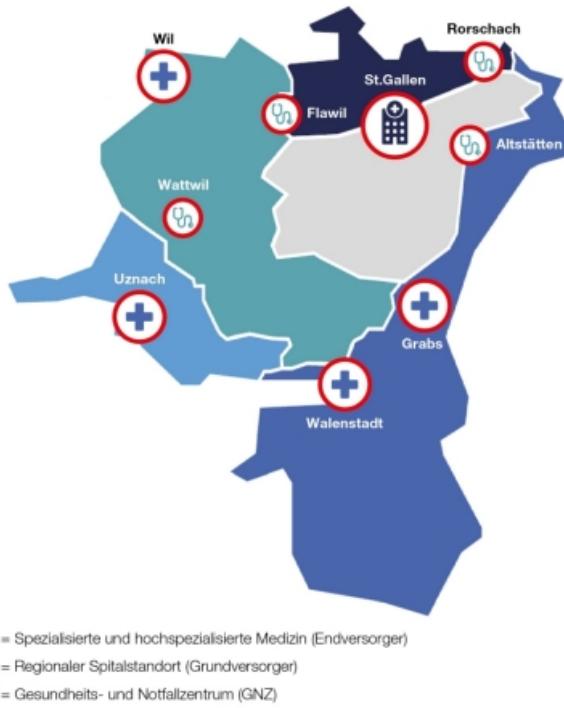


Abbildung 1.3: Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[3]

### 1.1.2 Die ICT des Kantonsspital Graubünden

Das Kantonsspital Graubünden hat eine Matrixorganisation. Die ICT ist ein eigenständiges Departement und gilt als sogenanntes Querschnittsdepartement, dh. die ICT bedient alle anderen Departemente.

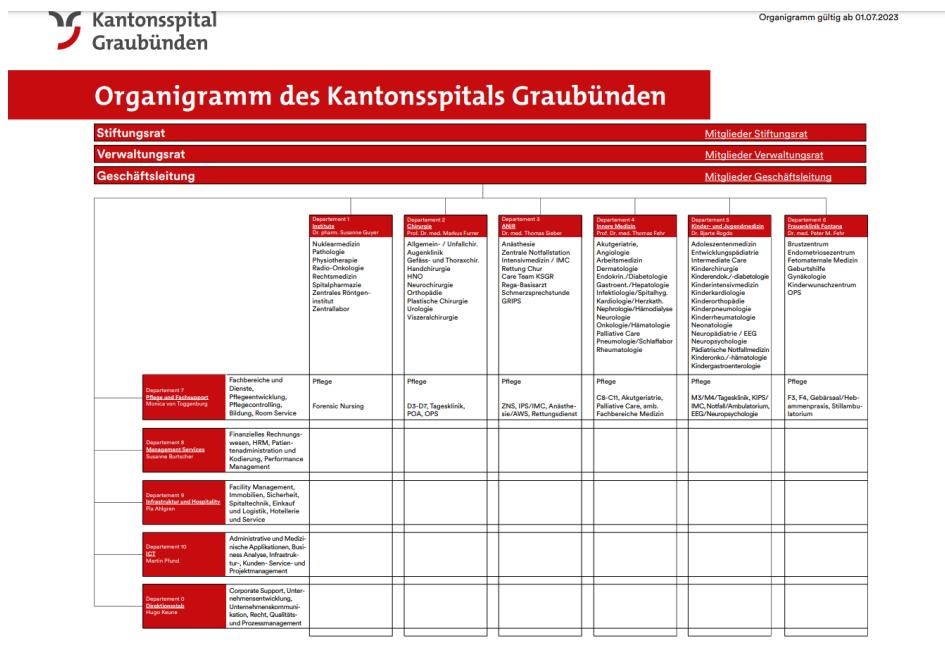


Abbildung 1.4: Organigramm Kantonsspital Graubünden

Die ICT betreibt über 400 Applikationen die auf mehr als 1055 physische und virtuelle Server und Appliances. Das Rückgrat der Infrastruktur ist dabei die Virtualisierungsplattformen VMware ESXi für Server und Citrix für die Thinclients der Enduser. Es werden aber auch Dienstleistungen für andere Spitäler und Kliniken oder andere Einrichtungen des Gesundheitswesens erbracht.

Entsprechend wurde die ICT in ein Applikationsmanagement, ein Infrastrukturmanagement sowie einem unterstützenden Bereich aufgegliedert. Das Applikationsmanagement wurde in je einen Bereich für die Administrativen und Medizinischen Applikationen aufgeteilt. Das Infrastrukturmanagement wiederum wurde in den Bereich Netzwerk und Data Center, welcher für Server zuständig ist, aufgeteilt. Der Bereich Business- und Prozessunterstützung beinhaltet je eine Abteilung für die Businessanalyse, das Projektmanagement und Benutzer- und Clientservices in der auch der Service-Desk untergebracht ist.

## (Führungs-)Organisation Departement 10 ab 2023



Kantonsspital  
Graubünden

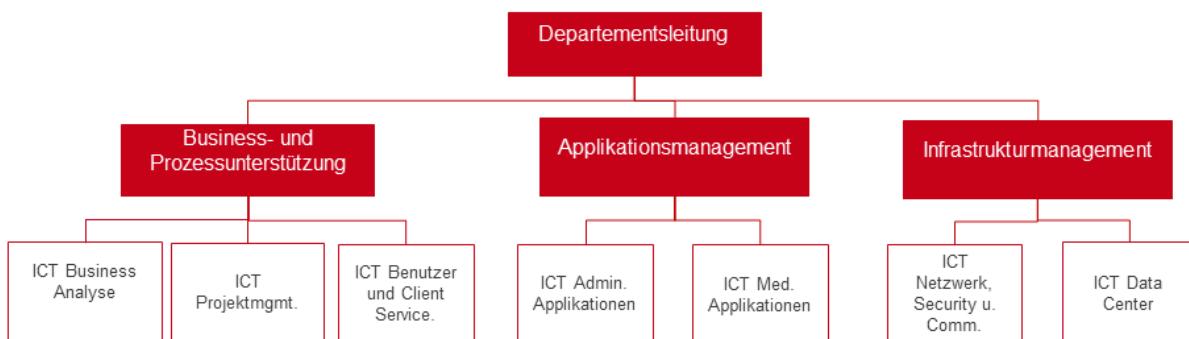


Abbildung 1.5: Organigramm Departement 10 - ICT

Die Organisation der ICT wird sich aber bis spätestens zum Abschluss der Diplomarbeit noch verändern.

### 1.1.3 Rolle in der ICT vom Kantonsspital Graubünden

Meine Rolle im Kantonsspital Graubünden resp. in der ICT ist die eines DBA. Diese Rolle ist in der Abteilung ICT Data Center.

Da die Kernsysteme auf Oracle Datenbanken und HP-UX laufen, bin ich primär Oracle Database DBA und manage das HP-UX in Zusammenarbeit mit HPE. Die administrative Tätigkeit bei HP-UX besteht primär im Betrieb der HP-UX Cluster Packages (einer sehr rudimentären Art von

Containern), überwachen und erweitern des Filesystems, erweitern von SAN Storage Lunes für die Filesystem erweiterung, Erstellen von PRTG-Sensoren für das Monitoring, SAP Printerqueue Management und andere Tasks die es noch auszuführen gibt. Daneben bin ich auch für andere Datenbanken, teilweise aber nur begrenzt Microsoft SQL Server, MySQL / MariaDB und vermehrt PostgreSQL zuständig. Darüber hinaus bin ich Teilweise in die Linux-Administration involviert und betreue auch noch einige Windows Server für das Zentrale klinische Informationssystem.

#### **1.1.4        Ausgangslage**

Die meisten der über 400 Applikationen, die das KSGR betreibt, speichern in den allermeisten Fällen ihre Daten in Datenbanksystemen. Entsprechend der Vielfalt der Applikationen existieren auch eine Vielzahl an Datenbanksystemen und Versionen.

Basierend auf der Liste *DB-Engines Ranking*[4] der Top-Datenbanksysteme. Allerdings werden nicht alle Datenbanksysteme berücksichtigt, entweder weil das Datenbanksystem keine Client/Server Architektur hat oder nicht im Scope der IT oder des Projekts ist.

Folgende Datenbanken sind inventarisiert:

DBMS	Datenbankmodell	Inventarisiert	Kommentar
Oracle Database	Relational, NoSQL, OLAP	Ja	
MySQL	Relational	Ja	
Microsoft SQL Server	Relational, NoSQL, OLAP	Nein	Werden separat administriert und sind daher nicht in diesem Inventar gelistet
PostgreSQL	Relational, NoSQL	Ja	
MongoDB	NoSQL	Ja	
Redis	Key-value	Ja	
Elasticsearch	Search engine	Ja	
IBM DB2	Relational	Ja	
SQLite	Relational	Nein	Lokale Datenbank. Zudem wird die DB nicht via Netzwerk angesprochen
Microsoft Access	Relational	Nein	Nicht im Scope der ICT
Snowflake	Relational	Ja	
Cassandra	Relational	Ja	
MariaDB	Relational	Ja	
Splunk	Search engine	Ja	
Microsoft Azure SQL Database	Relational, NoSQL, OLAP	Nein	Datenbanken sind nicht On-Premise und somit nicht im Scope

Tabelle 1.1: Inventarisierte Datenbanksysteme

Folgende Datenbanksysteme sind demnach im KSGR im Einsatz:

	RDBMS	Instanz	Datenbanken	Appliance
0	MariaDB	2	2	0
1	MongoDB	2	2	0
2	MySQL	28	50	3
3	Oracle Database	27	30	0
4	PostgreSQL	20	20	4
5	Redis	1	1	0
Gesamtergebnis		80	105	7

Tabelle 1.2: Datenbankinventar

Aufgeschlüsselt auf die Betriebssysteme auf denen die Datenbanken laufen, ergibt sich folgendes Bild:

OS	RDBMS	Appliance	Datenbanken	Instanz
HP-UX	Oracle Database	0	24	21
Linux	MariaDB	0	2	2
	MySQL	3	36	14
	Oracle Database	0	1	1
	PostgreSQL	4	8	8
	Redis	0	1	1
Windows Server	MongoDB	0	2	2
	MySQL	0	14	14
	Oracle Database	0	5	5
	PostgreSQL	0	12	12
Gesamtergebnis		7	105	80

Tabelle 1.3: Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt

Die Kernsysteme des Spitals werden auf Oracle Datenbanken (Oracle Database) betrieben, die aktuell auf einer HP-UX betrieben werden. Stand heute gibt es kein Clustersystem für die Open-Source Datenbanken wie MariaDB/MySQL oder PostgreSQL.

Durch die Einführung von Kubernetes als Containerplattform wird der Bedarf an PostgreSQL Datenbanken immer grösser. Es werden in naher Zukunft auch verschiedene Oracle Datenbanken sowie MySQL Datenbanken auf PostgreSQL migriert werden.

Aktuell werden die Daten des Zabbix Monitoring Systems der Netzwerktechniker auf eine MariaDB Datenbank gespeichert, dies soll sich aber ändern. Da das Zabbix alle Netzwerkgeräte Überwacht, pro Sekunde werden im Moment ca. 950 Datenpunkte abgefragt, pro Sekunde werden 23 Connections geöffnet resp. offen gehalten. Die 23 Connections setzen pro Sekunde über 7'000 Transaktionen ab, wobei über 4'000 direkt von den Clients kommen.

Mittlerweile ist die Datenbank auf über 230GiB angewachsen.

Genauere Informationen sind im Kapitel **Benchmark Settings** zu finden.

### **1.1.5 Problemstellung**

Zusammen mit den bestehenden PostgreSQL Datenbankinstanzen werden die PostgreSQL Datenbanken in der Art, wie sie bisher betrieben werden, nicht mehr betreibbar sein. Die bisherige Strategie erzeugt sehr viel Aufwand und provoziert Risiken, namentlich:

- dezentrale Backups und fragmentierte Backup-Strategien
  - Fehlende Kontrolle
  - Wiederherstellbarkeit nicht garantiert
- Verschiedene Betriebssysteme mit verschiedenen Versionen
  - Fehlernder Überblick
  - Veraltete Betriebssystem- und Datenbankversionen
  - Grosser Administrationsaufwand
- Uneinheitliche Absicherung und Härtung
  - Hohe Angreifbarkeit
  - Veraltete Betriebssystem- und Datenbankversionen
  - Grosser Administrationsaufwand
- Uneinheitliche HA-Fähigkeit
  - Hohe Angreifbarkeit
  - Veraltete Betriebssystem- und Datenbankversionen
  - Grosser Administrationsaufwand

Dadurch ergeben sich nach BSI folgende Risiken:

Identifikation						Abschätzung		Behandlung				
ID	Schutzziel	Referenz BSI 200-3	Risiko	Beschreibung / Ursache	Auswirkung	WS	SM	Massnahmen ergreifen?	WS	SM	Zielwert	Massnahme
1 I		G0.22	Manipulation von Informationen	Durch veraltete Systeme die zudem unterschiedlich gut gehärtet und gesichert sind (z.B. durch Verschlüsselung des Verkehrs oder der Daten auf dem Storage), besteht das Risiko das Daten manipuliert werden  Manche Datenbanken und deren Betriebssysteme sind sehr alt und sehr lange im Einsatz. Einige dieser Systeme sind schon so alt, das keine Hotfixes, Patches und Updates mehr erhältlich sind.  Hierdurch entsteht das Risiko, das Systeme ausfallen	Die Auswirkungen reichen von einer Fehlfunktion des Systems bis hin zum vollständigen Verlust der Integrität der Daten	2	4	Ja	1	2	Best-Practice bei Härtung der Systeme. Redundanzen einführen	
2 A		G0.25	Ausfall von Geräten oder Systemen	Manche Datenbanken und deren Betriebssysteme sind sehr alt und sehr lange im Einsatz. Einige dieser Systeme sind schon so alt, das keine Hotfixes, Patches und Updates mehr erhältlich sind.  Hierdurch entsteht das Risiko, das Systeme Fehlfunktionen erleiden.	Sofern keine HA-Architektur aufgebaut wurde, ist die Verfügbarkeit ernsthaft gefährdet resp. die Applikation steht nicht mehr zur Verfügung.	4	4	Ja	2	2	Redundanzen einführen	
3 C, I, A		G0.26	Fehlfunktion von Geräten oder Systemen	Allerdings versuchen Datenbanksysteme, die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten.  Aufgrund der sehr heterogenen Landschaft ist der Administrationsaufwand für die jetzigen Systeme sehr gross. Zu gross, als das für jede Datenbank und deren Betriebssystem die notwendige Zeit für eine bedarfsgerechte Administration erbracht werden kann.	Fehlfunktionen können innerhalb von Datenbanksystemen die Datenkonsistenz verletzen, Daten können verloren gehen oder ungewollt von Dritten und unberechtigten Personen eingesehen werden. Systeme könnten nicht mehr oder nur noch eingeschränkt verfügbar werden.	2	4	Ja	2	2	Systeme zentralisieren Lifecycle etablieren	
4 C, I, A		G0.27-1	Ressourcenmangel (personelle Ressourcen)	Dadurch bleiben Fehler länger unentdeckt, Hotfixes, Patches, Updates und Upgrades können nicht oder nicht zur richtigen Zeit eingespielt werden.  Bei einem akuten Problemfall ist nicht garantiert, dass die Leute erreichbar sind, die notwendig sind	Die Auswirkungen können vielfältig sein, abhängig davon welcher Aspekt unter dem Ressourcenmangel leidet.  Grundsätzlich wird aber sowohl die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit gefährdet.	3	3	Ja	2	3	Systeme zentralisieren	
5 A		G0.27-2	Ressourcenmangel (technische Ressourcen)	Kann auftreten wenn Ressourcenwachstum zu spät bemerkt wird. So kann die CPU Usage oder das Memory Usage schnell anwachsen. Auch der Storage eines Betriebssystems kann nicht mehr ausreichend für ein System werden.	Wenn die CPU- und Memory-Usage über einen gewissen Schwellwert geht, fängt das Betriebssystem an zu Priorisieren. Dies wird primär der Endanwender in form von Performance Einbussen bemerken. Im schlimmsten Fall steht eine Anwendung nicht mehr zur Verfügung.	2	2	Ja	1	2	Monitoring verschärfen	
6 C, I, A		G0.31	Fehlerhafte Nutzung oder Administration von Geräten und Systemen	Durch die Vielfalt an Datenbankversionen und Betriebssystemen und Plattformen worauf diese betrieben werden, besteht allen voran das Risiko einer fehlerhaften Administration und Konfiguration.	Gefährlicher sind Storage Overflows, besonders wenn die Datenbank nicht mehr alle Informationen schreiben konnte, die sie für einen korrekten Neustart benötigte.	4	3	Ja	2	3	Systeme zentralisieren	
7 C, I, A		G0.32	Missbrauch von Berechtigungen	Obwohl das Microsoft Active Directory die zentrale Benutzerverwaltung ist, sind die wenigsten Datenbanken an dieses angeschlossen. Hinzu kommt der Umstand, dass in der Vergangenheit jeder Softwarelieferant sein eigenes Benutzerkonzept mitgebracht hat, auch bei den Datenbankzugängen.  Multipliziert mit der Anzahl der unterschiedlichsten Datenbanken, Betriebssystemen und Applikationen entsteht das Risiko, das Berechtigungen wissentlich oder unwissentlich missbraucht werden. Verschiedene Datenbanken sind Standalone Cluster (Instanzen) welche über keinen Failover-Mechanismus verfügen.	Doch die folgen bleiben nichtsdestotrotz überschaubar. Abhängig davon, welche Fehler gemacht wurden können die Auswirkungen auch stark variieren. Sie reichen von fehlender Verschlüsselung bis hin zu nicht vorhandenem Backup mit nicht mehr gesicherter Wiederherstellbarkeit von Systemen.  Daraus erschliesst sich das auch bei diesem Risiko die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit gefährdet ist.	2	4	Ja	2	2	Systeme zentralisieren Übergreifendes Berechtigungskonzept einführen Monitoring der Zugriffe	
8 A, I		G0.45	Datenverlust	Zudem wurden die meisten Datenbanken nur mittels Snapshots oder einem Filesystem Backup gesichert, nicht über eine eigentliche Sicherung mittels WAL. Gerade die fehlende WAL-Archivierung führt im Backupfall dazu, dass alle Transaktionen die zwischen dem letzten Backup nicht mehr vorhanden sind.  Hinzu kommt, das für die meisten Datenbanken hohe Sicherungsintervalle von einmal pro Stunde oder gar nur einmal am Tag gewählt wurde.  Ein weiterer Aspekt des Risikos besteht in der Tatsache, das aufgrund der grossen Anzahl Datenbanken und deren Heterogenität nur wenige Backups auch wirklich regelmässig geprüft werden.	Aus dem Risiko ergeben sich zwei Auswirkungen, die aber beide ein hohes Mass an Schaden verursachen können.  Erstens könnten Backups gar nicht mehr wiederhergestellt werden, dies hätte dann einen totalen Datenverlust zur Folge. Die zweite Ursache erwächst auf der fehlenden WAL-Archivierung, dadurch können zwar die Daten bis zu einem Zeitpunkt X wiederhergestellt werden allerdings sind diese dann nicht zwingend konsistent.	4	5	Ja	1	3	Systeme zentralisieren Einheitliches Backupkonzept Regelmässige Restore-Tests	

Tabelle 1.4: Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken

Daraus ergeben sich folgende Strategien und Handlungsfelder um die Massnahmen zur Risikominimierung umzusetzen:

- Systemabsicherung erarbeiten und einsetzen
- HA-Clustering einführen um die Redundanz zu gewährleisten und Systeme zentral verwalten und betreiben zu können
- Lifecycle-Management für Datenbanken und Betriebssysteme erarbeiten und einsetzen
- Backup-Konzept erarbeiten
- Berechtigungskonzept erarbeiten und einführen

Mit diesen Massnahmen lassen sich die Risiken senken.

Nachfolgend der Vergleich der Ursprünglichen Risiken und den Risiken, wenn Massnahmen getroffen wurden:

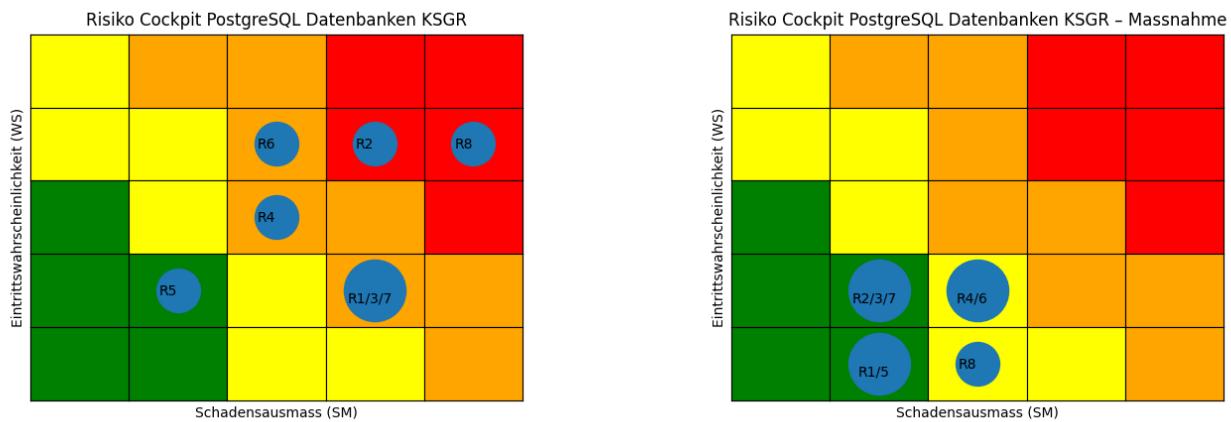


Abbildung 1.6: Risikomanagement PostgreSQL

## 1.2 Zieldefinition

Das administrieren einer PostgreSQL Datenbank umfasst i.d.R. [5, 6] folgende zehn Tasks die zum täglichen Alltag gehören:

Nr.	Aufgabe	Beschreibung	Wichtigkeit
1	Failover	In einem Fehlerfall soll die DB-Node auf einen Standby-Node übergeben werden. Nach einem Failover muss der DB-Node wieder vom Standby-Node auf den primären Node zurückgesetzt werden.	Hoch
2	Failover Restore	Dabei darf es zu keinem Datenverlust kommen, also alle Daten die auf dem Standby-Node erfasst wurden, müssen beim Failover Restore auf den primären DB-Node zurückgeschrieben werden. Die Datenmenge in Datenbanken wachsen in der Regel beständig.	Hoch
3	Filesystem Management	Die Belegung von Tablespace und Filesystem muss deshalb überwacht und ggf. erweitert werden. Läuft eine Disk voll, kommt es im besten Fall zu einem Stillstand der DB, im schlimmsten Fall zu Inkonsistenzen und Datenverlust Nebst den allgemeinen Metriken wie CPU / Memory Usage und der Port-Verfügbarkeit gibt es noch eine Reihe weiterer Aspekte die observiert werden müssen.	Hoch
4	Monitoring	Zum Beispiel, ob es zu verzögerungen bei der Replikation kommt oder die Tablespace genügend Platz haben. Dazu gehört auch das Überwachen des Logs und entsprechende Schritte im Fehlerfall. PostgreSQL sammelt Statistiken um SQL Queries optimaler ausführen zu können. Zudem wird im Rahmen des gleichen Scheduled Tasks ein Cleanup vorgenommen,	Mittel
5	Statistiken / Cleanup Jobs justieren	so dass z.B. gelöschte Datensätze den Disk Space nicht sinnlos belegen. Die Konfiguration dieser Jobs muss an der Metrik der Datenbank angepasst werden, weil gewisse Tasks dann entweder viel zu oft oder viel zu wenig bis gar nicht mehr ausgeführt werden.	Mittel
6	SQL optimierungen	In PostgreSQL können inperfomante SQL Statements ausgelesen werden und zum Teil werden auch Informationen zum Tuning geliefert[7]. Diese müssen regelmäßig ausgelesen werden	Tief
7	Health Checks und Aktionen (Maintenance)	Regelmässig muss die Gesundheit der DBs überprüft werden, etwa ob Tabellen und/oder Indizes sich aufgeblättert haben oder ob Locks vorhanden sind[8]. Während der Hauptarbeitszeit muss dies mindestens alle 90 Minuten geprüft und ggf. reagiert werden.	Hoch
8	Housekeeping	Mit Housekeeping Jobs werden regelmäßig Trace- und Alertlogfiles aufgeräumt, um Platz auf den Disken zu sparen, aber auch, um die Übersichtlichkeit zu wahren.	Mittel
9	Verwalten von DB Objekten	Regelmässig müssen DB Objekte wie Datenbanken, Tabellen, Trigger, Views etc. angepasst oder erstellt werden. Dies richtet sich nach den Bedürfnissen der Kunden resp. deren Applikationen.	Tief
10	User Management	Die Zugriffe der User müssen überwacht, angepasst, erfasst oder gesperrt werden. Auch diese Aufgabe richtet sich nach den Bedürfnissen der Kunden.	Tief

Tabelle 1.5: Administrative Aufgaben

Von diesen Tasks müssen Teile davon zu 50% automatisiert werden wobei alle Muss-Aufgaben automatisiert werden müssen. Diese wären nachfolgende Tasks die automatisiert werden können.

Nr.	Aufgabe	Wichtigkeit	Zu automatisierender Task	Priorität	Muss / Kann	Spätester Termin
1	Failover	Hoch	Automatisierter Failover auf mindestens einen sekundären DB-Node	1	Muss	Abgabe
2	Failover Restore	Hoch	Sobald der Primäre DB-Node wieder vorhanden ist, muss automatisch auf den primären DB-Node zurückgesetzt werden.  Das Filesystem muss beim erreichen von 95% Usage automatisiert vergrössert werden.	1	Muss	
3	Filesystem Management	Hoch	Die Vergrösserung muss anhand der Wachstumsrate (die mittels Linux Commands zu ermitteln ist), vergrössert werden	4	Kann	
4	Monitoring	Mittel	Der Status der Clusterumgebung und der Replikation muss im PRTG überwacht werden	2	Muss	
5	Statistiken / Cleanup Jobs justieren	Mittel	Regelmässig müssen die Parameter für den AUTOVACUUM Job berechnet werden und das Configfile postgresql.conf automatisch angepasst werden  Es gibt SQL Abfragen, mit dem fehlende Indizes ermittelt werden können.  Diese Indizes sollen automatisiert erstellt werden.	2	Muss	
6	SQL-Optimierungen	Tief	Im gleichen Zug sollen aber auch Indizes, welche nicht verwendet werden, entfernt werden.  Sie tragen nicht nur nichts zu performanteren Abfragen bei sondern beziehen unnötige Ressourcen bei Datenmanipulationen[7].  Tabellen und Indizes können sich aufblähen (bloated table / bloated index)	2	Kann	
7	Health Checks und Aktionen (Maintenance)	Hoch	Ist ein Index aufgebläht, kann dies mittels eines REINDEX mit geringem Impact auf die Datenbank gelöst werden[8].	2	Muss	
8	Housekeeping	Mittel	Log Rotation muss aktiviert werden und alte Logs regelmässig gelöscht werden.	3	Kann	
9	Verwalten von DB Objekten	Tief	Keine Automatisierung möglich	5		
10	User Management	Tief	Regelmässige Reports sollen User anzeigen, die seit mehr als einer Woche nicht mehr aktiv waren.	4	Kann	

Tabelle 1.6: Automatisierung Administrativer Aufgaben

Mit dieser Arbeit sollen folgende Ergebnisse und Resultate erzielt werden:

- **Ergebnisse**

Mindestens drei Methoden einen PostgreSQL Cluster aufzubauen müssen analysiert und evaluiert werden

- **Resultate**

Aus den mindestens drei Methoden muss die optimale Methode ermittelt werden.

Am Ende muss zudem ein funktionierendes Testsystem bestehen.

Daraus ergeben sich folgende Ziele:

Nr.	Ziel	Beschreibung	Priorität
1	Evaluation	Am Ende der Evaluationsphase müssen mindestens drei Methoden für einen PostgreSQL HA Cluster müssen evaluiert werden. Innerhalb der Evaluation muss analysiert werden, welche Methode oder welches Tool sich hierfür eignen würde.	Hoch
2	Testsystem	Am Ende der Diplomarbeit muss ein funktionierendes Testsystem installiert sein.	Hoch
3	Automatisierter Failover	Ein PostgreSQL Cluster muss im Fehlerfall auf mindestens einen Standby-Node umschwenken. Dabei muss das Timeout so niedrig sein, dass Applikationen nicht auf ein Timeout laufen.	Hoch
4	Automatisierter Failover Restore	Nach einem Failover muss es zu einem Fallback oder Failover Restore kommen, sobald der Primary-Node wieder verfügbar ist.	Hoch
5	Monitoring - Cluster Healthcheck	Die wichtigsten Parameter für das Monitoring des PostgreSQL Clusters (isready, Locks, bloated Tables), der Replikation (Replay Lag, Standby alive) und des PostgreSQL HA Clusters müssen überwacht werden.	Mittel
6	AUTOVACUUM - Parameter verwalten	Täglich müssen die Parameter für den AUTOVACUUM Job berechnet werden und das Configfile postgresql.conf automatisch angepasst werden	Mittel
7	SQL optimierungen - Indizes tracken und verwalten	Täglich fehlende Indizes automatisiert erstellen und nicht mehr verwendete Indizes automatisiert entfernen	Mittel
8	Maintenance - Indizes säubern	Täglich bloated Indices, also aufgeblähte Indizes, automatisiert erkennen und mittels REINDEX bereinigen	Hoch
9	Housekeeping - Log Rotation	Die Log Rotation muss aktiviert werden. Die Logs müssen aber auch in das KSGR-Log Repository geschrieben werden	Hoch
10	User Management - Monitoring	Nicht verwendete User sollen einmal pro Woche automatisiert erkannt und in einem Report gemeldet werden.	Tief
11	Evaluationsziel	Am Ende der Evaluationsphase muss ein Entscheid getroffen worden sein, welche Methode verwendet wird.	Hoch
12	Installationsziel	Die Testinstallation muss lauffähig sein und zudem alle Anforderungen und Ziele (3 und 4) erfüllen  Folgende Testziele müssen erreicht werden: 1. Der PostgreSQL Cluster muss immer lauffähig sein solange noch ein Node up ist, unabhängig davon welche Nodes des PostgreSQL HA Clusters down ist 2. Ein Switchover auf alle sekundären Nodes muss möglich sein 3. Der Fallback auf den primären Node muss erfolgreich sein, unabhängig davon, ob ein Failover oder Switchover stattgefunden hat 4. Das Timeout bei einem Failover / Switchover muss unterhalb der Default Timeouts der Applikationen GitLab und Harbor liegen. 5. Das Replay Lag zwischen Primary und Secondary darf beim Initialen Start nicht über eine Minute dauern oder 1KiB nicht überschreiten	Hoch
13	Testziele		

Tabelle 1.7: Ziele

Im Kantonsspital Graubünden sind bereits einige Systeme im Einsatz, die gegeben sind.

<b>Produkt</b>	<b>Beschreibung</b>	
Storage	HPE 3PAR 8450 SAN Storage System	
Virtualisierungsplattform	VMware® vSphere®	
Primäres Backupsystem	VEEAM Backup System	
Provisioning / Lifecycle Management System	Foreman	Ist zurzeit nur für Linux angedacht
Primäre Linux-Distribution	Debian	
Sekundäre Linux-Distributionen	Rocky Linux Oracle Linux RedHat Enterprise Linux (RedHat Enterprise Linux (RHEL))	RedHat Enterprise Linux (RedHat Enterprise Linux (RHEL)), Rocky Linux oder Oracle Linux wird nur eingesetzt, wenn es nicht anders möglich ist
Primäres Monitoring-System	Paessler Router Traffic Grapher (PRTG)	Monitoring System für alle, ausser dem Netzwerkbereich
Sekundäres Monitoring-System	Zabbix	Wird nur vom Netzwerkbereich verwendet
Container-Plattform	Kubernetes	
Infrastructure as code (Iac) System	Ansible und Terraform	Ansible wird von Foreman verwendet, Terraform wird für die Steuerung der Kubernetes-Plattform verwendet
Log-Plattform / SIEM-System		Wird neu ausgeschrieben
Usermanagement	Microsoft Active Directory	Produkt zurzeit nicht definiert

Tabelle 1.8: Gegebene Systeme

Daraus ergeben sich folgende Abgrenzungen:

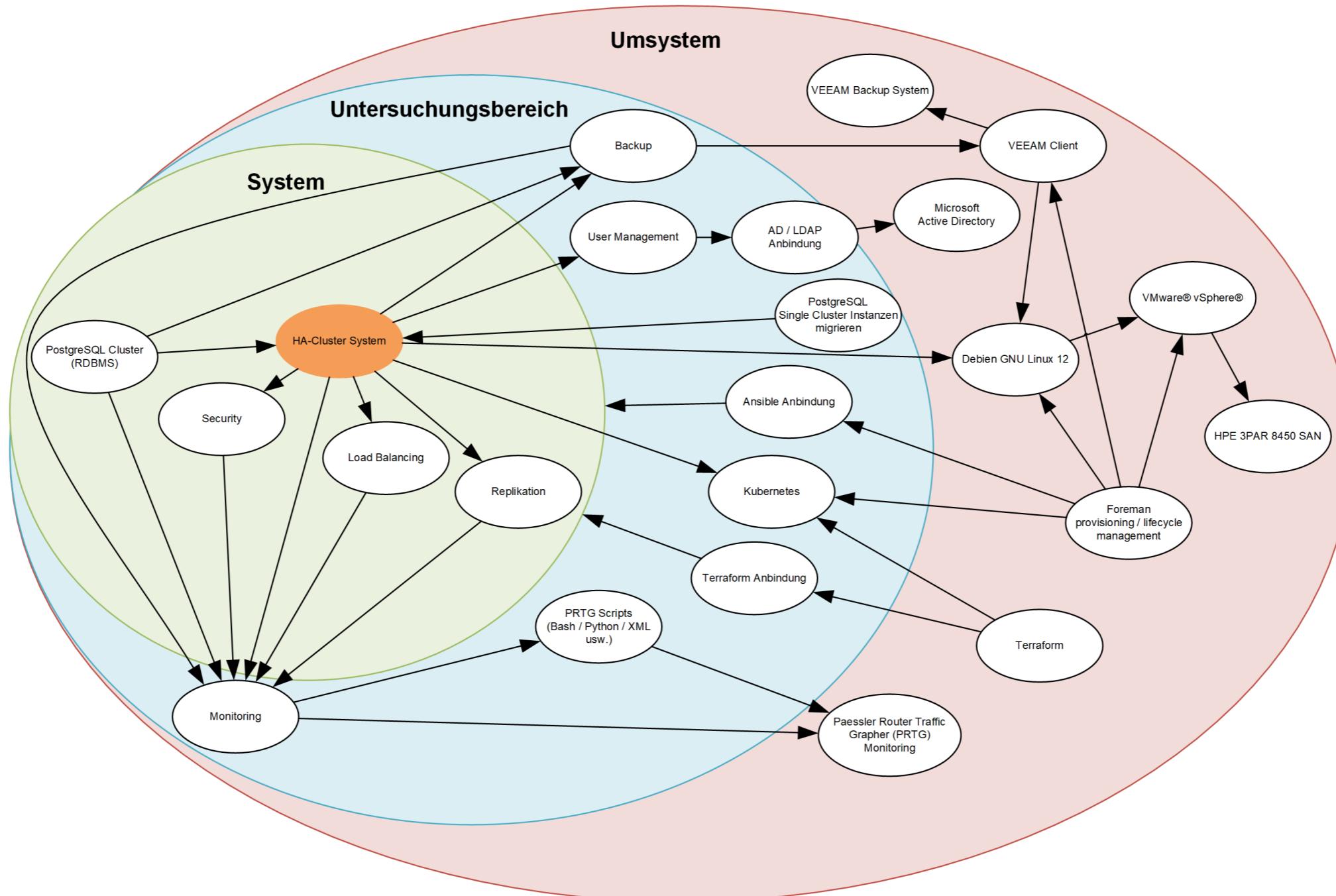


Abbildung 1.7: Systemabgrenzung nach Züst, Troxler 2002[9]

### 1.3 Abhängigkeiten

Es existieren Technische und Organisatorische Abhängigkeiten. Diese haben sowohl ein Risiko als auch einen Impact wenn das Risiko eintrifft. Dies wären folgende:

Nr.	Objekt	Abhängigkeit	Beschreibung	Status	Risiko	Impact
1	Foreman	VMs	Das Lifecycle Management und Provisioning System muss zur Verfügung stehen um in der Evaluationsphase Develop-VMs und in der Installationsphase Test-VMs erstellen zu können.	Im Moment ist Foreman in einer Proof of Concept Phase.	Das Risiko besteht, dass Foreman nicht betriebsbereit ist	VMs müssen von Hand aufgesetzt werden. Entsprechend wird sehr viel mehr Zeit in der Evaluations- und Installationsphase benötigt.
2	Storage	Speicher für VMs / Daten	Es müssen genügend Kapazitäten auf dem Storage vorhanden sein, um die VMs und Datenbanken in Betrieb zu nehmen	Storage wurde bereits erweitert, neue Disks für den SAN Storage wurden bestellt.	Auf dem SAN ist keine Kapazität mehr vorhanden	Es können keine VMs oder Datenbanken erstellt werden
3	Log Management / SIEM System	Sichern der Logfiles für Log Rotation	Sichern der Logfiles für Log Rotation	Ein Log Management System / SIEM muss vorhanden sein, um Logs langfristig sichern zu können.	Die neue Log Management Plattform ist noch nicht betriebsbereit	Log Retention muss stark erhöht werden. Dies wird mehr Storage in Anspruch nehmen.
4	HP-UX Ablöseprojekt	Ressourcen	Das Projekt zur Ablösung der HP-UX Plattform für die Oracle Datenbanken geht in die Konzeptions- und Umsetzungsphase.	Umsetzungsphase.	Als Oracle DBA bin ich stark in das Projekt eingebunden. Es besteht das Risiko eines Ressourcenengpasses	Projekt kann nicht zeitgemäß abgeschlossen werden
5	GitLab	Sicherung	Sicherung von Konfigurationen, Scripts usw.	GitLab ist implementiert und betriebsbereit.	GitLab steht nicht mehr zur Verfügung	Keine Versionierung und Teilsicherungen mehr von Konfigurationsfiles, Scripts usw.
6	PKI	Key Management	Es braucht einen PKI um Keys und Zertifikate handeln zu können	Bestehender PKI wird abgelöst. Ablösungsprojekt in der Initialisierungsphase. Bestehender PKI nicht für Zertifikate im Einsatz	Es steht kein moderner PKI im Einsatz.	Zertifikate können aus Zeitgründen nicht in der Evaluationsphase eingesetzt werden. Für die Testphase müssen Zertifikate manuell ausgestellt werden.
7	Veeam Kasten K10[10]	Backup	Kubernetes Nodes und Pods können nicht mit Klassivem Veeam gesichert werden. Hierfür hat Veeam mit der Version V12 die spezialisierte Veeam Kasten K10 Lösung heraus.	Kann erst beim offiziellen Release von Kubernetes beim KSGR eingeführt werden.	Steht nicht zur Verfügung, bis das Projekt abgeschlossen wird.	Backup muss z.B. einen nfs-Share gesichert werden.

Tabelle 1.9: Abhängigkeiten

## 1.4 Risikomanagement

Aus den Abhängigkeiten heraus wurden folgende Risiken identifiziert:

Identifikation				Abschätzung		Behandlung			
ID	Risiko	Beschreibung / Ursache	Auswirkung	WS	SM	Massnahmen ergreifen?		Zielwert	Massnahme
1	Fehlende Ressourcen	Viele parallele Projekte, Aufträge und der Tagesbetrieb	Ressourcen während der Diplomarbeit sind knapp bemessen	3	4	Ja		2 2	Organisation und Selbstmanagement
2	HP-UX Ablöseprojekt	Das Projekt ist sehr Umfangreich und ist in die Konzeptions- und Umsetzungsphase gestartet	Das Projekt wird parallel zur Diplomarbeit sehr viele Ressourcen und Aufmerksamkeit binden	4	4	Ja		3 3	Ressourcen reservieren
3	Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden	HP-UX Plattform, DELL NetWorker / Data Domain Umgebung und HPE 3PAR SAN Storage Umgebung sind über dem Lifecycle und haben in den vergangenen Monaten immer wieder kritische Ausfälle erlebt	Bei einem Event, ausgelöst durch das Alter der HP-UX Plattform, der DELL NetWorker / Data Domain Umgebung oder dem SAN Storage, kann der ganze Betrieb zum erliegen kommen und entsprechend viele Ressourcen aufgrund der Kritikalität binden	4	4	Ja		3 3	Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren
4	Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	Selbstmanagement und Organisation ist nicht meine Stärke	Das Projekt verzettelt sich, Zeit geht verloren. Auch eine Folge könnte der Scope Verlust sein	3	3	Ja		2 2	Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen
5	Scope Verlust während des Projekts	Der Scope kann während des Projekts verloren gehen	Verzettelung und Zeitverlust bis hin zu scheitern	3	4	Ja		2 3	Ziele klar definieren
6	Scope Creep	Der Umfang kann stark steigen wenn Ziele nicht genau genug definiert wurden	Zeitverlust bis hin zu scheitern des Projekts	3	4	Ja		3 3	Ziele SMART definieren
7	SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit	Die öffentliche Ausschreibung für die neue / Log Plattform wurde erst am 23.10.2023 veröffentlicht. Bis zur Implementation kann noch Zeit vergehen.	Logs müssen länger auf dem System selber vor gehalten werden. Zudem müssen ggf. eigene Massnahmen zum Auslesen von Logs getroffen werden	4	1	Nein			
8	Foreman nicht betriebsbereit	Die Foreman Provisioning- und Lifecycle Plattform befindet sich aktuell erst in der Proof of Concept Phase. Dadurch besteht das Risiko, dass sie nicht betriebsbereit zum Start der Diplomarbeit ist	Ms müssen von Hand provisioniert werden. Dies bedeutet einen massiven Mehraufwand und verzögert ggf. die Evaluationsphase und mit Sicherheit die Installationsphase	3	5	Ja		3 4	Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten.

Tabelle 1.10: Risiko-Matrix der Diplomarbeit

Daraus ergeben sich, mit den Massnahmen, folgende Risikomatrizen:

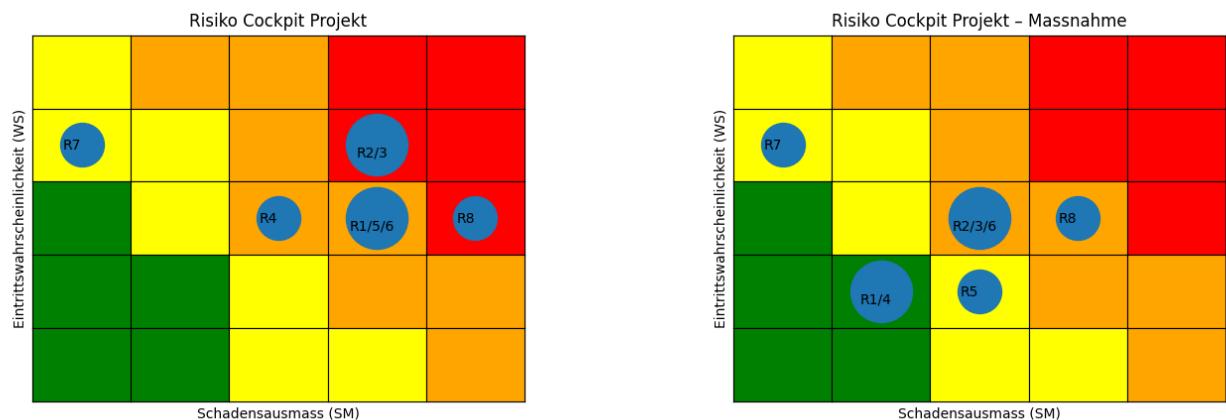


Abbildung 1.8: Risikomanagement Projekt

Die Risiko-Assessments sind im Anhang - Riskcontrolling zu finden.

## 2 Projektmanagement

### 2.1 Projektplanung

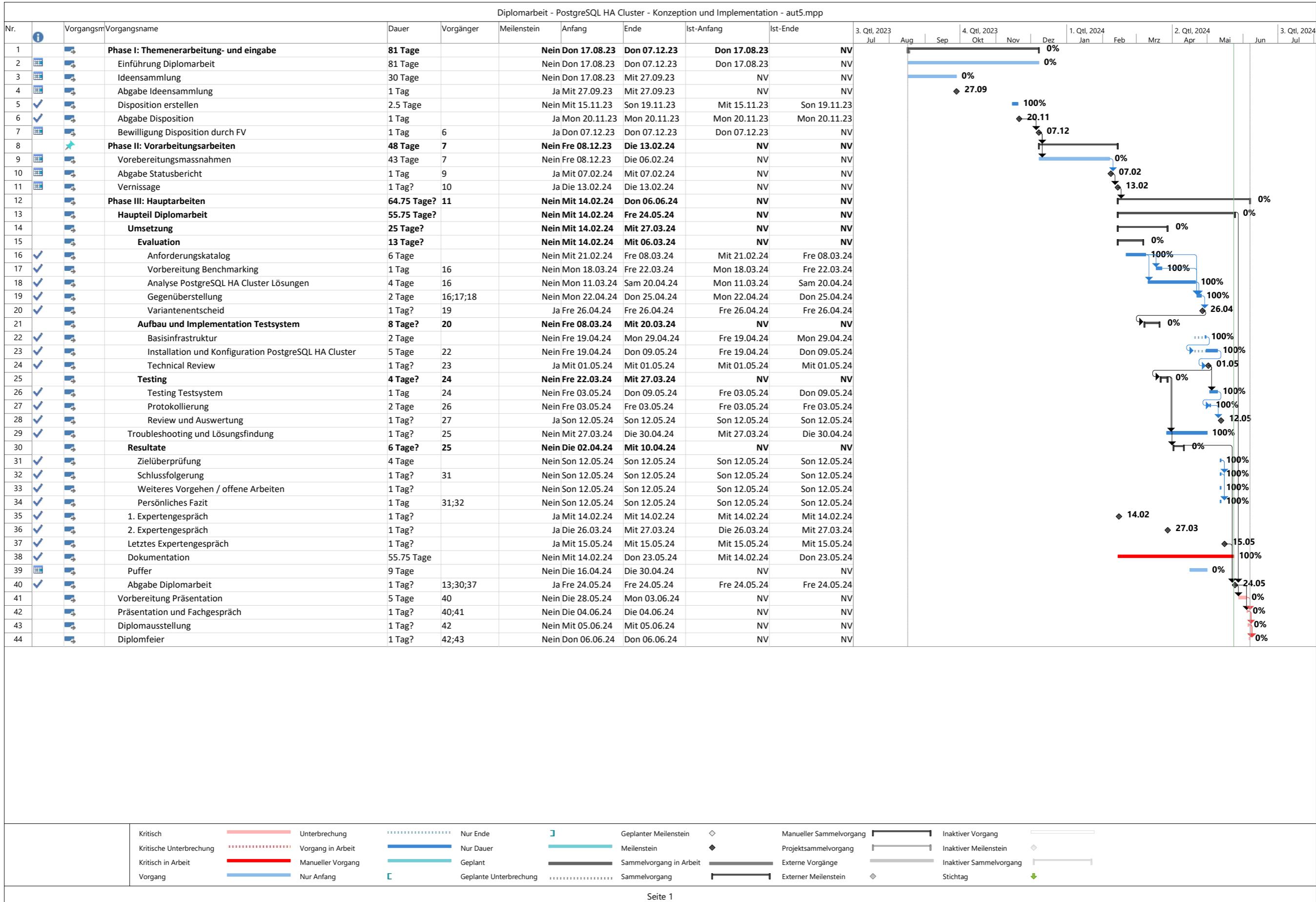
#### 2.1.1 Projektcontrolling

Die geleistete Arbeit und verbleibende Zeit wird in nachfolgender Tabelle gelistet:

	Phase	Subphase	Nr.	Dauer [h]	Geplante Dauer [h]	Verbleibende Zeit [h]
7	Evaluation	Anorderungskatalog	1.0	4.5	16.0	11.5
10	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	2.0	5.0	4.0	-1.0
6	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	3.0	51.2	16.0	-35.2
8	Evaluation	Gegenüberstellung	4.0	0.5	8.0	7.5
9	Evaluation	Variantenentscheid	5.0	1.0	4.0	3.0
2	Aufbau und Implementation Testsystem	Basisinfrastruktur	6.0	3.0	4.0	1.0
3	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	7.0	20.0	20.0	0.0
4	Aufbau und Implementation Testsystem	Technical Review	8.0	2.0	3.0	1.0
19	Testing	Testing Testsystem	9.0	6.2	8.0	1.8
17	Testing	Protokollierung	10.0	2.0	4.0	2.0
18	Testing	Review und Auswertung	11.0	2.2	2.0	-0.2
20	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	12.0	11.0	8.0	-3.0
16	Resultate	Zielüberprüfung	13.0	1.5	2.0	0.5
14	Resultate	Schlussfolgerung	14.0	1.0	2.0	1.0
15	Resultate	Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten	15.0	0.5	1.0	0.5
13	Resultate	Persönliches Fazit	16.0	0.8	2.0	1.2
0	1. Expertengespräch	1. Expertengespräch	17.0	1.0	1.0	0.0
1	2. Expertengespräch	2. Expertengespräch	18.0	1.2	1.0	-0.2
11	Letztes Expertengespräch	Letztes Expertengespräch	19.0	1.0	1.0	0.0
12	Puffer	Puffer	20.0	0.0	16.0	16.0
5	Dokumentation	Dokumentation	21.0	74.2	80.0	5.8
Total				190.0	203.0	13.0

Tabelle 2.1: Projektcontrolling

## 2.1.2 GANTT-Diagramm



### 3

## Umsetzung

### 3.1 Evaluation

#### 3.1.1 Exkurs Architektur

In der Diplomarbeit werden diverse Konzepte und Begriffe behandelt.

So wird das Partitioning, Sharding, Clusterkonzepte, Synchronisationen, Skalierungen und mehr Thema sein.

Ziel von diesem Kapitel soll es sein, ein Verständnis für diese Konzepte zu schaffen.

##### 3.1.1.1 Sharding

###### 3.1.1.1.1 Vertikales / Horizontales Sharding

Tabellen können horizontal oder vertikal partitioniert werden. Bei der vertikalen Partitionierung werden Tabellen ähnlich zur Normalisierung vertikal aufgeteilt, nur dass der Primary Key derselbe bleibt.

Nachfolgend ein Beispiel zur vertikalen Partitionierung:

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3
1	A	B	C
2	D	E	F
3	G	H	I
4	J	K	L
5	M	N	O
6	P	Q	R

Komplette Tabelle

Primary Key	Column 3	Primary Key	Column 1	Column 2
1	C	1	A	B
2	F	2	D	E
3	I	3	G	H
4	L	4	J	K
5	O	5	M	N
6	R	6	P	Q

Vertikale Partitionen

Abbildung 3.1: Sharding - Vertikale Partitionierung

Die horizontale Partitionierung geht den umgekehrten Weg. Die Datensätze einer Tabelle werden anhand bestimmter Regeln in Partitionen mit gleicher Struktur verteilt. Nachfolgend ein Beispiel einer horizontalen Partitionierung:

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3
1	A	B	C
2	D	E	F
3	G	H	I
4	J	K	L
5	M	N	O
6	P	Q	R

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3
1	A	B	C
6	P	Q	R

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3
2	D	E	F
3	G	H	I

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3
4	J	K	L
5	M	N	O

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3
6	P	Q	R
7	S	T	U

Abbildung 3.2: Sharding - Horizontales Partitionierung

Horizontales Partitionieren wird oft für das Sharding von Tabellen benutzt. Die Partitionen entsprechen dann den Shards.

### **3.1.1.2 Key Based Sharding**

Hierbei wird das Sharding anhand eines oder mehreren Keys ausgeführt.

### **3.1.1.3 Range Based Sharding**

Das Sharding wird dabei anhand von Ranges ausgeführt. Zum Beispiel anhand von Preis-Ranges.

### **3.1.1.4 Directory Based Sharding**

Hierfür wird eine Lookup-Tabelle geführt, welche die Schlüssel für das Sharding bereitstellen. Anhand dieser werden dann die entsprechenden Zieltabellen aufgeteilt.

### **3.1.1.5 Hash Based Sharding**

Das Hash Based Sharding ist eine Form des Range Based Shardings, bei dem Hashwerte der Datensätze benutzt werden. Je nach Bereich wird der Datensatz dann einem Shard zugewiesen.

### 3.1.1.2 Monolithische vs. verteilte SQL Systeme

Klassische SQL-Datenbanken sind monolithische Systeme, selbst wenn sie mit Hilfe Replikation eine Primary/Stand-by-Architektur aufweisen. Man kann mit einem SQL-Proxys ein gewisses Mass an Load Balancing betreiben, hat aber immer noch das Problem, dass es einen primären Node gibt, auf dem beschrieben wird. Monolithische Systeme sind daher nicht Cloud Native.

Nur verteilte Systeme, sogenannte Distributed SQL Systeme, sind wirklich Cloud Native fähig, da die Last gleichmässig auf horizontal skalierenden Nodes verteilt werden kann.

Nachfolgend die schematische Darstellung der beiden Konzepte:

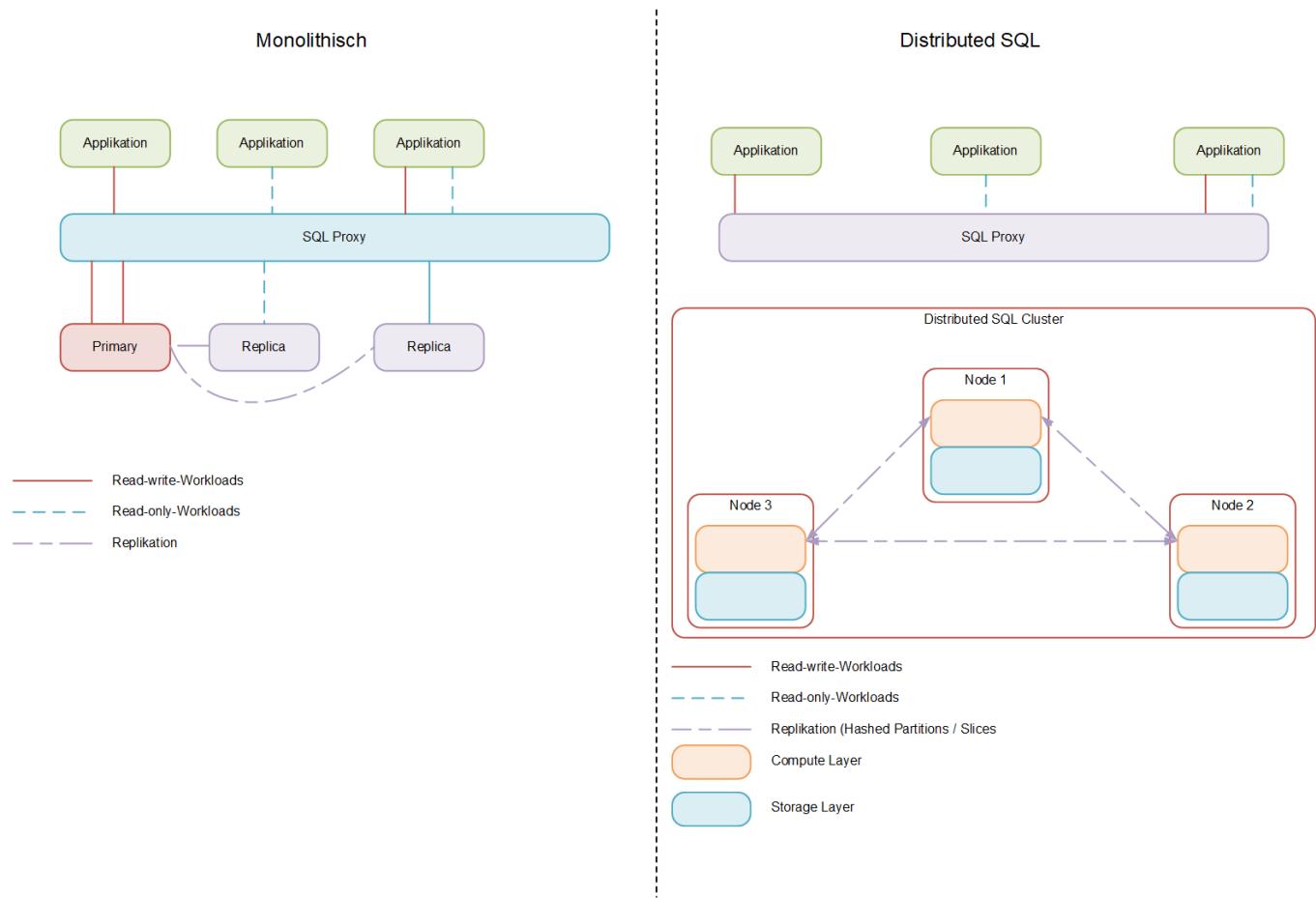


Abbildung 3.3: Monolithische vs. verteilte SQL Systeme

### **3.1.1.3 High Availability und Replikation**

Wenn eine Datenbank HA (High Availability), also hochverfügbar sein soll, braucht es eine primäre und mindestens eine sekundäre- oder Failover-Datenbank. Um Datenverlust zu vermeiden, müssen die Daten permanent von der primären auf die sekundäre Datenbank synchronisiert werden, dies nennt man Replikation [11]. Dabei wird zwischen den folgenden beiden Replikationen unterschieden:

#### **Synchrone Replikation**

Wenn bei einer synchronen Replikation eine Transaktion abgesetzt wird, wird der Commit auf der primären Seite erst gesetzt, wenn die Änderung auf der sekundären Seite oder den sekundären Seiten ebenfalls eingetragen und committet ist. Bis zu diesem Moment ist die Transaktion nicht als committet. Dies wird dann zum Problem, wenn keine Verbindung mehr zu mindestens einer sekundären Seite vorhanden ist. Zudem wird die synchrone Replikation bei hohen Latenzen zum Bottleneck der Datenbank.

#### **Asynchrone Replikation**

Bei der asynchronen Replikation wird eine Transaktion erst auf der eigenen primären Seite committet und erst dann an die sekundären Nodes gesendet. Besonders bei hohen Latenzen bleibt die Datenbank immer perfomant, allerdings kann es je nach Latenz und genereller Auslastung zu Datenverlusten kommen, wenn es zum Failover kommt.

### 3.1.1.4 Quorum

Ein Quorum-System soll die Integrität und Konsistenz in einem Datenbank-Cluster sicherstellen. Dabei gilt zu beachten, dass nicht eine beliebige Anzahl an Nodes hinzugefügt werden können. Auch hat das Hinzufügen von Nodes immer eine Einbusse an Performance zur Folge, besonders dann, wenn eine synchrone Replikation gewählt wird und auf jedes Commitment von den Replica-Nodes gewartet werden muss.

#### Quorum

Die Mehrheit der Server, die einen funktionierenden Betrieb gewährleisten können, ohne eine Split-brain-Situation zu erzeugen. Die Formel ist gemeinhin  $n/2 + 1$

#### Throughput

Beschreibt, wie sich die Anzahl Nodes auf die Schreibgeschwindigkeit der Commitments auf die restlichen Nodes auswirkt.

Die Verdopplung der Server halbiert i. d. R. den Throughput.

#### Fehlertoleranz

Beschreibt, wie viele Nodes ausfallen können, damit der Cluster noch arbeitsfähig ist.

Wobei eine Erhöhung der Nodes von 3 auf 4 die Fehlertoleranz nicht erhöht, da nun eine Split-brain-Situation entstehen kann.

Hier ein Beispiel wie sie in den Artikeln [12, 13, 14] beschrieben werden. Es zeigt auf, ab wie vielen Nodes die Fehlertoleranz erhöht wird und wie sich der repräsentative Throughput verhält.

Anzahl Nodes	Quorum	Fehlertoleranz	Representative Throughput
1	1	0	100
2	2	0	85
3	2	1	82
4	3	1	57
5	3	2	48
6	4	2	41
7	4	3	36

Tabelle 3.1: Quorum Beispiele

### 3.1.1.5 CAP-Theorem

Das CAP-Theorem besagt, dass nur zwei der drei folgenden drei Merkmale von verteilten Systemen gewährleistet werden können[15].

#### Konsistenz - Consistency

Die Datenbank ist konsistent, alle Clients sehen gleichzeitig die gleichen Daten unabhängig, auf welchem Node zugegriffen wird. Hierzu muss eine Replikation der Daten an alle Nodes stattfinden und der Commit zurückgegeben werden, also eine synchrone Replikation stattfinden.

#### Verfügbarkeit - Availability

Jeder Client, der eine Anfrage sendet, muss auch eine Antwort erhalten. Unabhängig davon, wie viele Nodes im Cluster noch aktiv ist.

#### Ausfalltoleranz / Partitionstoleranz - Partition tolerance

Der Cluster muss auch dann noch funktionsfähig bleiben, wenn es eine beliebige Anzahl von Verbindungsunterbrüchen oder anderen Netzwerkproblemen zwischen den Nodes gibt.

Das CAP-Theorem lässt sich am einfachsten mit folgenden Venn-Diagramm visualisieren:

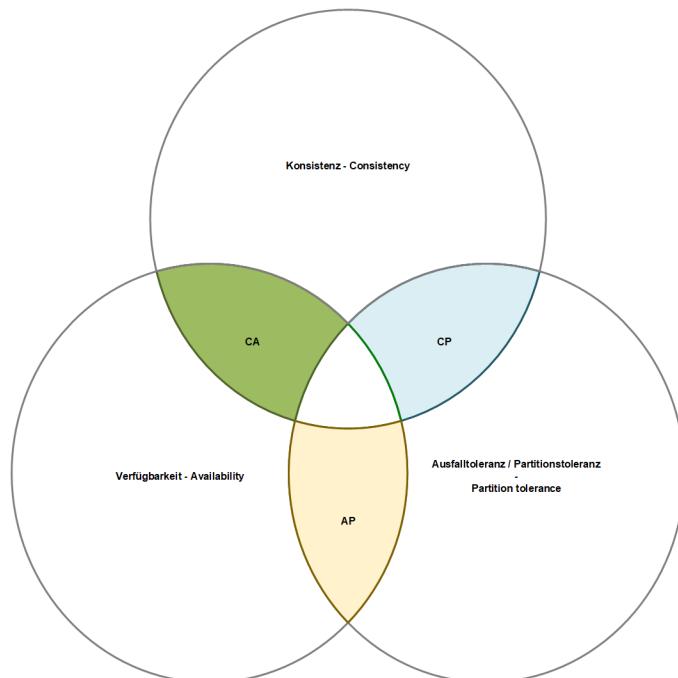


Abbildung 3.4: CAP-Theorem

PostgreSQL, Oracle Database oder IBM DB2 präferieren CA, also Konsistenz und Verfügbarkeit. In dieser Diplomarbeit ist CA somit die Massgabe.

### 3.1.1.6 Skalierung

Datenbanken müssen skalierbar sein. Dabei wird unterschieden zwischen einer vertikalen Skalierung (Scale-up) und horizontaler Skalierung (Scale-out). Bei der vertikalen Skalierung werden den DB-Servers mehr CPU-Cores und Memory sowie zum Teil Storage hinzugefügt, wobei der Storage in jedem Fall wachsen wird. Beim horizontalen Skalieren werden weitere DB-Nodes in den Cluster eingehängt[16]:

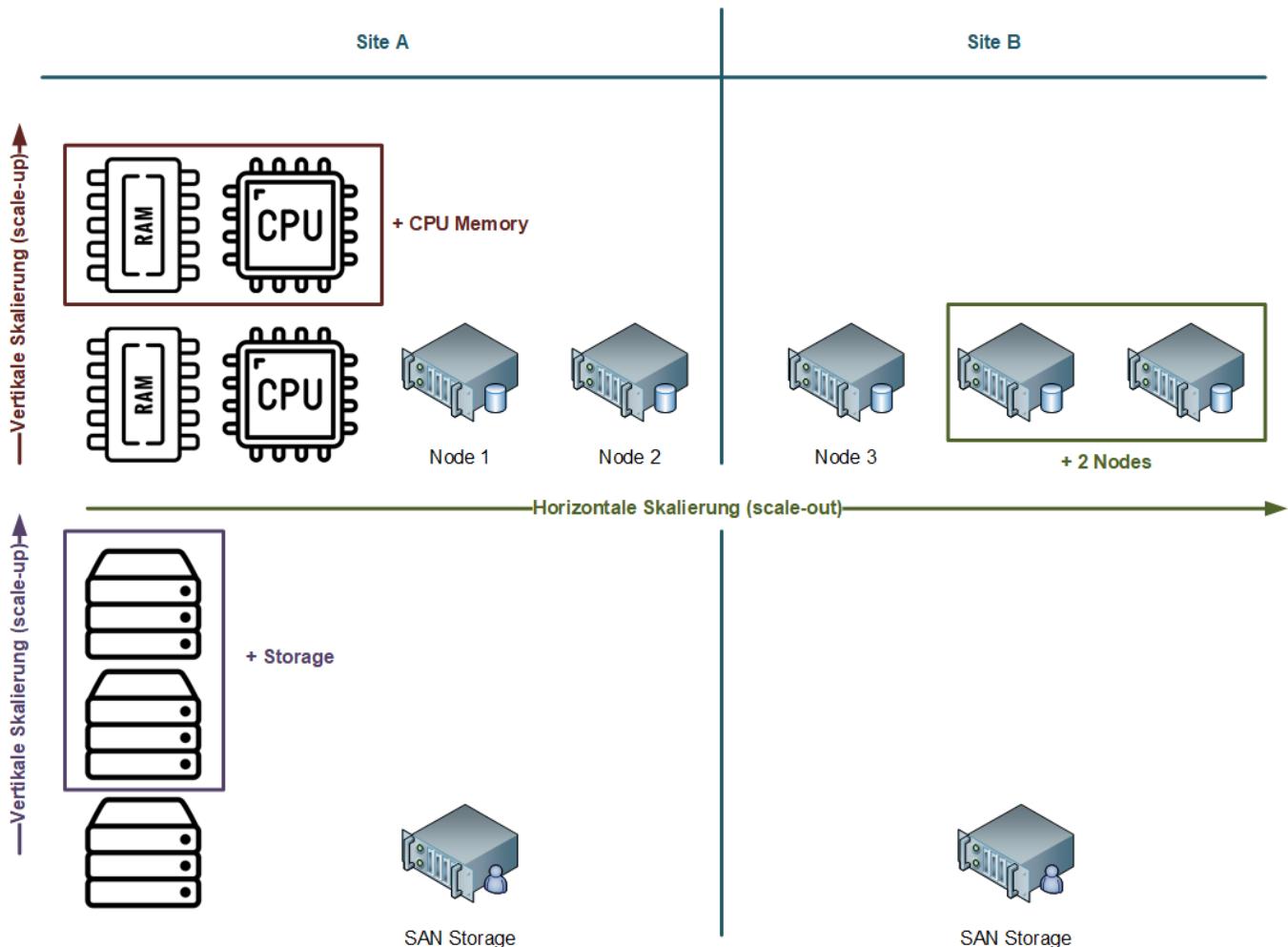


Abbildung 3.5: Datenbankskalierung

Bei monolithischen Datenbanken werden irgendwann die Grenzen der horizontalen Skalierung erreicht und man muss wieder vertikal skalieren, um dem Primary Node genügend Rechnerleistung vorzuhalten.

### **3.1.2 Erheben und Gewichten der Anforderungen**

#### **3.1.2.1 Anforderungen**

Das KSGR hat eine Cloud First Strategie.

Das heisst, alle neuen Applikationen und entsprechend deren Datenbanken müssen Cloud Ready bzw. Cloud Native sein. Um die Voraussetzung dafür zu schaffen, muss auch der PostgreSQL Cluster Cloud Ready sein.

Daher müssen zwei von drei genauer evaluierten Lösungen Cloud Native Lösungen sein. Wenn der Zeitaufwand reicht, können auch eine Cloud Native und Monolithisches System aufgebaut werden.

#### **3.1.2.2 Stakeholder**

Rolle	Funktion	Departement	Bereich	Abteilung
Zabbix Stakeholder	Abteilungsleiter	D10 ICT	Infrastrukturmanagement	ICT Netzwerk, Security und Comm.
Stakeholder Data Center Infrastruktur	Abteilungsleiter	D10 ICT	Infrastrukturmanagement	ICT Data Center
k8s Stakeholder	ICT System Ingenieur	D10 ICT	Infrastrukturmanagement	ICT Data Center

Tabelle 3.2: Stakeholder

Die anhand der Ziele und Bedürfnisse der Stakeholder erfassten Anforderungen werden in dieser Tabelle dargestellt:

Nr.	Anforderung	Bezeichnung	Beschreibung	System	Muss / Kann
1	Systemvielfalt		Es muss mindestens eine Monolithisches und mindestens 2 zwei Distributed SQL Cluster ermittelt werden.	Beides	MUSS
2	Synergien		Skripte und APIs des Monolithischen Systems müssen auch in einem Distributed SQL System verwendet werden können.	Beides	MUSS
3	Failover	Automatismus	Das Clustersystem muss bei einem Nodeausfall automatisch auf einen anderen Node umgestellt werden.	Beides	MUSS
4	Failover	Connection - Stabilität	Beim Failover dürfen bestehende Connections nicht getrennt oder sofort wiederhergestellt werden.	Beides	MUSS
5	Failover	Geschwindigkeit	Das Umstellen auf den nächsten Node muss so schnell ausgeführt werden, damit ein Disconnect mittels Client-Konfiguration (Timeout) verhindert wird.	Beides	MUSS
6	Switchover	Skript / API	Das System muss ein Skript oder eine API liefern, welche einen geordneten Switchover auf einen anderen Node erlaubt.	Beides	MUSS
7	Switchover	Connection - Stabilität	Beim Switchover dürfen bestehende Connections nicht getrennt werden oder sofort wiederhergestellt werden.	Beides	MUSS
8	Switchover	Geschwindigkeit	Das Umstellen auf den nächsten Node muss so schnell ausgeführt werden, das ein Disconnect mittels Client-Konfiguration (Timeout) verhindert wird.	Beides	MUSS
9	Restore	Skript / API	Das Clustersystem muss ein Skript oder eine API liefern, welche das einfache und ggf. automatisierte Restoren eines oder mehreren Nodes ermöglichen.	Beides	MUSS
10	Restore	Datensicherheit	Beim Wiederherstellen des Ursprungszustands darf es zu keinem Datenverlust kommen.	Beides	MUSS
11	Restore	Connection - Stabilität	Bei der Wiederherstellung einzelner Nodes darf es zu keinen Unterbrechungen auf den Applikationen kommen.	Beides	MUSS
12	Restore	Geschwindigkeit	Das Wiederherstellen des Ursprungszustands muss innert weniger Stunden für alle Datenbanken aus dem Backup wiederhergestellt und im Clustersystem synchronisiert werden.	Beides	MUSS
13	Replikation	Synchrone Replikation	Es muss eine synchrone Replikation sichergestellt werden.	Monolithisch	MUSS
14	Replikation	Failover / Switchover Garantie	Die Replikation muss sicherstellen, dass es bei einem Failover/Switchover zu keinem Fehler kommt	Monolithisch	MUSS
15	Replikation	Throughput	Beschreibt, wie viele Transaktionen pro Zeiteinheit vom Primary an die Replikas gesendet und Committed werden. Dieser Wert ist bei synchroner Replikation entscheidend, da Commits auf allen Replicas abgesetzt sein müssen.	Beides	MUSS
16	Sharding	Datenschutz- und Integrität	Die Datenkonsistenz und Datenintegrität auf den Shards muss sichergestellt werden.	Distributed SQL	MUSS
17	Sharding	Schutz vor Datenverlust	Die Synchronisation der Shards muss sicherstellen, dass es zu keinem Datenverlust kommt.	Distributed SQL	MUSS
18	Quorum	Quorum-System vorhanden	Das Clustersystem muss über ein Quorum-System besitzen.	Beides	MUSS
19	Quorum	Robustheit	Das Quorum des Clustersystems muss robust genug sein, um eine Split-Brain-Situation zu verhindern.	Beides	MUSS
20	Connection		Das Clustersystem muss sicherstellen, dass eine Applikation ohne Entwicklungsaufwand mittels dem PostgreSQL Wired Connector zugreifen kann.	Beides	MUSS
21	Management-API	Management-API vorhanden	Das Clustersystem muss Skripte oder eine API liefern, mit denen sich das System konfiguriert, verwaltet oder überwacht werden kann. Zudem müssen mit geringen Arbeitsaufwand Nodes hinzugefügt oder entfernt werden können.	Beides	MUSS
22	Management-API	Authentifizierung & Autorisierung	Es müssen gängige Standards für Authentifizierung und Autorisierung mitgebracht werden. Der Aufwand,	Beides	MUSS
23	Management-API	Aufwand	der benötigt wird, um die DB zu verwalten, Nodes hinzuzufügen oder zu entfernen usw., muss gegeneinander verglichen werden.	Beides	MUSS
24	Backup	Backup mit PostgreSQL Standards	Backups müssen mittels PostgreSQL Standards angezogen werden können.	Beides	MUSS
25	Backup	Restore mit PostgreSQL Standards	Backups müssen mittels PostgreSQL Standards restored werden können	Beides	MUSS
26	Housekeeping - Log Rotation		Das Clustersystem muss die Möglichkeit zur Log Rotation bieten.	Beides	MUSS
27	Self Healing		Das Clustersystem muss im Fehlerfall Nodes selber wiederherstellen können. Läuft ein Node auf einen Fehler,	Beides	KANN
28	Monitoring - Node Failure		muss das Clustersystem dies erkennen und melden resp. eine Schnittstelle liefern, die abgefragt werden kann.	Beides	MUSS

Continued on next page

Tabelle 3.3: Anforderungskatalog

Nr.	Anforderung	Bezeichnung	Beschreibung	System	Muss / Kann
29	Maintenance Quality		Da die meisten PostgreSQL HA Lösungen Open-Source sind, muss sichergestellt werden, dass die gewählte Lösung auch aktiv gepflegt wird. Als Basis dient GitHub Insights.	Beides	MUSS
30	Performance	tps - Read-Only	Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DQL Transaktionen.	Beides	MUSS
31	Performance	tps - Read-Writes	Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DML Transaktionen.	Beides	MUSS
32	Performance	Ø Latenz - Read-Only	Die Latenzzeit bei DQL Transaktionen.	Beides	MUSS
33	Performance	Ø Latenz - Read-Write	Die Latenzzeit bei DML Transaktionen.	Beides	MUSS

Tabelle 3.3: Anforderungskatalog

### 3.1.2.3 Gewichtung

Die Gewichtung wurde mit Hilfe einer Präferenzmatrix ermittelt.

Die grundlegende Gewichtung wurde folgendermassen vorgenommen:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
					Systemvielfalt	Synergien	Failover	Switchover	Restore	Replikation	Sharding	Quorum	Connection	Management-API	Backup	Housekeeping - Log Rotation	Self Heahling	Monitoring - Node Failure	Maintenance Quality	
125	15	1	1	Systemvielfalt	1															
117	14	2	2	Synergien	1															
108	13	3	3	Failover	1	2														
100	12	4	4	Switchover	1	2	3													
92	11	5	5	Restore	1	2	3	4												
83	10	6	6	Replikation	1	2	3	4	5											
25	3	13	7	Sharding	1	2	3	4	5	6										
67	8	7	8	Quorum	1	2	3	4	5	6	8									
58	7	8	9	Connection	1	2	3	4	5	6	9	8								
33	4	12	10	Management-API	1	2	3	4	5	6	10	8	9							
58	7	8	11	Backup	1	2	3	4	5	6	11	8	9	11						
8	1	14	12	Housekeeping - Log Rotation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
8	1	14	13	Self Heahling	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13				
50	6	11	14	Monitoring - Node Failure	1	2	3	4	5	6	14	8	9	14	11	14	14			
8	1	14	15	Maintenance Quality	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	14		
58	7	8	16	Performance	1	2	3	4	5	6	16	16	16	16	11	16	16	14	16	
<b>1000</b>	<b>120</b>																			

**Legende**

- Eingabefelder
- Zellbezüge
- berechnete Felder

Abbildung 3.6: Präferenzmatrix

### 3.1.3 Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen

Auf dem Markt existieren eine Reihe von Clusterlösungen für PostgreSQL.

Folgende werden analysiert und anschliessend einer Vorauswahl unterzogen:

Anbieter	Lösung	Systemart
Percona	Patroni	Monolithisch
EnterpriseDB	Patroni	Monolithisch
KSGR Lösung	Eigenes System	Monolithisch
The Pgpool Global Development Group	pgpool-II	Monolithisch
hapostgres	pg_auto_failover	Monolithisch
EnterpriseDB	CloudNativePG	Monolithisch
Zalando SE.	Patroni	Monolithisch
OnGres, Inc.	StackGres	Monolithisch / Distributed SQL
Citus Data, a Microsoft Company	Citus	Distributed SQL
Yugabyte, Inc.	YugabyteDB	Distributed SQL

Tabelle 3.4: Anbieter und Systeme

#### 3.1.3.1 Percona

Percona bietet nebst dem bekannteren Galera-Cluster und MySQL- und MariaDB auch Dienstleistungen [17] aller Art für PostgreSQL an.

Percona arbeitet oft auf Basis von Patroni,  
bietet aber auch eigene Erweiterungen und eigene Software an [18].

Da Percona keine Open-Source-Lösungen anbietet, sondern Service-orientiert ist,  
wird Percona nicht betrachtet.

Allerdings wird immer wieder auf frei zugängliche Dokumentationen von Percona verwiesen werden.

#### 3.1.3.2 EnterpriseDB

EDB (EnterpriseDB) ist ein führendes Software- und Servicehaus für PostgreSQL[19].  
Nebst Dienstleistungen für das Management von PostgreSQL-Umgebungen, Migrationen aus Oracle-Umgebungen und anderem bietet EDB auch eine Vielzahl an zusätzlicher Software und eigene Replikationslösungen.

EDB bietet PostgreSQL auf Kubernetes mit Hilfe CloudNativePG an,  
hat aber auch eine eigens entwickelte Distributed SQL / Active-Active Lösungen.

Da die EDB-Lösungen nicht Open-Source sind resp. von EDB aufgekauft Lösungen nicht mehr ohne Subscription betreibbar sind,  
werden sie nicht berücksichtigt. Allerdings wird immer wieder auf frei zugängliche Dokumentationen von EDB verwiesen werden.

### **3.1.3.3 KSGR Lösung**

Das Kantonsspital Graubünden hat prüft mit keepalived ob die primäre Seite erreichbar und betriebsbereit ist. Trifft dies nicht mehr zu, wird ein Failover durchgeführt [20]. Ist die primäre Seite wieder verfügbar, wird ein Restore auf die primäre Seite gefahren.

Beim Restore wird ein komplettes Backup der sekundären Seite auf die primäre Seite übertragen. Ursache ist, dass die normalerweise für den Datenrestore benötigten PostgreSQL Board Mittel nur für eine relativ kurze Zeit eingesetzt werden können, ehe die Differenzen zwischen den beiden Seiten zu gross werden. Bei kleinen Datenbanken wie jene für Harbor und GitLab ist die Zeit die hierfür benötigt wird, nicht relevant. Sind die Datenbanken auf dem PostgreSQL Cluster jedoch grösser, kann der Restore mehrere Minuten dauern.

### **3.1.3.4 pgpool-II**

Pgpool-II ist eine Middleware die zwischen einem PostgreSQL Cluster und einem PostgreSQL-Client gesetzt wird.

#### **3.1.3.4.1 Core-Features**

Pgpool-II bietet folgende Core-Feature [21]:

- Watchdog für automatischer Failover
- Eigener Quorum-Algorithmus
- Integrierter Connection Pooler
- Eigenes Replikationssystem
- Integriertes Load Balancing
- Limiting Exceeding Connections, also queuen von Connections
- In Memory Query Caching
- Online Node Recovery / Resynchronisation

#### **3.1.3.4.2 Replikation**

Pgpool-II bietet ein eigenes Replikationssystem an.

Es besteht allerdings die Möglichkeit, die PostgreSQL-Standardreplikationen zu verwenden.

#### **3.1.3.4.3 Proxy**

Pgpool-II hat bereits einen integrierten Load Balancer.

Einen zusätzlichen Proxy wird daher nicht benötigt.

#### **3.1.3.4.4 Pooling**

Pgpool-II bietet ebenfalls von Haus aus einen Connection Pooler.

#### **3.1.3.4.5 API / Skripte**

pgpool-II bietet mit pgpool ein eigenes Command- und Toolset an.

Mit dem CLI-Tool pcp\_command bietet pgpool-II zudem über eine abgesicherte API, die auch via Netzwerk erreichbar ist.

### **3.1.3.4.6 Maintenance**

pgpool-II hat kein GitLab- oder GitHub-Repository. Metriken wie die GitHub Insights, welche Aufschluss über den Zustand des Projekts geben, finden sich nicht.

Die Dokumentation wird zwar aktualisiert, ist aber sehr minimalistisch gehalten.

Sie bietet nur wenig Informationen zum Aufbau und Architektur von pgpool-II.

### **3.1.3.5 pg\_auto\_failover**

pg\_auto\_failover ist eine PostgreSQL-Erweiterung, die von der Microsoft Subunternehmen Citus Data entwickelt wird.

#### **3.1.3.5.1 Core-Features**

Die wichtigsten Features von pg\_auto\_failover sind:

- API
- PostgreSQL Extension, also reines PostgreSQL
- State Machine Driven
- Replikations-Quorum
- Citus kompatibel
- Azure VM Support

#### **3.1.3.5.2 Replikation**

pg\_auto\_failover bietet die Standard PostgreSQL-Replikationen.

#### **3.1.3.5.3 Proxy**

pg\_auto\_failover benötigt einen HAProxy, um Load Balancing betreiben zu können [22].

#### **3.1.3.5.4 API / Skripte**

pg\_auto\_failover bietet ein eigenes CLI-Tool, pg\_autoctl. Dieses stellt Commands für das Einbinden neuer Nodes, das Managen von Nodes (Maintenance resp. Switchover), Konfigurieren oder Monitoren des Systems zur Verfügung [23].

### 3.1.3.5.5 Architektur

Die Dokumentation resp. Grafik von pg\_auto\_failover [24] zeigt auf, wie der Failover funktioniert:

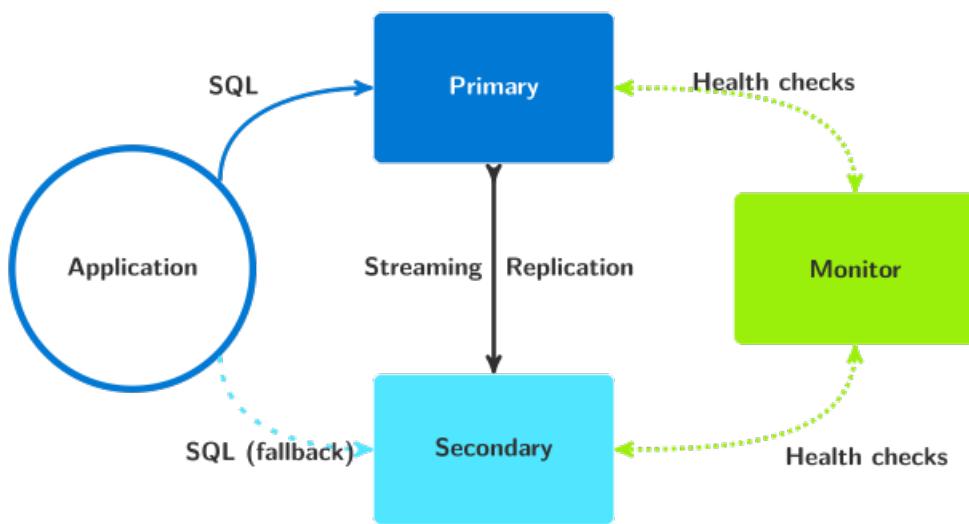


Abbildung 3.7: pg\_auto\_failover-Architektur - Single Standby

Aber wie die Grafik zeigt, können auch Multi-Nodes können eingebunden werden [25]:

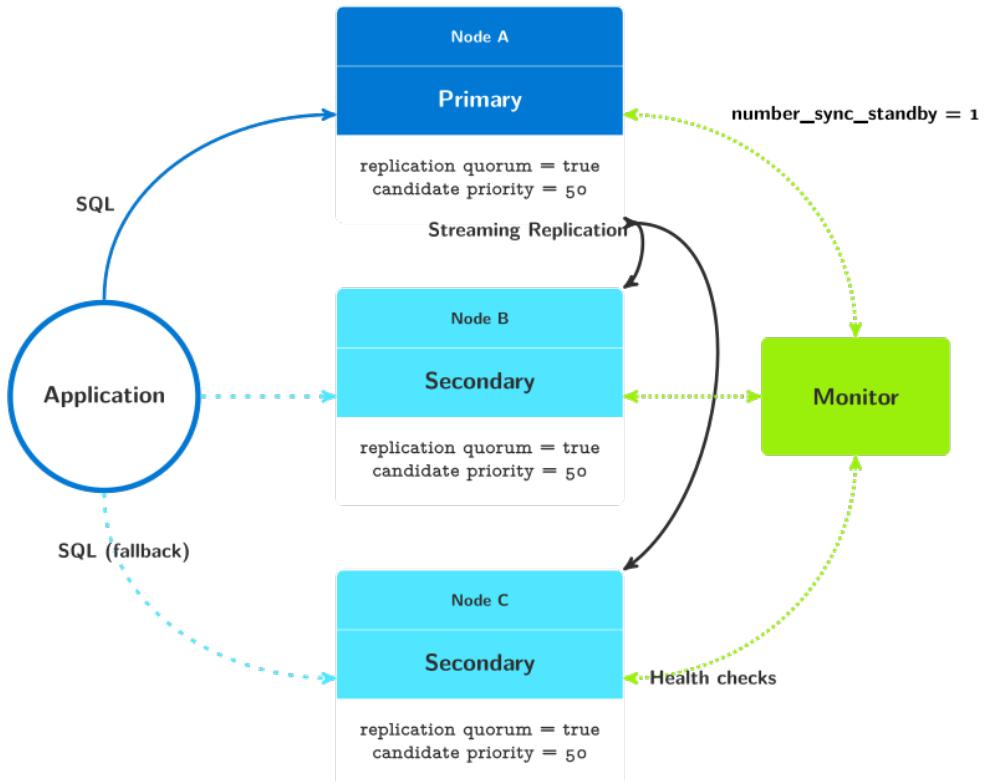


Abbildung 3.8: pg\_auto\_failover-Architektur - Multi-Node Standby

`pg_auto_failover` kann Citus einbinden. Allerdings bleibt die Architektur im Kern immer monolithisch. Die nachfolgende Grafik zeigt die Architektur mit Citus [26]:

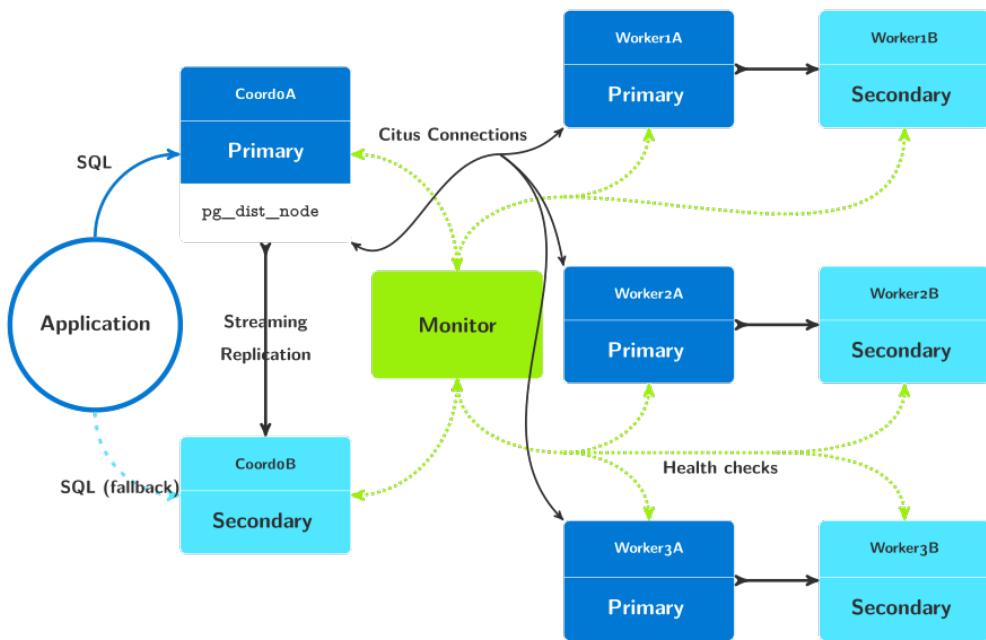


Abbildung 3.9: `pg_auto_failover`-Architektur - Citus

### 3.1.3.5.6 Synergien und Mehrwert

`pg_auto_failover` bietet eine Docker-Compose-Integration.

Allerdings ist keine Kubernetes-Integration dokumentiert.

Damit bietet `pg_auto_failover` keine Möglichkeit

Synergien zwischen monolithischer Architektur und einer Cloud-Native-Umsetzung auf Kubernetes.

Entsprechend ist kein Mehrwert vorhanden.

### **3.1.3.6      CloudNativePG**

CloudNativePG ist eine Containerlösung für PostgreSQL auf Kubernetes.  
CloudNativePG wurde ursprünglich von EDB entwickelt.

#### **3.1.3.6.1    Core-Features**

Die wichtigsten Features von CloudNativePG sind[27]:

- k8s API Integration
- Automatischer Failover
- Self-Healing von Nodes resp. Replikas
- Skalierbarkeit (vertikal, horizontal bedingt)
- Volumne Backup
- Object Backup
- Rolling PostgreSQL Upgrade / Updates
- Pooling mit PgBouncer
- Offline und Online Import von bestehenden PostgreSQL DBs

#### **3.1.3.6.2    Replikation**

CloudNativePG bietet die üblichen PostgreSQL-Replikationen an.

#### **3.1.3.6.3    Proxy**

CloudNativePG benötigt keinen zusätzlichen Proxy.

#### **3.1.3.6.4    Pooling**

CloudNativePG unterstützt pgBouncer als Connection Pooler.

#### **3.1.3.6.5    API / Skripte**

CloudNativePG bietet eine API zum Monitoren und Verwalten von Backups, Clustern und dem System selbst[28].

### 3.1.3.6.6 Architektur

Kubernetes regelt die Zugriffe mit Hilfe eines entsprechenden Services in die Nodes auf den Pods:

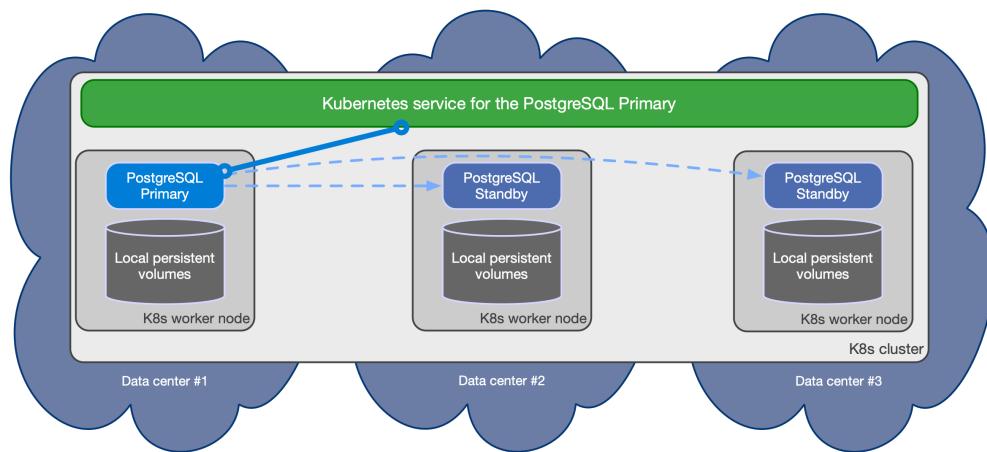


Abbildung 3.10: CloudNativePG - Kubernetes - PostgreSQL

Dabei werden die read-write workloads an den primären Node gesendet:

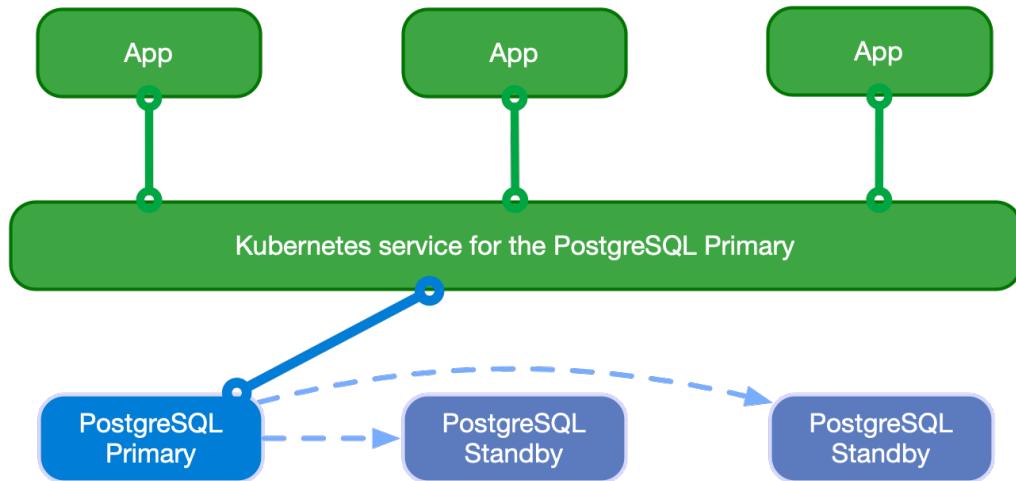


Abbildung 3.11: CloudNativePG - Kubernetes - Read-write workloads

Read-only workloads werden per round robin an die Replikas zugewiesen:

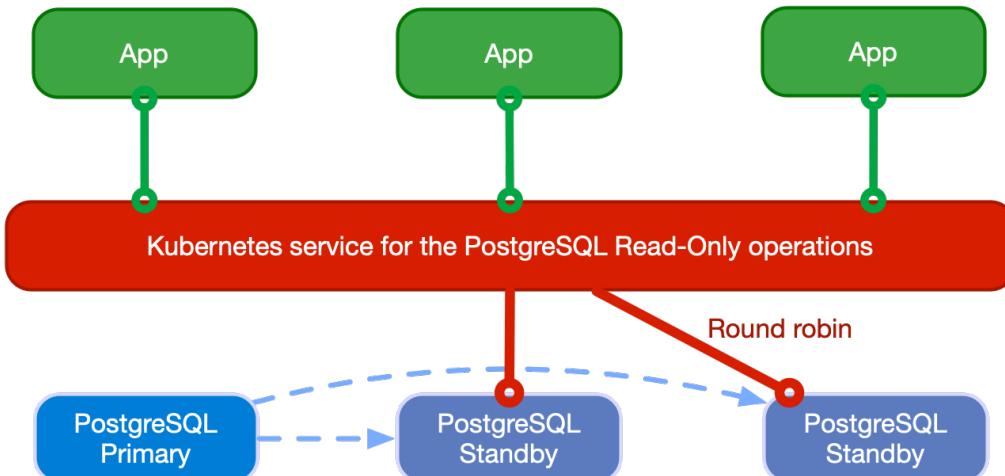


Abbildung 3.12: CloudNativePG - Kubernetes - Read-only workloads

Es könnten auch Lösungen mit Designated Kubernetes-Clustern in einem anderen RZ oder einer anderen Geo-Region realisiert werden.

### 3.1.3.6.7 Maintenance

Das Projekt hat viele offene Issues.

Der Code wird aber gut gepflegt, nicht mehr verwendeter Code wird auch regelmässig entfernt.

Hin und wieder müssen grössere Aufräumaktionen gestartet, zudem finden die Commits immer am Monatsende statt.

Dafür erfüllt das Projekt die meisten Community Standards.

Die Vollständige Dokumentation ist im Anhang - Maintenance zu finden.

### 3.1.3.6.8 Synergien und Mehrwert

CloudNativePG bleibt ein monolithisches System, welches aber keine Möglichkeit bietet, auch auf einem normalen Serversetting betrieben zu werden.

Daher bietet CloudNativePG weder einen Benefit durch seine Architektur noch mit der Möglichkeit, Synergien nutzen zu können.

### **3.1.3.7 Patroni**

Patroni ist eine von Zalando auf Basis von Python entwickelte HA-Lösung für PostgreSQL. Patroni wird aktiv von Zalando gepflegt.

#### **3.1.3.7.1 Core-Features**

Patroni bietet folgende Core-Features:

- Rest-API und eigenes Skript- und Toolset
- Aktionen und Konfigurationen im Konsensprinzip abgestimmt
- Manueller oder Scheduled Switchover
- Reines PostgreSQL als Basis, Patroni setzt Hilfe von Python darauf auf
- Automatische reintegration von Nodes nach einem Fehler
- Citus kompatibel
- Docker und Docker-compose Dokumentation

#### **3.1.3.7.2 Replikation**

Patroni bietet per Default eine eigene Replikation an.

Diese ist allerdings eine asynchrone Replikation.

Patroni unterstützt aber die synchrone Replikation von PostgreSQL.

#### **3.1.3.7.3 Proxy**

Patroni benötigt einen HAProxy, um Load Balancing betreiben zu können[22].

#### **3.1.3.7.4 Pooling**

Patroni benötigt einen externen Connection Pooler.

Hier wird oft PgBouncer [29] verwendet.

#### **3.1.3.7.5 API / Skripte**

Patroni hat ein eigenes Tool- und Commandset, patronictl, welches die Verwaltung vereinfacht.

Es umfasst das Ändern und Erfassen von Konfigurationen, das Forcieren eines Failovers als Switchover, Maintenance Handling und Informationsbeschaffung.

Zusätzlich bietet Patroni eine API, welche Daten für das Monitoring bereitstellt, aber auch Betriebsfunktionen zur Verfügung stellt.

#### **3.1.3.7.6 etcd**

Patroni benötigt etcd oder Consul als Key-Value-Store.

### 3.1.3.7.7 Architektur

Das Architektur-Schaubild sieht folgendermassen aus:

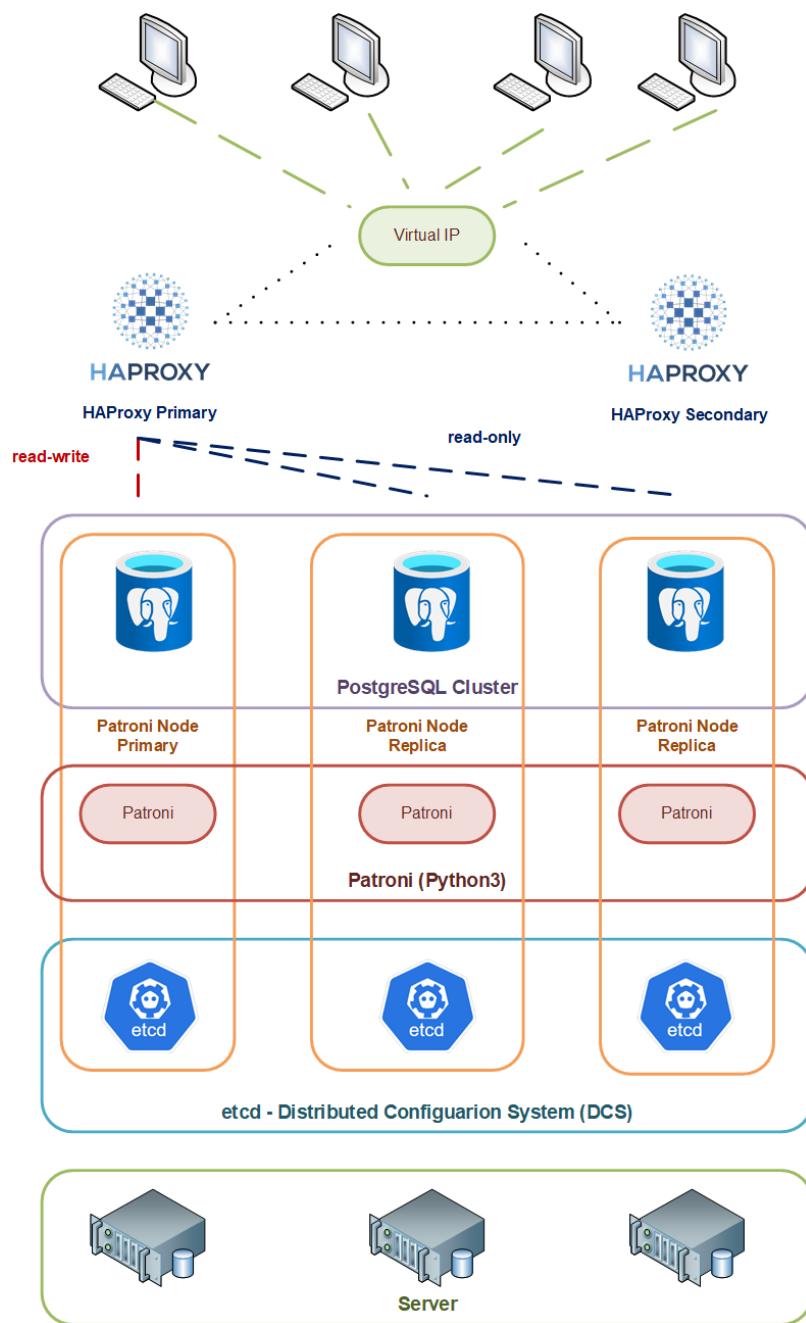


Abbildung 3.13: Patroni-Architektur

### 3.1.3.7.8 Maintenance

Patroni ist ein sehr gepflegtes Projekt, welches die gängigen Community Standards einhält. Die Details sind im Anhang - Maintenance zu finden.

### 3.1.3.7.9 Synergien und Mehrwert

Patroni kann nicht nur mit Citus zu einem Distributed / Sharded SQL System umgebaut werden, es ist auch Kern von StackGres.

Damit könnten die API und Skripte in beiden Welten verwendet werden.

Der Aufwand für die Verwaltung und Optimierung würde stark gesenkt.

Projekte wie vitabaks / postgresql\_cluster[30] bieten zudem die Vorlage für eine noch stärkere Automatisierung.

### 3.1.3.8 StackGres mit Citus

StackGres ist eine PostgreSQL-Implementation die dafür vorgesehenen ist, in einem Kubernetes Cluster betrieben zu werden.

An sich wäre StackGres nur eine Implementation von Patroni in Kubernetes inkl. Load Balancer.

Nun kommt das Citus-Plugin ins Spiel, welches aus einer jeden monolithischen, klassischen PostgreSQL Cluster eine Distributed SQL Umgebung macht.

Citus Data, der Entwickler von Citus, wiederum ist in den Microsoft-Konzern eingebettet.

#### 3.1.3.8.1 Core-Features

Die wichtigsten Features von StackGres sind [31]:

- k8s Integration
- Deklaratives k8s CRD
- Automatische Backups
- Grafana und Prometheus integration
- Management Web Konsole
- Erweiterte Replikationsmöglichkeiten
- Integriertes Pooling
- Integrierter Proxy

### **3.1.3.8.2 Replikation**

StackGres bietet asynchrone und synchrone Replikation, Gruppenreplikation sowie kaskadierende Replikation an.

Citus bietet sein eigenes Modell mit dem Sharding an.

### **3.1.3.8.3 Proxy**

StackGres hat den Proxy bereits mit envoy [32] implementiert.

### **3.1.3.8.4 Pooling**

PgBounder [29] ist bereits integriert, es braucht also keinen weiteren Connection Pooler.

### **3.1.3.8.5 API / Skripte**

StackGres wird primär über YAML-Files und Kubernetes gesteuert, bietet aber eine eigene API an.

Citus bietet ebenfalls eine eigene API, mit der Citus vollständig verwaltet werden kann.

### **3.1.3.8.6 Architektur**

#### **3.1.3.8.6.1 StackGres**

StackGres packt PostgreSQL, Patroni, PgBouncer und envoy in einen Kubernetes Pod:



Abbildung 3.14: Stackgres - Grundarchitektur

### 3.1.3.8.6.2 Citus Coordinator und Workers

Citus arbeitet mit einem Coordinator-Node, der jedes Query analysiert und an einen Worker-Node weitergibt.

Die unten stehende Grafik zeigt diese Architektur auf:

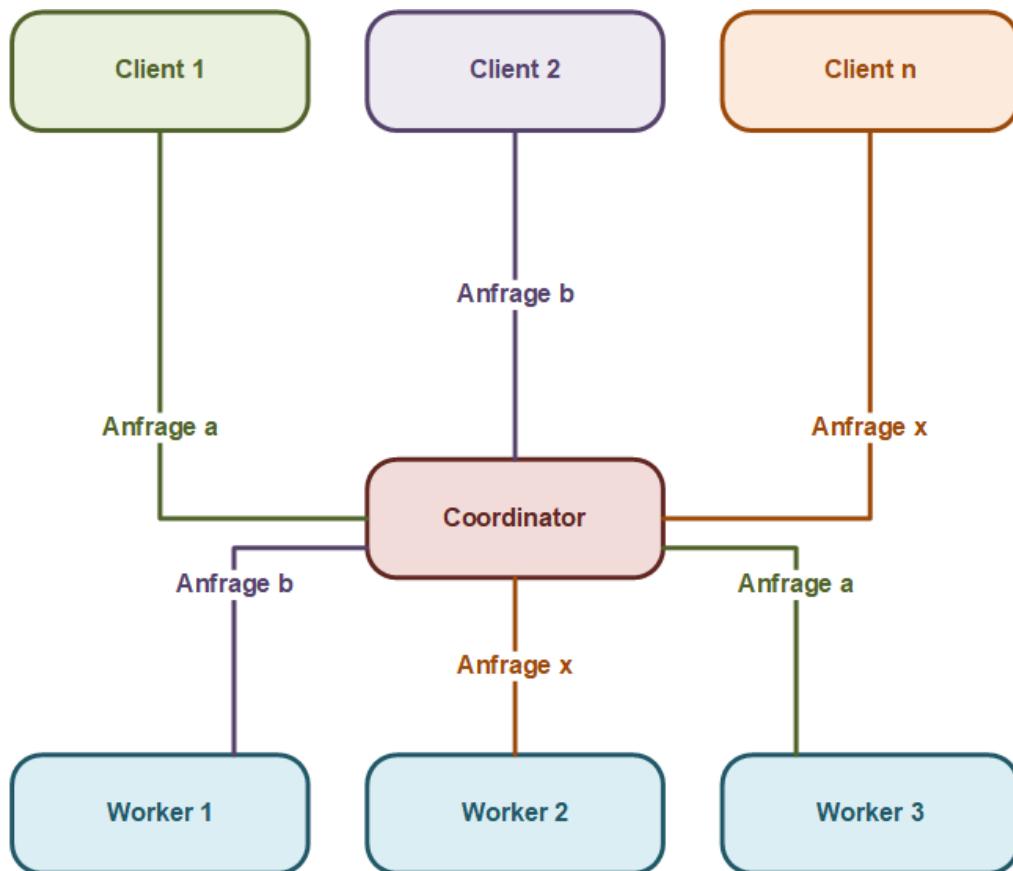


Abbildung 3.15: Citus - Coordinator und Workers

### 3.1.3.8.6.3 Citus Sharding

Citus bietet zwei Sharding-Modelle an.

#### Row-based sharding

Beim diesen Sharding werden Tabellen anhand einer Distribution Column aufgeteilt [33, 34]:

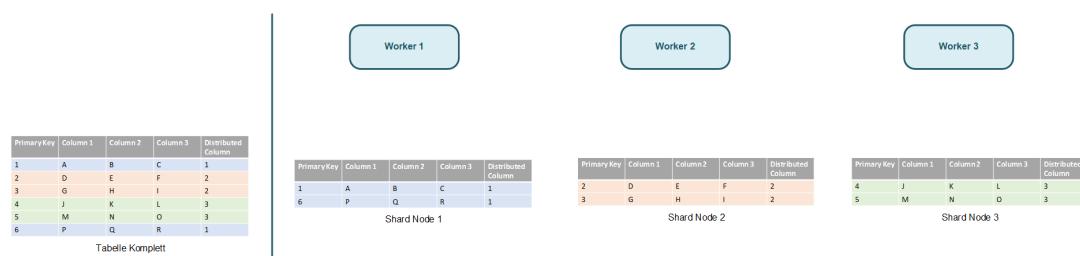


Abbildung 3.16: Citus - Row-Based-Sharding

## Schema-based sharding

Beim Schema-based sharding werden die Tabellen horizontal partitioniert oder gleich ganze Tabellen in den Shard gepackt. Die Shards werden dabei nach Schema aufgeteilt, wobei ein Schema auf einem Node verbleibt. Dadurch braucht es im Prinzip keine Anpassung an den Tabellen und Applikationen. Das Prinzip wird unten aufgezeigt:

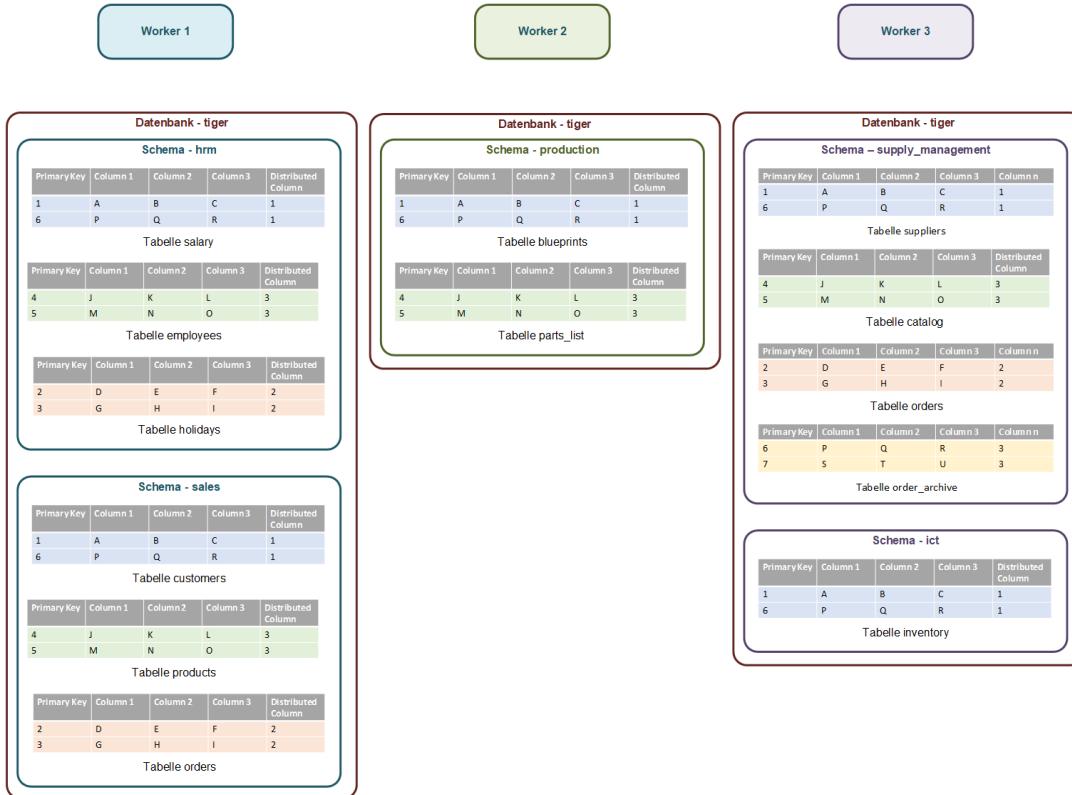


Abbildung 3.17: Citus - Schema-Based-Sharding

## Schlussfolgerung

Beide Sharding-Methoden haben eine grosse Schwäche.

In Version 7.2 konnte noch ein Replikationsfaktor angegeben werden [35], ab Version 11 wurde auch diese Variante gestrichen und man konnte noch eine 1:1 Replikation auf einen Worker fahren [36].

Spätestens mit Version 12 steht auch dies nicht mehr zur Verfügung, man muss eine Replication auf alle Kubernetes Nodes erzeugen.

Sie sind nicht vollständig ACID-Konform da Datenverlust entstehen kann, wenn ein Node wegfällt. Dies muss aber bei der Evaluation mit Hilfe von Tests noch bestätigt werden.

Die Shards müssen aber stand heute mit entsprechenden mit Replikation gesichert werden [37]. Daraus ergibt sich aber ein nicht zu vernachlässigbarer Mehraufwand, wenn man self-healing Nodes implementieren möchte. Jeder Node ist für sich genommen, eine eigene Zone. Um sicherzustellen, dass es zu keinem Datenverlust kommt, müsste jeder Shared-Node in eine der jeweiligen Zonen repliziert werden. Das heisst, es müssten *Shard – Nodes*<sup>2</sup> Replika-Nodes erstellt werden, hier ein Schematisches Beispiel mit drei Shard-Nodes:

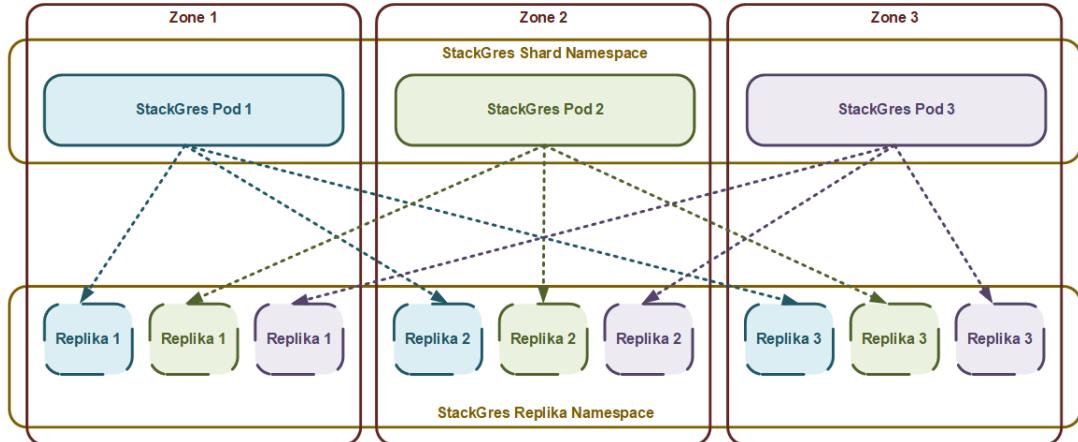


Abbildung 3.18: StackGres-Citus - Shard-Replikation

Die Automation und nur schon die Konfiguration für das Mitskalieren, dürfte einiges an Zeit in Anspruch nehmen.

Eine nicht unwesentliche Folge wäre ein starker Rückgang des Throughputs und Performance-Einbussen.

Alternativ kann ein klassischer Replika-Server verwendet werden, wo die ganze Datenbank gesichert wird. Bis alle Daten wieder in den StackGres-Citus-Cluster zurückgeholt wurden, das Re-Balancing abgeschlossen ist usw., muss der ganze Cluster für die User unerreichbar sein, da dieser in dieser Zeit nicht mehr konsistent ist.

Dieser zweite Ansatz bietet zwar Vorteile beim Throughput, doch im Fehlerfall kann ein HA-Betrieb nur noch begrenzt garantiert werden.

### 3.1.3.8.7 Maintenance

Bei StackGres und Citus ist Citusdata, welches mittlerweile zu Microsoft gehört, sehr aktiv.

Citusdata hält nicht nur die Community Standards ein, sondern Committed zyklisch und räumt alten Code regelmässig auf.

Anders sieht es bei Ongres, dem Maintainer von StackGres, aus.

Weder werden besonders viele Community Standards eingehalten, noch wird regelmässig Committed.

Die Aktivitäten gingen in den letzten Jahren und Monaten zurück, was dazu führt, dass immer wieder mal grössere Commits notwendig werden.

Die genaue Analyse ist im Anhang - Maintenance zu finden.

### **3.1.3.9      YugabyteDB - Distributed SQL 101**

YugabyteDB - Distributed SQL 101 ist eine nahezu komplett PostgreSQL kompatible Datenbank. Sie ist eine Distributed SQL Datenbank, also eine verteilte Datenbank [38].

#### **3.1.3.9.1    Core-Features**

Die wichtigsten Features von YugabyteDB sind [39]:

- PostgreSQL kompatibel
- Cassandra-Kompatibilität
- Horizontale Skalierbarkeit
- Global verteilbar
- Cloud Native

#### **3.1.3.9.2    Replikation**

Die Replikation erfolgt auf Sharding-Ebene mithilfe des Raft-Protokolls.  
Raft wird im Anhang - Raft-Consensus beschrieben.

#### **3.1.3.9.3    Proxy**

YugabyteDB benötigt einen Kubernetes Proxy, zum Beispiel MetalLB.

#### **3.1.3.9.4    Pooling**

YugabyteDB hat einen Connection Pooler mit dem YSQL Connection Manager integriert [40].

#### **3.1.3.9.5    API / Skripte**

YugabyteDB bietet eigene APIs [41] und CLIs [42] für das Verwalten an.

Diese können auch abgesichert zu werden.

### 3.1.3.9.6 Architektur

YugabyteDB ist kein reines RDBMS, resp. gar keines. Die Basis besteht aus einem Key-Value-Store. Darüber wurde eine Cassandra-like Query API und eine PostgreSQL like SQL API aufgebaut:

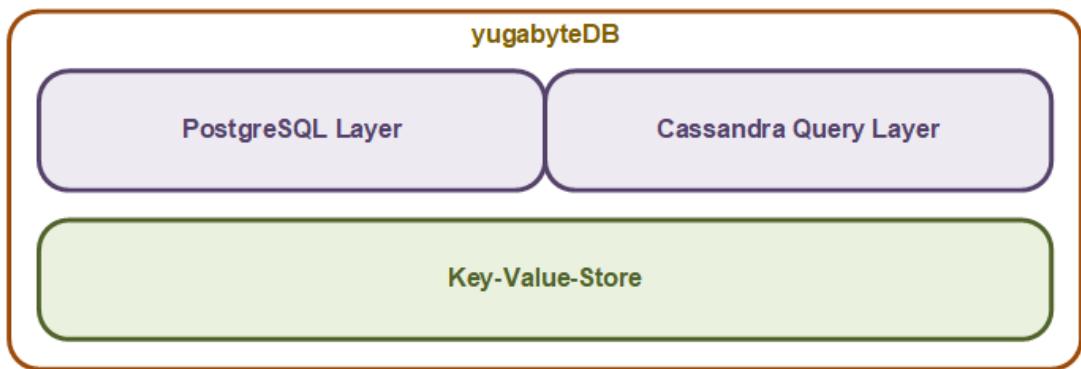


Abbildung 3.19: YugabyteDB - Grundkonzept

Der Basisaufbau wiederum beinhaltet diverse Dienste für das Sharding, die Replikation und Transaktionen:

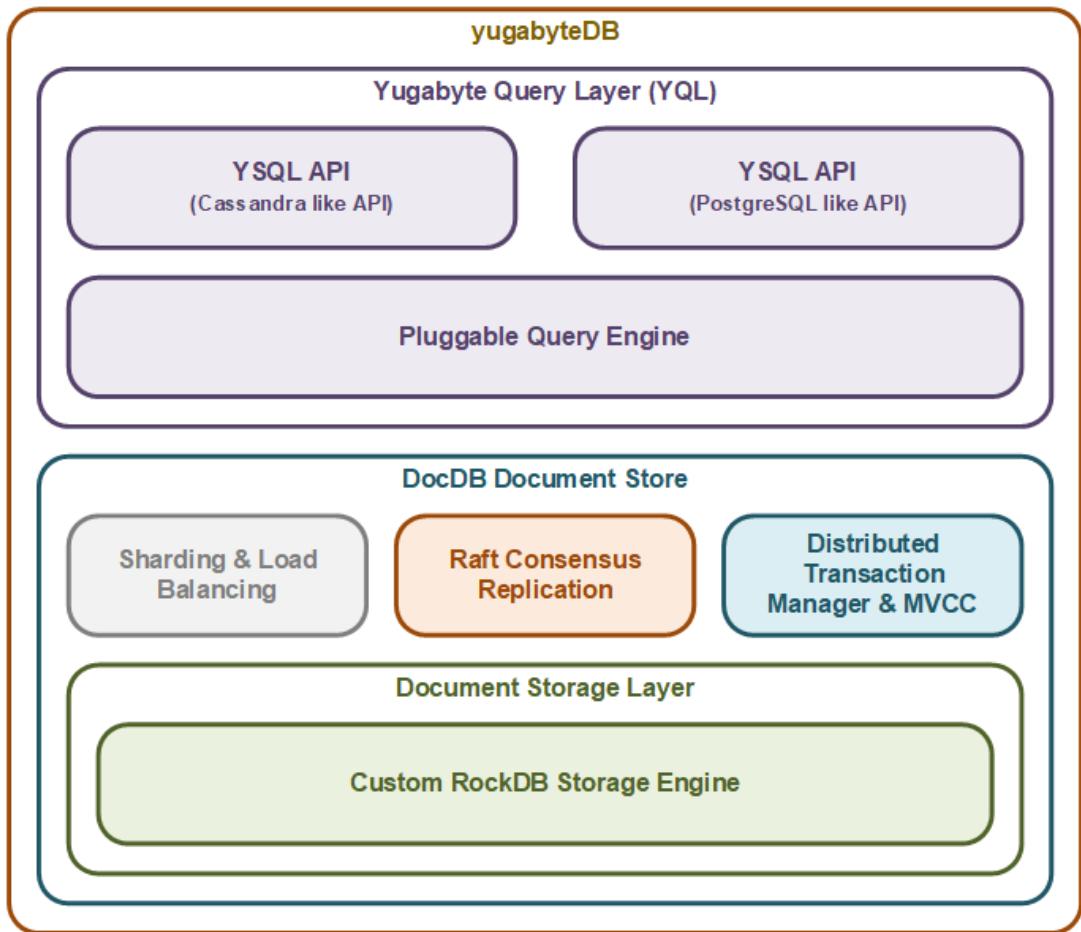


Abbildung 3.20: YugabyteDB - Architektur

### 3.1.3.9.6.1 YugabyteDB - Sharding

YugabyteDB teilt seine Tabellen in Tablets auf. Die Aufteilung kann gemäss Sharding-Standards gemacht werden:

**Tabelle Komplett**

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3	Distributed Column
1	A	B	C	1
2	D	E	F	2
3	G	H	I	2
4	J	K	L	3
5	M	N	O	3
6	P	Q	R	1

**Tablet 1**

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3	Distributed Column
2	D	E	F	2
3	G	H	I	2

**Tablet 2**

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3	Distributed Column
4	J	K	L	3

**Tablet 3**

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3	Distributed Column
5	M	N	O	3

Abbildung 3.21: YugabyteDB - Sharding

Dabei hat jedes Tablet auf einem Node einen Leader, der an die Follower auf den anderen Nodes repliziert:

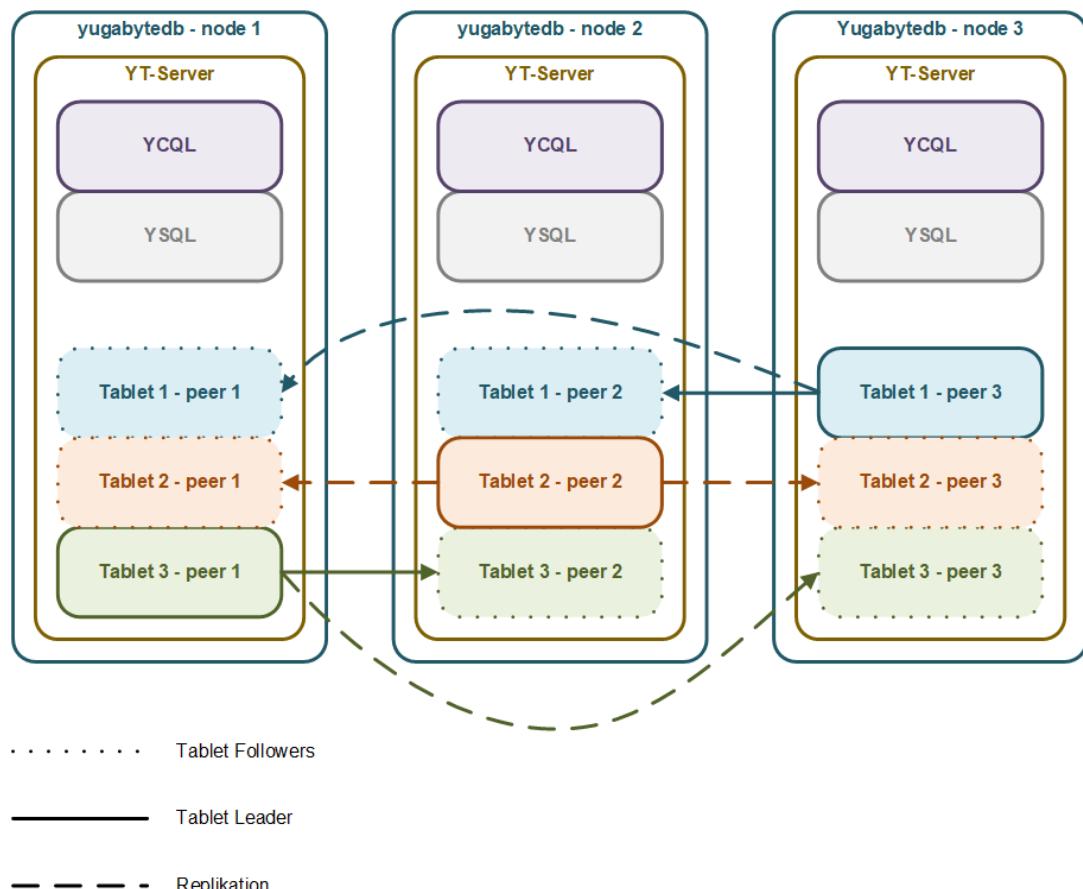


Abbildung 3.22: YugabyteDB - Tablet - Leader und Follower

Mit dem Replikationsfaktor kann angegeben werden, auf wie vielen Nodes ein Tablet repliziert werden soll.

Bei einem 4-Node System können z.B. einige Tablets einen Faktor 3 haben, dass heisst, dass die Daten nur auf 3 Nodes repliziert werden.

Bei einem Replikationsfaktor 4 werden die Daten auf alle Nodes repliziert.

Dies wird mit einem eigenen Service, dem YB-TServer service [43] geregelt:

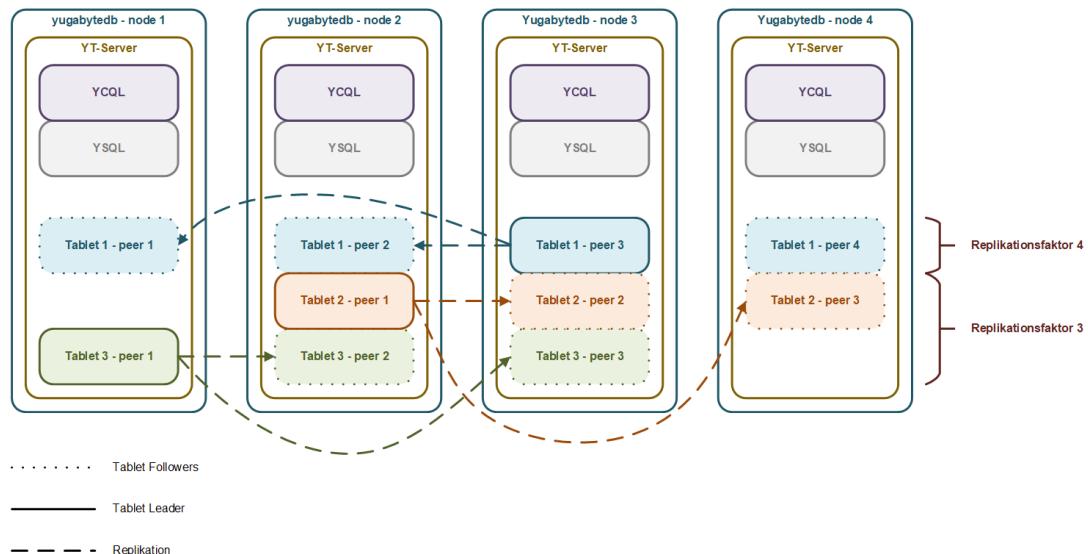


Abbildung 3.23: YugabyteDB - Tablet - Replikationsfaktor

Mehrere Nodes können zu Zonen zusammengebunden werden, die dann z. B. auf verschiedene Rechenzentren verteilt werden:

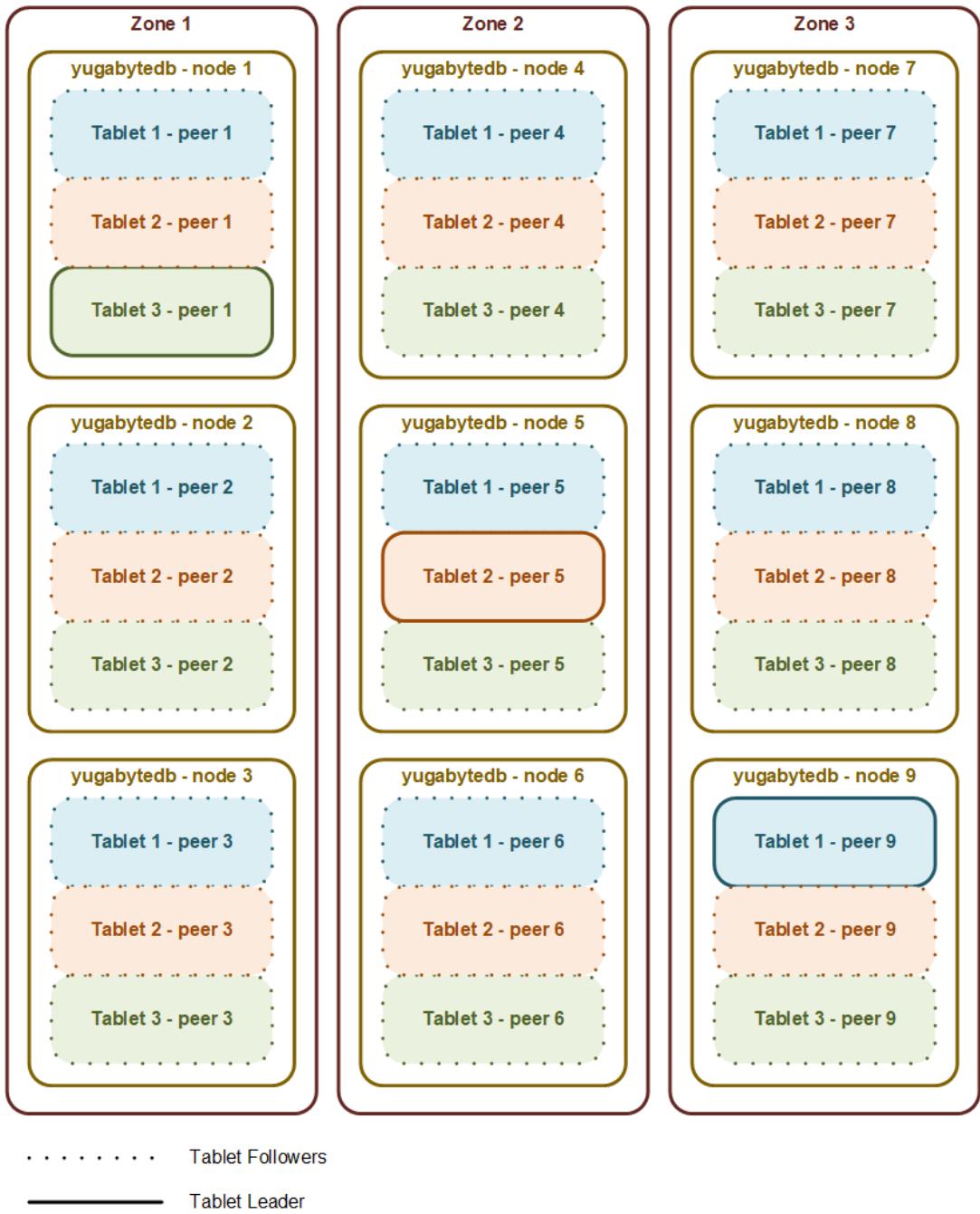


Abbildung 3.24: YugabyteDB - Zonen

Dies wird dann sinnvoll, wenn eine gewisse Ausfalltoleranz erreicht werden soll. Fällt ein Tablet Peer oder ein Node in einer Zone aus, so wird die ganze Zone sofort als nicht mehr arbeitsfähig angesehen. Entsprechend werden in allen Nodes die Tablet-Leader stillgelegt und auf die übrigen Zonen verteilt. YugabyteDB nennt dies Zone outage Tolerance [44].

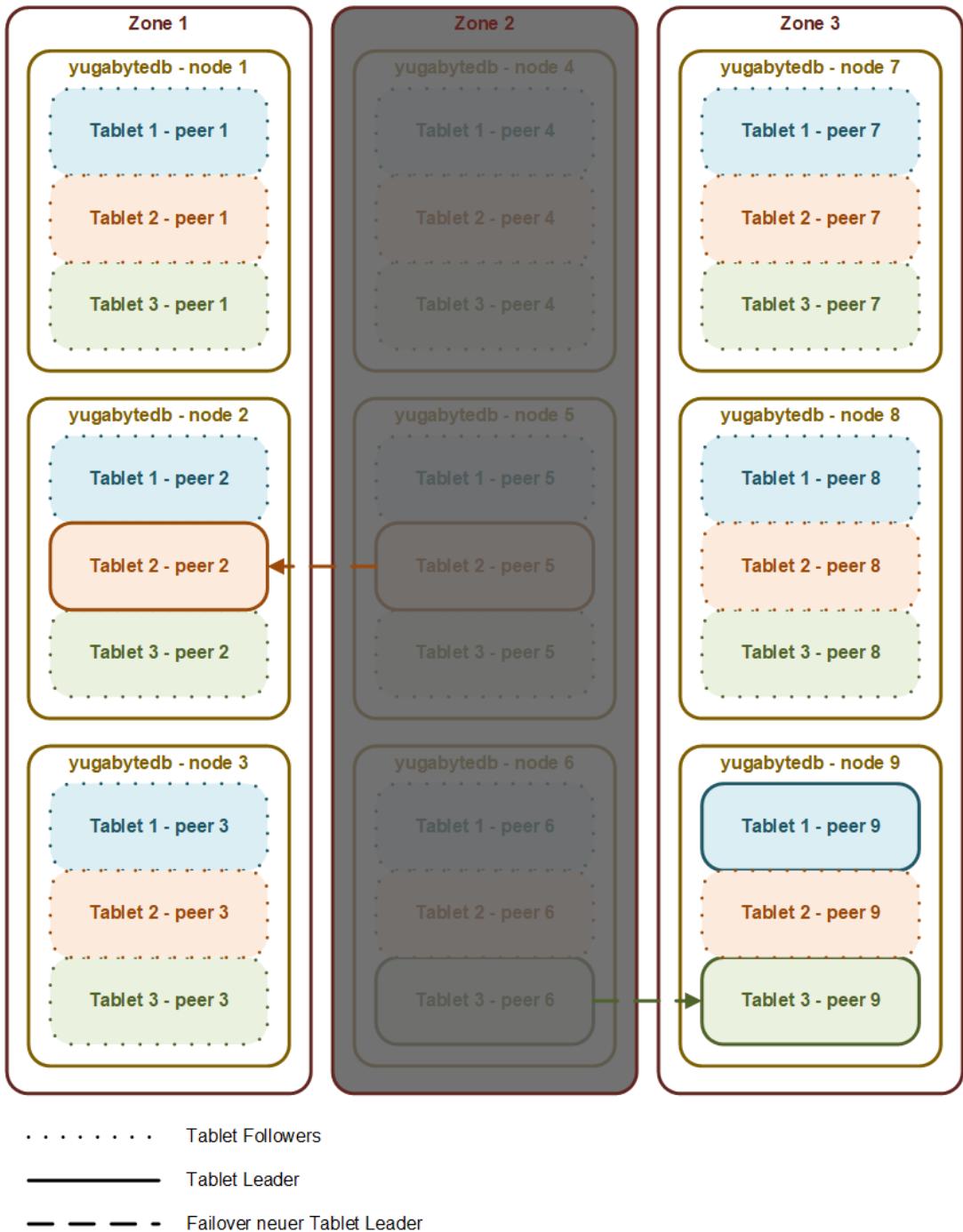


Abbildung 3.25: YugabyteDB - Zone outage Tolerance

### 3.1.3.9.7 Maintenance

YugabyteDB hat viele gemeldete Issues.

Zudem hält das Projekt nur die notwendigsten Community Standards ein.

Dafür werden in vielen kurzen Sprints viele Commits durchgeführt, obwohl Yugabyte der einzige Maintainer ist.

Die genaue Analyse ist im Anhang - Maintenance zu finden.

### 3.1.3.9.8 Synergien und Mehrwert

Der grosse Benefit von YugabyteDB ist sein Distributed SQL Ansatz.

Zudem bietet YugabyteDB eine vollständige Cassandra Integration.

Der Benefit ist auf jeden Fall gegeben.

### 3.1.4 Vorauswahl

Folgende Lösungen werden nicht evaluiert, sondern bereits zu Beginn ausgeschieden:

Nr.	Lösung	Status	Begründung
1	KSGR-Lösung	Vorausgeschieden	Hat nur einen Standy / Replika-Node. Failover Funktioniert nur bei kleineren Datenmengen wirklich in einer vernüftigen Zeit.
2	pgpool-II	Vorausgeschieden	pgpool-II hat kein GitHub-Repository und bietet daher keine vergleichswerte mittels Github Insights. pg_auto_failover würde zwar Citus-Support bieten,
3	pg_auto_failover	Vorausgeschieden	allerdings gibt es keine gut dokumentierte Implementation für Kubernetes. Erfüllt daher das Kriterium für die Synergien nicht CloudNativePG ist keine vollständige Cloud Native Lösung.
4	CloudNativePG	Vorausgeschieden	Mittels Citus könnte sogar eine Distributed SQL Lösung implementiert werden. Die Grundarchitektur bleibt aber Monolithisch mit einem Primary und Replikas. Und da kein Benefit in Form von Synergien vorhanden sind, fällt CloudNativePG raus.
8	Citus row-based-sharding	Vorausgeschieden	Citus row-based-sharding wäre Hocheffizient wenn es um Ressourcenverteilung geht und zudem echtes Sharding. Allerdings setzt es anpassungen an den Tabellen der Applikationen voraus.
			Das KSGR ist allerdings kein Softwarehaus und kann keine Forks durchführen, auch weil viele Applikationen zertifiziert sein müssen. Scheitert daher an der Machbarkeit

Tabelle 3.5: Vorauswahl - Ausgeschieden

Entsprechend werden nur noch nachfolgende Lösungen genauer betrachtet:

Nr.	Lösung	Status	Begründung
5	Patroni	Evaluation	Patroni kann als Monolithisches System genutzt werden, ist aber auch Kern von Stackgres. Die API und Skripte können also in beiden Welten verwendet werden Bietet eine einfache und kompakte Möglichkeit für ein Distributed SQL System.
6	Stackgres mit Citus	Evaluation	Da Patroni unter der Haube ist, kann die API und sonstige Skripte auch auf einem Monolithischen System eingesetzt werden.
7	Yugabyte-DB	Evaluation	Ist eine reine Distributed SQL Lösung und ist Vollständig Cloud Native.

Tabelle 3.6: Vorauswahl - Evaluation

### 3.1.5 Installation verschiedener Lösungen

Entsprechend wurden folgende Server bereitgestellt:

Server	Typ	Lösung	Funktion	Full Qualified Device Name	IP
sks1183	Distributed SQL	StackGres / YugabyteDB	Server	sks1183.ksgr.ch	10.0.20.97
sks1184	Distributed SQL	StackGres / YugabyteDB	Agent	sks1184.ksgr.ch	10.0.20.104
sks1185	Distributed SQL	StackGres / YugabyteDB	Agent	sks1185.ksgr.ch	10.0.20.105
sks1232	Monolith	Patroni	Server	sks1232.ksgr.ch	10.0.20.110
sks1233	Monolith	Patroni	Server	sks1233.ksgr.ch	10.0.20.111
sks1234	Monolith	Patroni	Server	sks1234.ksgr.ch	10.0.20.112
sks9016	Benchmark Server	StackGres / YugabyteDB / Patroni	Client	sks9016.ksgr.ch	10.0.21.216
vks0032	Distributed SQL	StackGres / YugabyteDB	Virteulle IP	vks0032.ksgr.ch	10.0.20.106
vks0040	Monolith	Patroni	Virteulle IP	vks0040.ksgr.ch	10.0.20.113

Tabelle 3.7: Evaluationssyssteme

#### 3.1.5.1 rke2 - Evaluationsplattform

Die grundsätzliche Evaluationsplattform für Distributed SQL / Shards sieht folgendermassen aus:

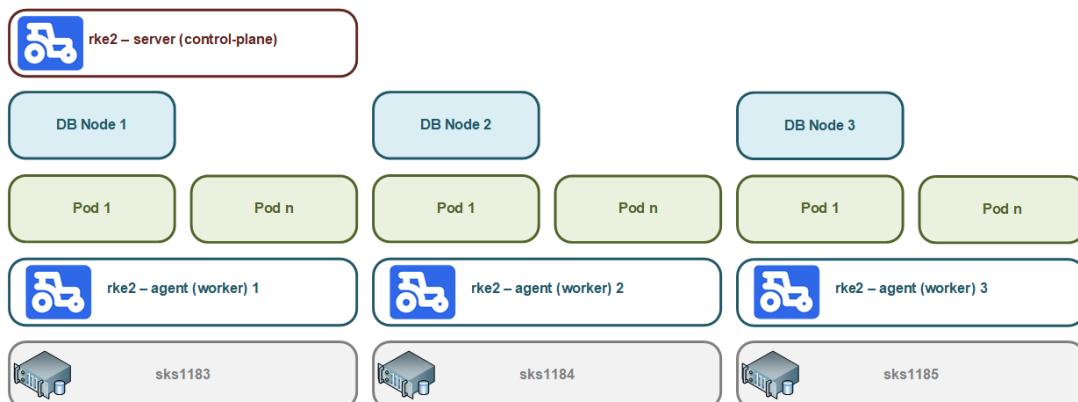


Abbildung 3.26: Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards

Die Konfiguration der rke2-Nodes sieht folgendermassen aus:

<b>Kubernetes Runtime</b>	rke2
<b>Container-Environment</b>	containerd
<b>Container Network Interface (CNI)</b>	cilium
<b>Cloud Native Storage (CNS)</b>	local-path-provisioner
<b>cluster-cidr</b>	198.18.0.0/16
<b>service-cidr</b>	198.18.0.0/16
<b>External IP Range</b>	10.0.20.106,10.0.20.150-10.0.20.155

Tabelle 3.8: Evaluationssyssstem - Distributed SQL / Sharding

### 3.1.5.2 Patroni

#### 3.1.5.2.1 Architektur

Ursprünglich sollte auf jedem Patroni Server (sks1232, sks1233 und sks1234) ein etcd-Node installiert werden.

Auch sollte auf sks1234 der HAProxy installiert werden.

Im Kapitel Installation wird erklärt, wieso die Architektur nun folgendermassen aussieht:

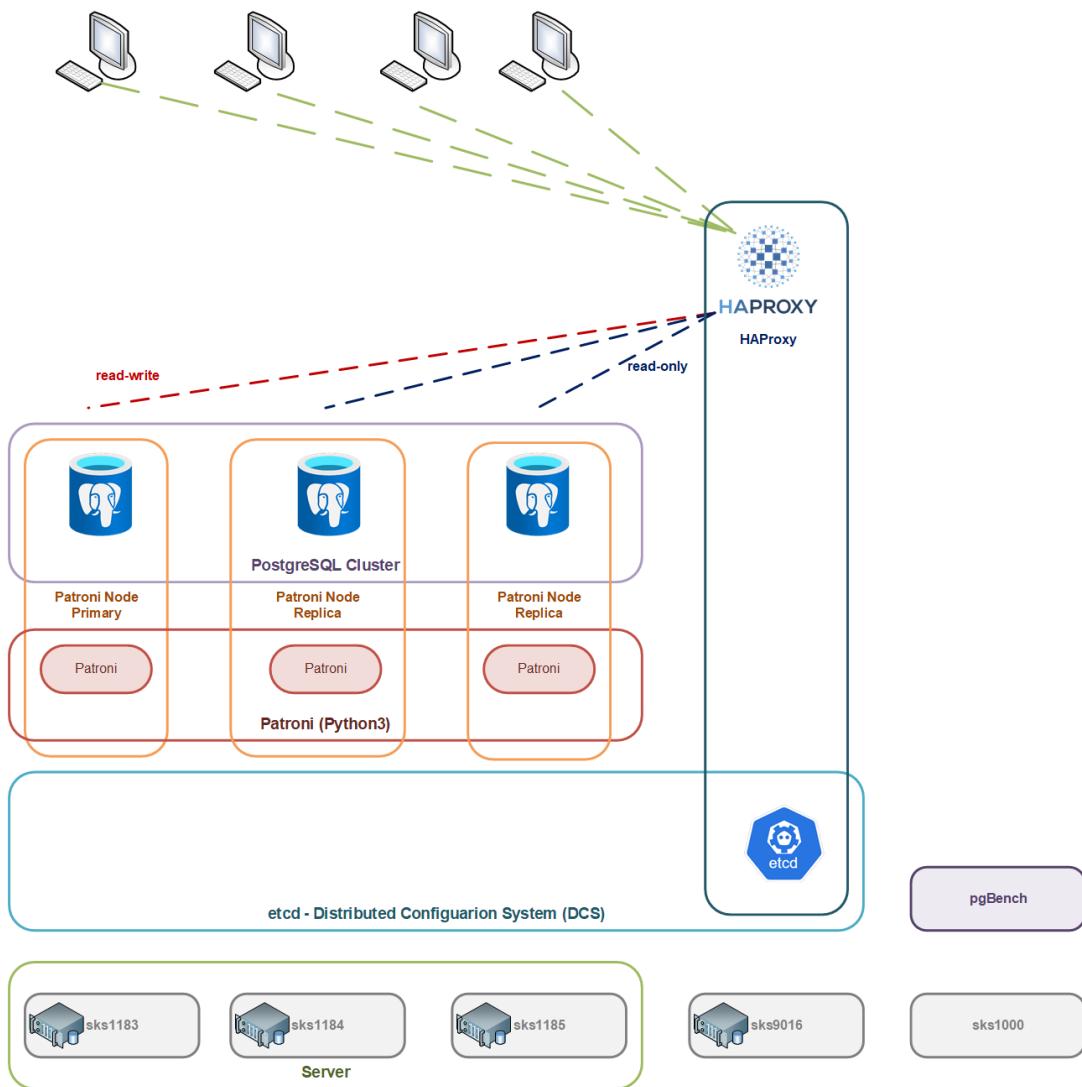


Abbildung 3.27: Patroni - Evaluationsarchitektur

Neu wird auf sks9016 ein etcd-Node und der HAProxy installiert.

### 3.1.5.2.2 Installation

Wie schon erwähnt, wurde versucht die etcd-Nodes auf die Patroni-Nodes zu installieren.

Erst kam es zu einem Fehler, dass keine Verbindung zum etcd-Node hergestellt werden konnte:

```
1 ERROR: Failed to get list of machines from http://10.0.20.110:2379/v2: EtcdException('Bad
    response : 404 page not found\n')
2 INFO: waiting on etcd
```

Listing 3.1: Patroni - etcd API V2 Error

Ursache war, dass etcd V3 ab Version v3.4 die API V2 nicht mehr per Default aktiv ist. Man könnte bis v3.7 die API V2 noch aktivieren:

```
1 ETCDCTL_API=2
```

Listing 3.2: Patroni - etcd API V2 Enable

Die nachhaltigere Lösung ist, im Konfigurations-yml-File des Patroni-Nodes Version 3 zu setzen (und dieses Package auch explizit zu installieren):

```
1 ...
2 etcd3:
3     host: <ip / hostname>:2379
4 ...
```

Listing 3.3: Patroni - etcd3 Flag

Der Primary-Node konnte in jeden Fall installiert und deployt werden. Sobald aber jeweils die Replika-Nodes gestartet wurden, kam es zu einem Fehler. Die Ursache war, dass es ja bereits einen Host-Key für den jeweiligen Hostnamen resp. die entsprechende IP gab, nämlich den etcd-Node. So kam es jeweils zu einem Key-Error. Nach einigem Versuchen, etwa die Keys neu zu beschreiben, brach ich die Übung ab. Der etcd-Node wurde nun nur noch auf dem Server sks9060 installiert. Resultat war, dass der Cluster lauffähig wurde.

Passwörter können mit dem Bootstrap mitgegeben werden. Dazu muss im postgresql-Segment das Subsegment authentication erstellt werden. Der Replikationsuser muss mit einem subsegment replication und der postgres-User mit superuser angegeben werden:

```
1 ...
2 postgresql:
3     ...
4     authentication:
5         replication:
6             username: replicator
7             password: <password>
8         superuser:
9             username: postgres
10            password: <password>
11 ...
```

Listing 3.4: Patroni - Passwörter

Zuerst lief der Cluster nur asynchron, auch die ersten beiden Benchmarks wurden so ausgeführt. Der Cluster lässt sich nämlich nicht synchron Bootstrapen, die Konfiguration muss nachträglich gemacht werden. Dazu kann ein JSON mit den geänderten Konfiguration übergeben werden, in dieser Konfiguration musste dabei das yml-File mit der Konfiguration angegeben werden:

```
1 patronictl -c /etc/patroni/config.yml edit-config --apply --force << 'JSON'
2 {
3     synchronous_mode: "on",
4     synchronous_mode_strict: "on",
5     synchronous_node_count: 2,
6     "postgresql":
7         {
8             "parameters": {
9                 "synchronous_commit": "on",
10                "synchronous_standby_names": "*"
11            }
12        }
13    }
14 JSON
```

Listing 3.5: Patroni - Synchrone Replikation setzen

Die Vergrösserung der Disks hat nur einen begrenzten Impact. Lediglich das Verzeichnis `pg_wal`, welches die WAL-Files aufnimmt, muss angepasst werden. Um die Umstellung ohne Reinstallation durchführen zu können, muss mit symlinks gearbeitet werden. Die Daten können via Tablespace auf die grösseren mounts gesetzt werden.

Die vollständige Dokumentation der Evaluationsinstallation ist im Anhang - Installation Patroni zu finden.

### 3.1.5.3 StackGres - Citus

#### 3.1.5.3.1 Architektur

Für das Benchmarking wurde ein minimales Setting ausgewählt. Ein Coordinator und einen Shard-Node mit einem Leader- und Replika-Pod.

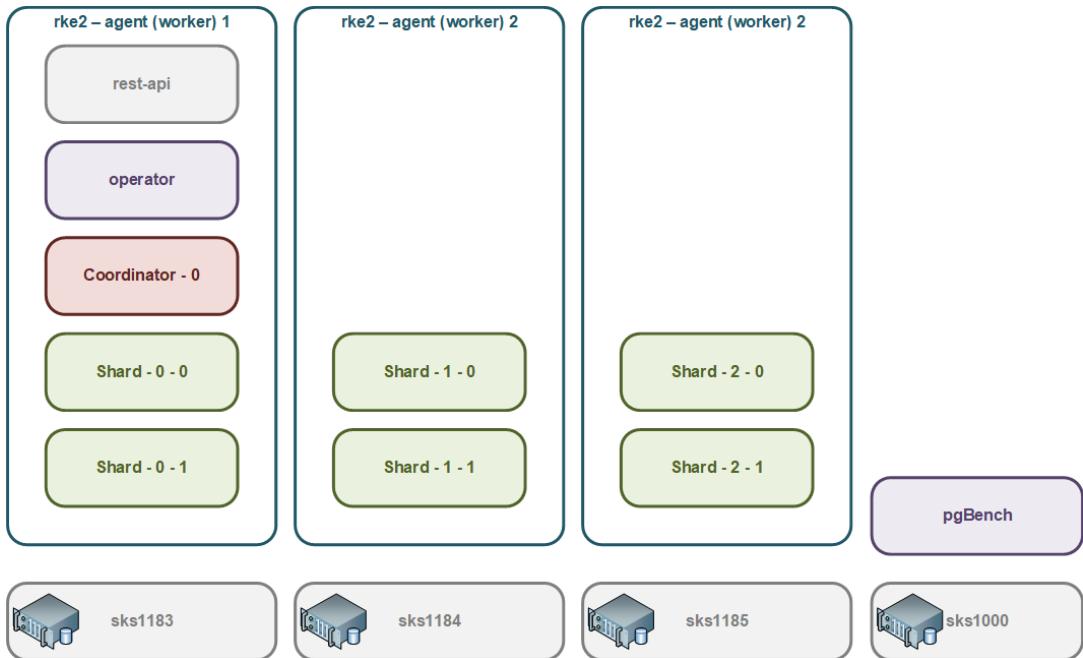


Abbildung 3.28: Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur Benchmarking

Für die Self Healing Tests wurde eine umfangreichere Architektur vorgenommen. Es stellte sich heraus, dass man die beim Citus Sharding beschriebene Lösung zum Replizieren leicht umsetzen kann. Wie dem Architekturnschaubild zu entnehmen ist, wurden drei Coordinator-Nodes und drei Shard-Nodes gesetzt. Die Shard-Nodes wurden dabei auf jeweils drei Nodes repliziert:

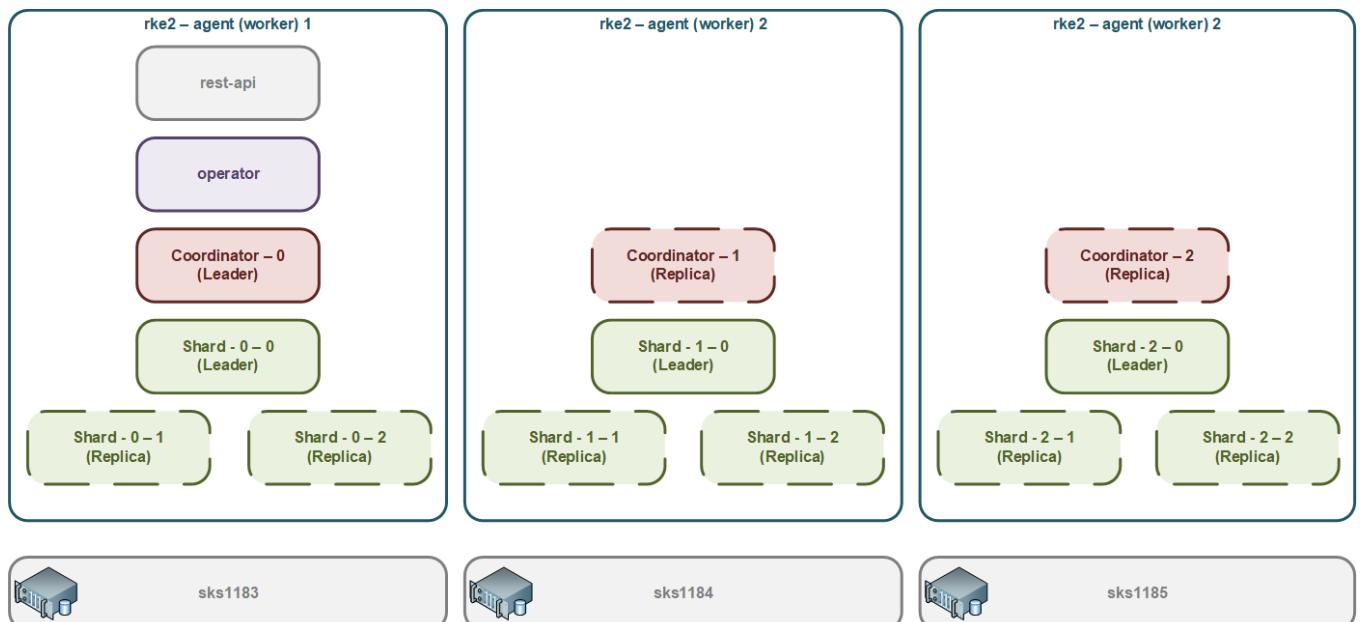


Abbildung 3.29: Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur Self Healing Tests

### 3.1.5.3.2 Ressourcenhunger

Aus den Architektschemen ist bereits ersichtlich, dass StackGres sehr viele Pods erstellt. StackGres erzeugt mindestens einen Operator- und einen REST-API-Pod, der aber auch für das GUI verwendet wird. Nun kommt der Coordinator-Pod hinzu und je nach Auswahl pro Node ein Shard-Pod, wobei es mindestens eine Instanz braucht. Will heissen, im Worstcase sind auf einem Node mindestens 4 Pods, auf dem Server kann aber auch noch der k8s-server (control-plane) stehen. Pro Pod muss mindestens eine CPU gesetzt werden, auch der k8s-Server benötigt mindestens eine CPU, heisst das pro Server mit Minimal Setting 5 CPUs benötigt werden:

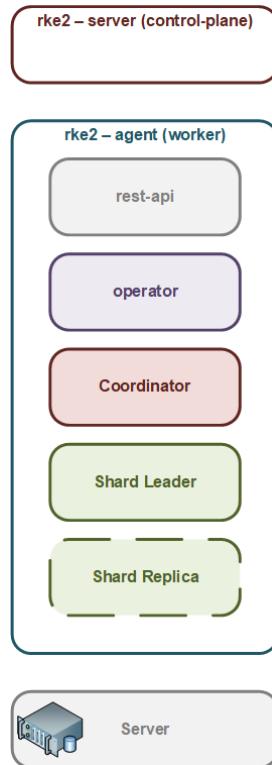


Abbildung 3.30: Stackgres - Citus - Resourcen - Stack

Auch Memory und Storage muss eingerechnet werden, besonders wenn pro Shard noch mehrere Instanzen deployt werden sollen.

Dazu kommt noch eine weitere Eigenheit von StackGres. Pro Datenbank wird standardmässig ein Cluster erstellt mit jeweils mindestens einem Coordinator und dem ganzen Stack der daran hängt:

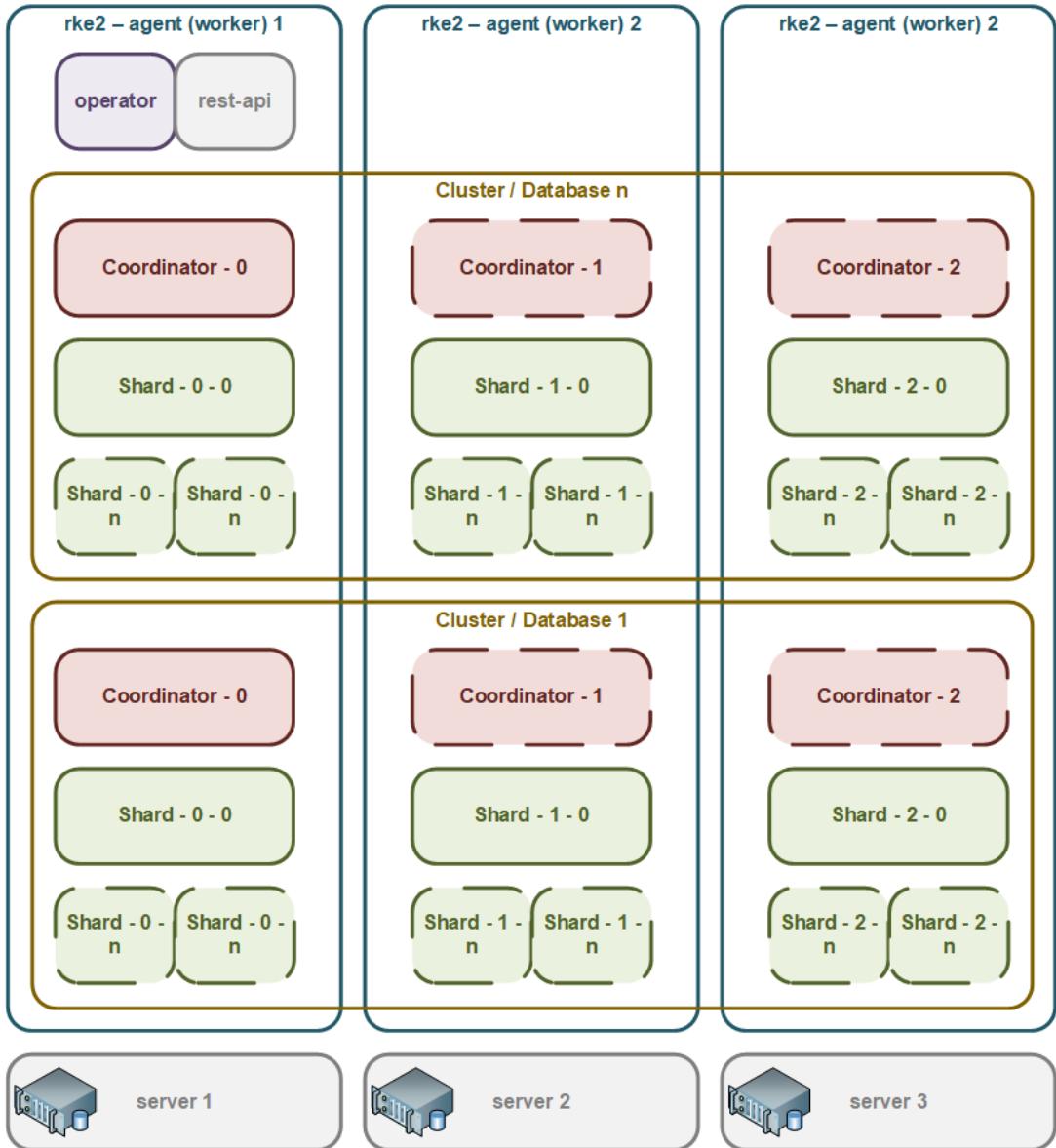


Abbildung 3.31: Stackgres - Citus - Datenbank - Cluster

Entsprechend steigt der Ressourcenbedarf zusätzlich.

### 3.1.5.3.3 Installation

Ongres bietet für StackGres ein helm-Chart, welches über ein eigenes `values.yaml`-Manifest oder direkt aus dem Repository mit Hilfe von Parametern deployet werden kann. Beim KSGR wurde das helm-Chart heruntergeladen und entsprechend ein eigenes Manifest geschrieben.

StackGres bietet von Haus aus an, einen Sharded Cluster mit Citus zu installieren. Dabei muss allerdings das StackGres Extension Repository erreichbar sein, wobei primär über [https](https://) kommuniziert wird.

Hier wird es nun knifflig, sobald Proxys im Spiel sind. Selbst wenn die Proxy-Settings auf dem Host und im rke2 (`CONTAINERD_HTTPS_PROXY` / `CONTAINERD_HTTP_PROXY` / `CONTAINERD_NO_PROXY`) gesetzt sind, ist

dies keine Garantie, das mit Hilfe von `https` aus dem Pod heraus kommuniziert werden kann, selbst wenn es mit `curl` möglich ist. Damit eine Kommunikation stattfinden kann, müssen die Proxy-Zertifikate auf den Host installiert werden. Alternativ kann die Kommunikation über `http` erzwungen werden. StackGres bietet diese Möglichkeit und da es sich um eine Evaluationsumgebung handelt, wurde dieser Weg gewählt. Zum einen muss der Proxy nach der `proxyUrl` eingegeben werden, danach müssen die Parameter `skipHostnameVerification:true` und `setHttpScheme:true` gesetzt werden. Die Proxy-URL muss dabei wie folgt aufgebaut werden:

```
1 <proxy scheme>%3A%2F%2F<proxy host>%3A<proxy port>
```

Listing 3.6: StackGres - values.yaml - Extension proxyUrl

Proxy Schema meint dabei `http` oder `https`. Für den KSGR-Proxy sieht der gesamte String entsprechend so aus:

```
1 extensions:
2   repositoryUrls:
3     - https://extensions.stackgres.io/postgres/repository?proxyUrl=http%3A%2F%2Fsproxy.svc
      .first-it.ch%3A8080?skipHostnameVerification:true&setHttpScheme:true
```

Listing 3.7: StackGres - values.yaml - Extension Proxy

Anders als bei YugabyteDB kann man das Web-GUI nicht Zuhilfenahme eines Load Balancer Exposing nach aussen präsentieren, auch wenn eine Cluster-IP gesetzt werden kann. Soll das Web-GUI und die REST-API permanent von aussen verfügbar sein, muss auf dem rest-api Pod ein permanentes Forwarding implementiert werden. Umsetzen lässt sich dies mit Hilfe der entsprechenden Keys im `values.yaml` oder den Parametern beim Deploy.

### 3.1.5.3.4 Cluster Deployment

Mit der Installation von StackGres steht noch keine Datenbank, es steht nur der Operator- und REST-API Pod. Dabei muss unterschieden werden, ob eine normale Patroni-Instanz deployt werden soll oder eine Sharded-Instanz (mit Citus). Dazu braucht es vorgängig folgende Ressourcen, die deployt werden müssen:

#### StorageClass

Die StorageClass für den Cluster.

Je nachdem empfiehlt es sich, für den Coordinator eine eigene StorageClass zu erzeugen.

#### SGInstanceProfile

Das Instanz-Profil definiert, wie viel CPU und Memory der Pod erhält.

Die Konfigurationsmöglichkeiten gehen so tief, dass innerhalb von Pods auch Containern Ressourcen zugewiesen werden können.

Empfehlenswert ist, Coordinator und Worker zu trennen.

Ohne ein separates Instanz-Profil wird ein Standardprofil mit einer CPU und einem GiB Memory allokiert.

#### SGPostgresConfig

PostgreSQL-spezifische Einstellungen können hierüber konfiguriert werden.

Wie beim Instanz-Profil auch, ist dies nicht zwingend.

#### SGShardedCluster

Mit diesem Manifest wird der Cluster oder Sharded Cluster deployt.

Eigene Ressourcen wie Instanz-Profile müssen entsprechend deklariert werden.

Beim SGShardedCluster-Manifest gilt es einige Punkte zu beachten. Wird beim Coordinator mehr als eine Instanz angegeben, so wird der Coordinator mit Hilfe von Patroni in einem Replica-Cluster betrieben. Dies hat den Vorteil, dass der Unterbruch bei einem Node Failure kleiner ist.

Bei den shards gibt es allerdings zwei Parameter, die entscheidend sind. Zum einen clusters, die entsprechend die Anzahl an Shard-Pods erzeugen. Es müssen dann aber auch die Anzahl Instanzen beim Parameter instancesPerCluster gesetzt werden. Bei nur einer Instanz wird keine Replikation auf die Nodes erzeugt, bei mehr als einer Instanz wird auf die Nodes verteilt. Bei drei Nodes und drei Instanzen wird entsprechend auf alle Nodes repliziert, bei zwei Instanzen nur auf zwei von drei Nodes.

Damit die PostgreSQL-DB, hier in Form vom Service postgresServices, von ausserhalb erreichbar ist, muss die IP-Adresse von MetalLB gebunden werden. Zentral ist dabei die Annotation für den Primary-Service:

```
1  postgresServices:
2    coordinator:
3      primary:
4        type: LoadBalancer
5      any:
6        type: LoadBalancer
7    shards:
8      primaries:
9        type: LoadBalancer
```

```

10   metadata:
11     annotations:
12       primaryService:
13         metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.106
14       replicasService:
15         metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.153
16       externalTrafficPolicy: "Cluster"

```

Listing 3.8: StackGres-Citus - LoadBalancer -Annotation

Das erzeugen von Persistent Volume Claims für Coordinator- und Shard-Pods wird wie folgt deklariert (hier nur mit der StorageClass stackgres-storage):

```

1 ...
2   coordinator:
3   ...
4   pods:
5     persistentVolume:
6       size: '<Größe>Gi'
7       storageClass: "stackgres-storage"
8 ...
9   shards:
10  ...
11  pods:
12    persistentVolume:
13      size: '<Größe>Gi'
14      storageClass: "stackgres-storage"

```

Listing 3.9: StackGres-Citus - StorageClass -PVC Binding

Die Instanz-Profile lassen sich wie folgt zuweisen:

```

1 ...
2   coordinator:
3     instances: 1
4   ...
5   sgInstanceProfile: "<Instanz-Profil Coordinator>"
6   ...
7   shards:
8   ...
9   sgInstanceProfile: "<Instanz-Profil Shard>"

```

Listing 3.10: StackGres-Citus - Instanz-Profile

Beim Benchmarking kam es zu einem sehr unschönen Fehler. PgBounder verlor die Verbindung. Nach einer kurzen Suche zeigte sich, dass es einen Bug bei grösseren Workloads gibt, zumindest ist dies meine Interpretation. Die Lösung bei einigen schien zu sein, dass das Pooling abgeschaltet wird [45]. Für das Benchmarking wurde dies dann auch umgesetzt. Die Umsetzung wird folgendermassen gemacht:

```

1 ...
2   coordinator:
3     pods:
4     ...
5       disableConnectionPooling: true

```

### Listing 3.11: StackGres-Citus - StorageClass -PVC Binding

Bei einem produktiven System müsste dieser Bug aber gefixt werden.

Bei einem Drei-Node Environment, wie es für die Evaluation verwendet wird, kommt es zu einem Konflikt, wenn drei Shard-Pods erzeugt werden. In diesem Fall muss ein Testing- oder Development-Profil gesetzt werden. Alternativ können Pod Anti-Affinities oder Pod Affinities gesetzt werden, was nicht einfach ist, da Ongres die Pod Anti-Affinities unzureichend dokumentiert hat. Daher wurden Testing-Profil-Flags aktiviert:

```

1 apiVersion: stackgres.io/v1alpha1
2 kind: SGShardedCluster
3 metadata:
4   name: <cluster / db name>
5   namespace: <cluster namespace>
6 spec:
7   ...
8   profile: "testing"

```

### Listing 3.12: StackGres-Citus - Cluster Profil

Es gäbe zwar die Möglichkeit, Passwörter via Manifest zu setzen, aber dies funktioniert nicht für postgres- und replicator sowie backup. Laut der StackGres-Dokumentation müssen z. B. die Passwörter vom postgres-User im Nachgang via SQL geändert werden. Während der Evaluation wurde darauf verzichtet und das generische Passwort aus dem Cluster geholt.

Für den 250GiB-Benchmark wurden ähnlich zur Patroni-Evaluation spezifische PostgreSQL Cluster Konfigurationen im Manifest SGPostgresConfig vorgenommen. Diese Settings können dann jeweils für die Shards als auch für die Coordinators zugewiesen werden:

```

1 ...
2   coordinator:
3     ...
4     configurations:
5       sgPostgresConfig: "<SGPostgresConfig Name>"
6     ...
7   shards:
8     ...
9     configurations:
10      sgPostgresConfig: "<SGPostgresConfig Name>"
11

```

### Listing 3.13: StackGres-Citus - SGPostgresConfig

Die vollständige Dokumentation der Evaluationsinstallation ist im Anhang - Installation StackGres - Citus zu finden.

### 3.1.5.4 YugabyteDB

#### 3.1.5.4.1 Architektur

Die Architektur ist einfach. Auf allen Worker-Nodes wird je ein `tmaster` und `tserver` Pod gestartet, wie dem Architekturschaubild zu entnehmen ist:

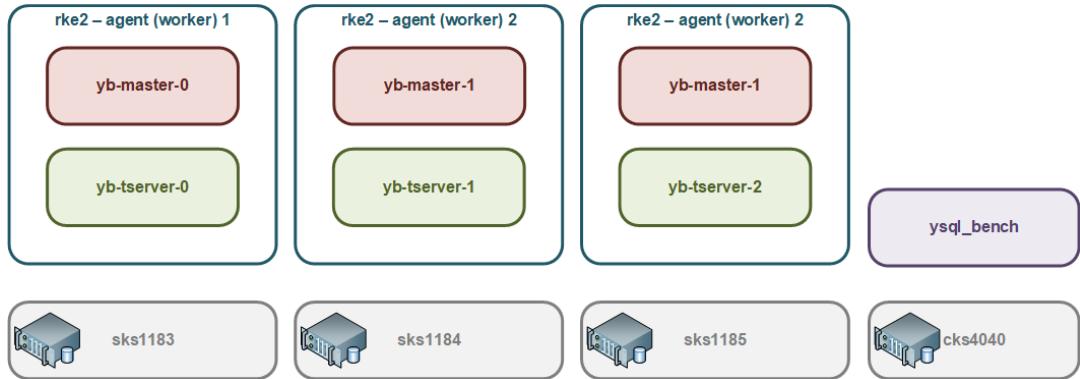


Abbildung 3.32: YugabyteDB - Evaluationsarchitektur

#### 3.1.5.4.2 Installation

Während der Installation des YugabyteDB Evaluations-Environment wurde festgestellt, das man zwei Varianten installieren kann. YugabyteDB (Repository `yugabyte`) und YugabyteDB Anywhere (Repository `yugaware`):

```
Context: default          <--> Copy
Cluster: default          <e> Edit
User: default              <n> Next Match
K9s Rev: v0.31.8 ⚡ v0.32.4 <shft-m> Prev Match
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1   <r> Toggle Auto-Refresh
CPU: 1%                   <f> Toggle FullScreen
MEM: 38%                 

Name: yw-test-yugaware-pg-upgrade
Optional: false
pg-init:
  Type: ConfigMap (a volume populated by a ConfigMap)
  Name: yw-test-yugaware-pg-prerun
  Optional: false
pg-sample-config:
  Type: ConfigMap (a volume populated by a ConfigMap)
  Name: yw-test-pg-sample-config
  Optional: false
kube-api-access-rgtwb:
  Type: Projected (a volume that contains injected data from multiple sources)
  TokenExpirationSeconds: 3607
  ConfigMapName: kube-root-ca.crt
  ConfigMapOptional: <nil>
  DownwardAPI: true
QoS Class: Burstable
Node-Selectors: <none>
Tolerations: node.kubernetes.io/not-ready:NoExecute op=Exists for 300s
node.kubernetes.io/unreachable:NoExecute op=Exists for 300s
Events:
  Type     Reason           Age      From            Message
  ----     ----           --      --              -----
  Normal   Scheduled        3m22s   default-scheduler  Successfully assigned yb-platform/yw-test-yugaware-0 to sks1185
  Normal   Pulling          2m39s   (x3 over 3m22s)  kubelet    Pulling image "quay.io/yugabyte/yugaware:2.20.2.1-b3"
  Warning  Failed           2m38s   (x3 over 3m21s)  kubelet    Failed to pull image "quay.io/yugabyte/yugaware:2.20.2.1-b3": failed to pull and unpack image "quay.io/yugabyte/yugaware:2.20.2.1-b3": failed to resolve reference "quay.io/yugabyte/yugaware:2.20.2.1-b3": unexpected status from HEAD request to https://quay.io/v2/yugabyte/yugaware/manifests/2.20.2.1-b3: 401 UNAUTHORIZED
  Warning  Failed           2m38s   (x3 over 3m21s)  kubelet    Error: ErrImagePull
  Normal   BackOff          2m11s   (x4 over 3m20s)  kubelet    Back-off pulling image "quay.io/yugabyte/yugaware:2.20.2.1-b3"
  Warning  Failed           2m11s   (x4 over 3m20s)  kubelet    Error: ImagePullBackOff
  Warning  FailedToRetrieveImagePullSecret  117s  (x8 over 3m23s)  kubelet    Unable to retrieve some image pull secrets (yugabyte-k8s-pull-secret); attempting to pull the image may not succeed.

<namespace> <pod> <describe>
```

Abbildung 3.33: YugabyteDB - Susbsription yugaware

Es stellte sich auch heraus, dass wenn man YugabyteDB 4 Cores pro Node zur Verfügung geben will (je zwei für den `master` und `tserver`), der Server mehr als 4 Cores haben muss. Andernfalls wird Kubernetes einen der beiden Pods nicht deployen, weil zu wenig Cores zur Verfügung stehen.

Installation von rke2, Cilium und MetalLB, muss nebst dem IPAddressPool auch ein L2Advertisement für den Pool gesetzt werden. Ansonsten kann die im YugabyteDB values.yaml gesetzte IP für den tserver von aussen nicht angesprochen werden:

```
1---
2 apiVersion: metallb.io/v1beta1
3 kind: L2Advertisement
4 metadata:
5   name: l2adv
6   namespace: metallb-system
7 spec:
8   ipAddressPools:
9     - distributed-sql
10
```

Listing 3.14: metallb - Konfig YAML - Detail L2Advertisement

Die Vorschläge zum Lösen des Problems reichten von Deaktivieren von kube-proxy bis hin zu einer Migration zum Cilium-Loadb-Balancers. Mit diesem funktionierte dann nicht einmal mehr die Installation von YugabyteDB. Lösung brachte nur ein GitHub-Eintrag [46], wo oben genannter Ansatz empfohlen wurde.

### 3.1.5.4.3 Konfiguration

Damit nicht der YugabyteDB Anywhere-Service installiert wird, muss das entsprechende Image gesetzt werden:

```
1 ...
2 Image:
3   repository: "yugabytedb/yugabyte"
4   tag: 2.20.2.1-b3
5   pullPolicy: IfNotPresent
6   pullSecretName: ""
7 ...
8
```

Listing 3.15: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Image

Die StorageClass muss im values.yaml gesetzt werden, je einmal für den tmaster und tserver:

```
1 ...
2 storage:
3   ephemeral: false # will not allocate PVs when true
4   master:
5     count: 1
6     size: 3Gi
7     storageClass: "yb-storage"
8   tserver:
9     count: 1
10    size: 3Gi
11    storageClass: "yb-storage"
12 ...
13
```

Listing 3.16: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail StorageClass

Dem Node werden je 4 Cores zur Verfügung gestellt. Zwei für den master und zwei für den tserver.  
Beide erhalten 4GiB Memory:

```
1 ...
2 resource:
3   master:
4     requests:
5       cpu: "1"
6       memory: 2Gi
7     limits:
8       cpu: "1"
9       ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating from
10      these formats
11      ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes' flag.
12      ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so may lead
13      to
14      ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects integer
15      values.
16       memory: 2Gi
17 tserver:
18   requests:
19     cpu: "1"
20     memory: 4Gi
21   limits:
22     cpu: "1"
23     ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating from
24     these formats
25     ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes' flag.
26     ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so may lead
27     to
28     ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects integer
29     values.
30       memory: 4Gi
31 ...
32
```

Listing 3.17: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Resources

Die Shards oder Tablets wie sie Yugabyte nennt, sollen auf allen drei Nodes repliziert werden:

```
1 ...
2 replicas:
3   master: 3
4   tserver: 3
5   ## Used to set replication factor when isMultiAz is set to true
6   totalMasters: 3
7 ...
8
```

Listing 3.18: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Replika

Wichtig ist auch, dass der YSQL-Dienst aktiv ist, damit PostgreSQL Abfragen abgesetzt werden können.  
Deshalb muss der Dienst aktiv sein und darf nicht deaktiviert werden:

```
1 ...
2 # Disable the YSQL
3 disableYsql: false
```

```
4 ...
5
```

Listing 3.19: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Disable YSQL

Nun müssen die Domain und die Service-Endpoints konfiguriert werden. Der Domainname bleibt vorerst `cluster.local` wie Default hinterlegt. Die Servicenamen und Ports werden nicht angepasst, wichtig ist die LoadBalancer-IP. Sie ist entsprechend der gewählten VirtualIP mit `10.0.20.106` zu setzen.

```
1 ...
2 domainName: "cluster.local"
3
4 serviceEndpoints:
5   - name: "yb-master-ui"
6     type: LoadBalancer
7     annotations: {}
8     clusterIP: ""
9     ## Sets the Service's externalTrafficPolicy
10    externalTrafficPolicy: ""
11    app: "yb-master"
12    loadBalancerIP: ""
13    ports:
14      http-ui: "7000"
15
16   - name: "yb-tserver-service"
17     type: LoadBalancer
18     annotations:
19       metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.106
20     clusterIP: ""
21     ## Sets the Service's externalTrafficPolicy
22     externalTrafficPolicy: ""
23     app: "yb-tserver"
24     loadBalancerIP: ""
25     ports:
26       tcp-yql-port: "9042"
27       tcp-yedis-port: "6379"
28       tcp-ysql-port: "5433"
29 ...
30
```

Listing 3.20: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Domainname und Service-Endpoints

Beim Testen mit der höchsten Anzahl an Datensätzen zeigte sich, dass der local-path-provisioner nicht sauber konfiguriert waren. Damit auf jedem Node die Persistence Volume Claims ausgeführt werden, müssen sie deklariert werden und in den StorageClass-Manifesten auch hinterlegt werden. Genauer muss in der `nodePathMap` folgende Konfiguration vorgenommen werden:

```
1 ...
2           "nodePathMap": [
3             {
4               "node": "DEFAULT_PATH_FOR_NON_LISTED_NODES",
5               "paths": ["<Lokaler Pfad>"]
6             },
7             {
8               "node": "SECONDARY_DEFAULT_PATH",
9               "paths": ["<Lokaler Pfad>"]
10            }
11          ]
12        }
13      }
14    }
15  }
16}
```

```

8         "node": "<Nodename>",
9         "paths": ["<Lokaler Pfad>"]
10    },
11 ...

```

Listing 3.21: local-path-provisioner nodePathMap

Hier ein Beispiel, wie es mit den grossen Volumes aussieht:

```

1 ...
2         "nodePathMap": [
3             {
4                 "node": "DEFAULT_PATH_FOR_NON_LISTED_NODES",
5                 "paths": ["/srv/data/local-path-provisioner"]
6             },
7             {
8                 "node": "sks1183",
9                 "paths": ["/srv/data/local-path-provisioner"]
10            },
11            {
12                "node": "sks1184",
13                "paths": ["/srv/data/local-path-provisioner"]
14            },
15            {
16                "node": "sks1185",
17                "paths": ["/srv/data/local-path-provisioner"]
18            }
19        ]
20 ...

```

Listing 3.22: local-path-provisioner nodePathMap Beispiel

Wird dies nicht gemacht, so wird auf den Default-Path geschrieben. Das ist zufällig und hat dann zur Folge, dass alle Volumes auf einem Node präsentiert werden. Was sehr schnell zur Folge hat, dass zu wenig Diskspace vorhanden ist. Bei YugabyteDB kommt noch dazu, dass es zu Konflikten beim Schreiben von Blocks kommt.

Damit die Persistence Volumes sauber präsentiert werden, muss in der StorageClass die nodeAffinity gesetzt werden. Hier als Beispiel mit den Nodes sks1183, sks1184 und sks1185:

```

1   nodeAffinity:
2     required:
3       nodeSelectorTerms:
4         - matchExpressions:
5           - key: kubernetes.io/hostname
6             operator: In
7             values:
8               - sks1183
9               - sks1184
10              - sks1185

```

Listing 3.23: yugabyteDB - StorageClass nodeAffinity

### **hostPath**

Der `hostPath` bei der StorageClass muss der gleiche sein, wie der Pfad im Node des `nodePathMap` von local-path-provisioner. Auch sollten die Pfade auf allen Nodes gleich sein.

Die Problematik mit dem `nodePathMap` und der `nodeAffinity` auf der StorageClass hat auch rund zwei Arbeitstage in Anspruch genommen.

Die vollständige Dokumentation der Evaluationsinstallation ist im Anhang - Installation YugabyteDB zu finden.

## **3.1.6 PostgreSQL Benchmarking**

### **3.1.6.1 pgBench - Basis-Benchmarking**

PostgreSQL bietet ein Benchmarking-Tool[47, 48], mit dem die DB vermessen werden kann.

Damit die Tests aussagekräftig sind, werden mit den Testläufen mehrere Läufe gestartet. Der erste Lauf muss dabei ignoriert werden, denn erst dann wird die DB in den Cache geladen. Wird dies nicht eingehalten, so wird die ganze Testreihe nicht repräsentativ.

### **3.1.6.2 Replication Throughput Benchmarking**

Etwas komplexer wird es beim Benchmark des Throughput. Den nebst den DB-Latenzen usw. kommt die Netzwerklatenz sowie andere Latenzen hinzu [49].

### 3.1.6.3 Benchmark Settings

Das Mass aller Dinge ist die Zabbix-DB.

Sie wird vorerst die grössten Zugriffszahlen, das höchste Datenwachstum und die meisten Transaktionen erzeugen.

Es werden alle Switches sowie der grösste Teil der Router erfasst, es sind im Moment etwas mehr als 32'000 Items erfasst.

Ein Item kann ein Gerät, ein Port oder mehrere States pro Port sein:

System information		
Parameter	Value	Details
Zabbix server is running	Yes	localhost:10051
Number of hosts (enabled/disabled)	250	240 / 10
Number of templates	345	
Number of items (enabled/disabled/not supported)	323479	318628 / 4796 / 55
Number of triggers (enabled/disabled [problem/ok])	136777	135529 / 1248 [148 / 135381]
Number of users (online)	24	3
Required server performance, new values per second	950.86	
High availability cluster	Disabled	

Abbildung 3.34: Benchmark Settings - Zabbix - Systeminformationen

Pro Sekunde werden ca. 950 Datenpunkte abgeholt.

Da der Grossteil der Netzwerksysteme aber erfasst sind, wird die Anzahl Items nicht mehr stark anwachsen.

Auf die Datenbank wird sehr stark zugegriffen. Es werden bis zu 23 Connections pro Sekunde ausgeführt:

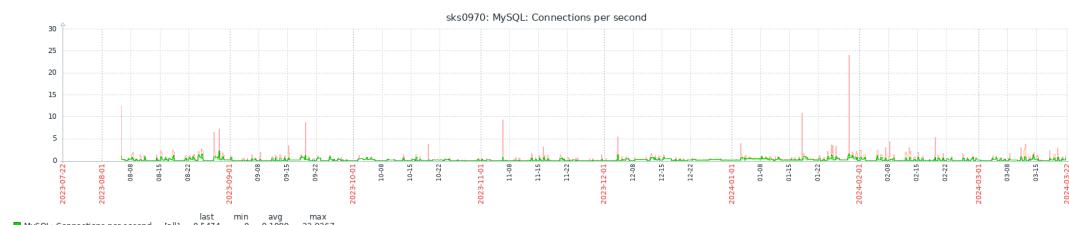


Abbildung 3.35: Benchmark Settings - Zabbix - Connections per Second

Pro Sekunde wurden bisher bis zu über 7'000 Queries ausgeführt. Dies schliesst Abfragen von Stored Programs ein:

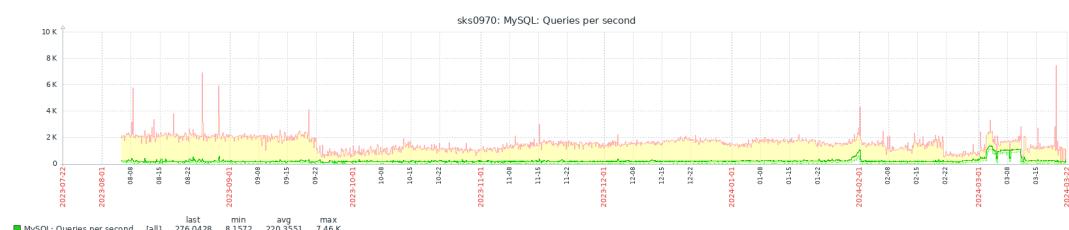


Abbildung 3.36: Benchmark Settings - Zabbix - Queries per Second

Reine Client Anfragen waren nichtsdestotrotz über 4'000 Queries pro Sekunde:

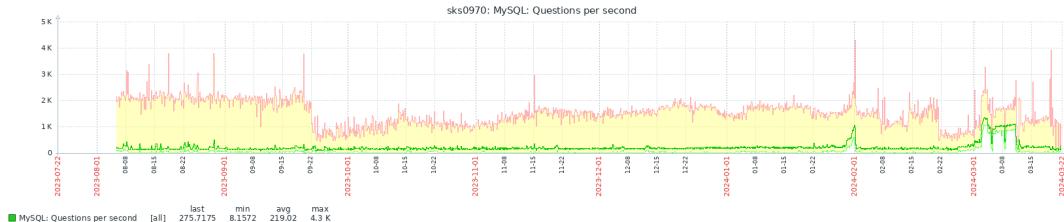


Abbildung 3.37: Benchmark Settings - Zabbix - Client Queries per Second

Auch das Wachstum ist beachtlich. Die DB startete mit 180GiB und ist zurzeit bei rund 232GiB, war aber schon bei 238GiB:

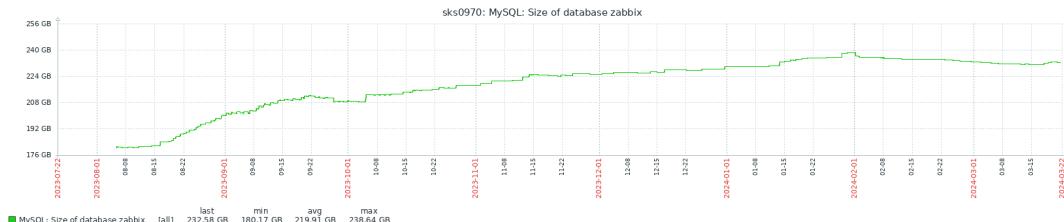


Abbildung 3.38: Benchmark Settings - Zabbix - DB Size

Nun kommen noch die kleineren DBs hinzu. Heisst, für den Mixed Benchmark (DML und DQL Transaktionen) werden folgende Werte und Parameter gesetzt:

Typ	Parameter	pgbench-Parameter	1. Lauf	2. Lauf	3. Lauf	4. Lauf
mixed	Datenbank		pgbench_eval_bench	pgbench_eval_bench	pgbench_eval_bench	pgbench_eval_bench
mixed	DB-Grösse		5GiB	15GiB	50GiB	250GiB
mixed	1. Iteration Lauf ignorieren		ja	ja	ja	ja
mixed	Select only	-S	nein	nein	nein	nein
mixed	Iterationen pro Lauf		4	4	4	4
mixed	Vacuum	-v	ja	ja	ja	ja
mixed	Separate Connects	-C	ja	ja	ja	ja
mixed	Client count	-c	10	50	100	1000
mixed	Anzahl Transaktionen pro Client	-t	10	50	50	7
mixed	Anzahl Transaktionen Total		100	2500	5000	7000
mixed	Anzahl Worker Threads	-j	4	4	4	4

Tabelle 3.9: Benchmark Settings - Mixed Transaktionen

Für den DQL-Only Benchmark wird mit folgenden Konfigurationen gearbeitet:

Typ	Parameter	pgbench-Parameter	1. Lauf	2. Lauf	3. Lauf	4. Lauf
dql	Datenbank		pgbench_eval_bench	pgbench_eval_bench	pgbench_eval_bench	pgbench_eval_bench
dql	DB-Grösse		5GiB	15GiB	50GiB	250GiB
dql	1. Iteration Lauf ignorieren		ja	ja	ja	ja
dql	Select only	-S	ja	ja	ja	ja
dql	Iterationen pro Lauf		4	4	4	4
dql	Vacuum	-v	ja	ja	ja	ja
dql	Separate Connects	-C	ja	ja	ja	ja
dql	Client count	-c	10	50	100	1000
dql	Anzahl Transaktionen pro Client	-t	10	50	50	7
dql	Anzahl Worker Threads	-j	4	4	4	4

Tabelle 3.10: Benchmark Settings - DQL Transaktionen

Bei pgbench kann nicht das Volumen angegeben werden.  
 Es muss der Skalierungsfaktor angepasst werden.  
 Dieser legt allerdings fest, wie viele Daten gespeichert werden.  
 Wird eine 1 eingeben, so werden 100'000 Records angelegt.  
 Um nun auf ein gewisses Volumen zu kommen, gibt es verschiedene Formeln.  
 Als beste stellte sich folgende heraus [50]:

Zielobjekt	Skalierungsfaktor Formel
DB	$0.0669 * DB - Zielgrsse - 0.5$
Tabelle (pgbench_accounts / ysql_bench_accounts)	$0.0781 * Tabelle - Zielgrsse$
Index (pgbench_accounts_pkey / ysql_bench_accounts_pkey)	$0.4668 * Index - Zielgrsse$

Tabelle 3.11: Benchmark Settings - Skalierungsfaktoren

Daraus errechnen sich für das DB-Volumen des Benchmark-Settings folgende Skalierungsfaktoren:

DB Grösse [GiB]	DB Grösse [MiB]	Scale Faktor
5	5120	342
15	15360	1027
50	51200	3425
250	256000	17126

Tabelle 3.12: Benchmark Settings - Datenbankvolumen / Skalierungsfaktor

YugabyteDB speichert die Daten anders als PostgreSQL, nämlich als Key-Value-Store.  
 Das verhindert, dass die DB Grösse nicht ausgelesen werden kann, nur die Tabellen sind ersichtlich.  
 Um einen Vergleich zu haben, muss daher die Tabellengrösse berechnet werden.  
 Der Skalierungsfaktor für die Tabellen ist folgendermassen aufgebaut:

DB Grösse [GiB]	DB Grösse [MiB]	Scale Faktor
5	5120	400
15	15360	1200
50	51200	3999
250	256000	19994

Tabelle 3.13: Benchmark Settings - Tabellenvolumen / Skalierungsfaktor

Der Skalierungsfaktor wird pro 100'000 gerechnet, gebe ich also den Faktor 1 ein, werden 100'000 Zeilen in der Tabelle pgbench\_accounts resp. ysql\_bench\_accounts erzeugt.  
Entsprechend wachsen die Anzahl Records wie folgt an:

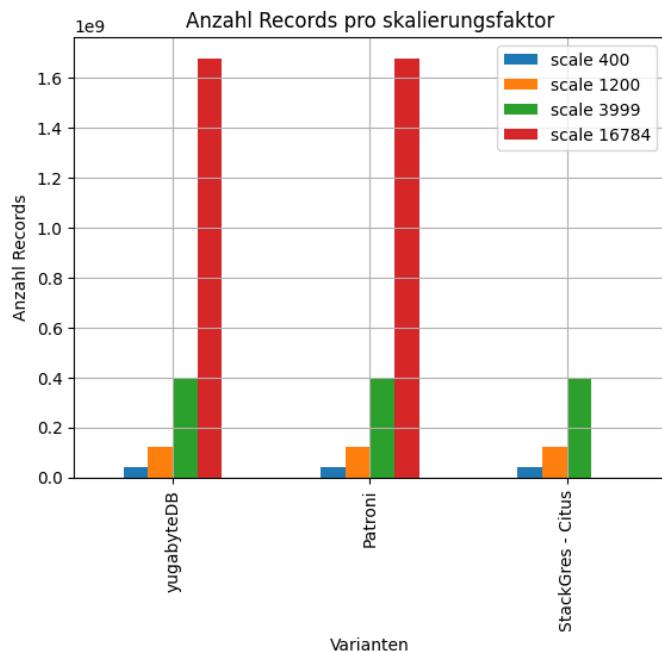


Abbildung 3.39: Benchmark Settings - Anzahl Records / Skalierungsfaktor

### **3.1.7 Testziele erarbeiten**

#### **3.1.7.1 Evaluation - Testfälle**

##### **3.1.7.1.1 Patroni**

###### **Failover**

1. Der Server des primären Node wird manuell heruntergefahren.
2. Während des Failover müssen Daten via SQL eingeführt und ausgelesen werden.  
Testskripte müssen sollen als Batch-Job ausgeführt werden.
3. Während des Failover muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden.

###### **Switchover**

4. Mit der REST-API wird der Switchover auf einen anderen Nod abgesetzt.
5. Mit dem `patronictl`-Command wird der Switchover gesetzt
6. Während dem Switchover müssen Daten via SQL eingeführt und ausgelesen werden.
7. Während dem Switchover muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden.

###### **Restore**

8. Mit der REST-API wird der Node erst mit dem `reinitialize` wiederhergestellt und dann mit einem Switchover wieder als Primary gesetzt.
9. Mit dem `patronictl`-Command und Parameter `reinit` der Node wiederhergestellt und abschliessend mit Hilfe Switchover wieder als Primary gesetzt.
10. Mit der REST-API wird der Node mit dem `reinitialize` wiederhergestellt
11. Mit dem `patronictl`-Command und Parameter `reinit` der Node wiederhergestellt
12. Vor, während und nach dem Restore müssen Tabellen mit Foreign-Key-Constraints und Daten geprüft werden.
13. Während des Restore muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden und Daten via SQL eingeführt und ausgelesen werden.

### **3.1.7.1.2 StackGres - Citus**

#### **Failover**

1. Der Server des Leader-Cooordinator-Node wird manuell heruntergefahren.
2. Während des Failover müssen Daten via SQL eingeführt und ausgelesen werden.
3. Während des Failover muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden.

#### **Sharding**

4. Vor, während und nach dem Failover müssen Tabellen mit Foreign-Key-Constraints geprüft werden.
5. Nach einem Failover-Test müssen alle Daten vorhanden sein.

#### **Self Healing**

6. Der Node muss wieder hochgefahren werden.  
Der Node muss selbstständig Daten synchronisieren.
7. Der Leader muss, falls notwendig, automatisch neu gesetzt werden.

### **3.1.7.1.3 YugabyteDB**

#### **Failover**

1. Ein k8s Node wird manuell heruntergefahren, indem der entsprechende Server heruntergefahren wird.
2. Während des Failover müssen Daten via SQL eingeführt und ausgelesen werden.
3. Während des Failover muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden.

#### **Sharding**

4. Vor, während und nach dem Failover müssen Tabellen mit Foreign-Key-Constraints geprüft werden.
5. Nach einem Failover-Test müssen alle Daten vorhanden sein.

#### **Self Healing**

6. Der Node muss wieder hochgefahren werden.  
Der Node muss selbstständig Daten synchronisieren.

### 3.1.7.2 Evaluation - ERD self\_healing\_test

Die Tests müssen bei allen drei Varianten anhand der Datenbank `self_healing_test` durchgeführt werden.

Dabei werden die Tabellen im Hinblick auf das Citus Schema Based Sharding in Schemas organisiert. Zwischen den einzelnen Schemas sollen einige Tabellen einen Foreign-Key auf andere Tabellen legen:

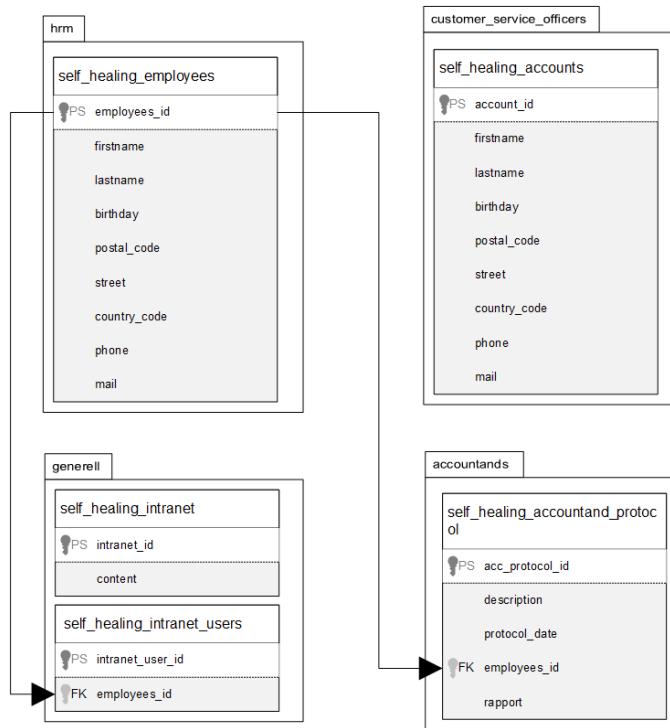


Abbildung 3.40: Testing - ERD DB `self_healing_test`

### 3.1.8 Testing Evaluationssysteme

#### 3.1.8.1 Patroni

Patroni funktionierte wie gewollt. Da kein Connection Pooler auf dem Proxy-Host installiert wurde, kam nicht alles erfüllt werden. Wichtig dazu ist zu sagen, dass die REST-API und das Command vollständig funktioniert. Ein Switchover wurde mit folgendem Command ausgeführt:

```
1 root@sks1234:~# patronictl -c /etc/patroni/config.yml switchover
2 Current cluster topology
3 + Cluster: postgres (7357340759952276373) +-----+-----+
4 | Member      | Host          | Role       | State      | TL | Lag in MB |
5 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 | postgres01  | 10.0.20.110 | Leader     | running    | 3  |           |
7 | postgres02  | 10.0.20.111 | Sync Standby | streaming | 3  |           0 |
8 | postgres03  | 10.0.20.112 | Sync Standby | streaming | 3  |           0 |
9 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
10 Primary [postgres01]:
11 Candidate ['postgres02', 'postgres03'] []: postgres02
12 When should the switchover take place (e.g. 2024-04-26T16:08) [now]: now
13 Are you sure you want to switchover cluster postgres, demoting current leader postgres01?
   [y/N]: y
14 2024-04-26 15:09:02.68997 Successfully switched over to "postgres02"
15 + Cluster: postgres (7357340759952276373) -----+-----+
16 | Member      | Host          | Role       | State      | TL | Lag in MB |
17 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
18 | postgres01  | 10.0.20.110 | Replica   | stopped   |    | unknown   |
19 | postgres02  | 10.0.20.111 | Leader     | running   | 3  |           |
20 | postgres03  | 10.0.20.112 | Replica   | running   | 3  |           0 |
21 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Listing 3.24: Patroni - Testing - Switchover

Ein gestoppter Node wurde wie folgt wieder neu aufgebaut:

```
1 root@sks1234:~# patronictl -c /etc/patroni/config.yml reinit postgres
2 + Cluster: postgres (7357340759952276373) +-----+-----+
3 | Member      | Host          | Role       | State      | TL | Lag in MB |
4 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
5 | postgres01  | 10.0.20.110 | Sync Standby | streaming | 4  |           0 |
6 | postgres02  | 10.0.20.111 | Leader     | running   | 4  |           |
7 | postgres03  | 10.0.20.112 | Sync Standby | streaming | 4  |           0 |
8 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
9 Which member do you want to reinitialize [postgres03, postgres01]? []: postgres01
10 Are you sure you want to reinitialize members postgres01? [y/N]: y
11 Success: reinitialize for member postgres01
```

Listing 3.25: Patroni - Testing - Reinit

## Das vollständige Ergebnis:

Art	Test Case Nr.	Test Case	Erwartetes Ergebnis	Eingetretenes Ergebnis	Begründung
Failover	1	Automatismus	Wird der Primary Server vom Netz genommen, führt Patroni einen Failover auf einen Replika-Node.	Eingetroffen	
Failover	2	Connection-Stabilität	Bestehende Connections dürfen nicht getrennt werden.	Nicht eingetroffen	Connection-Stabilität kann nur hergestellt werden, wenn entweder die Applikation dazu in der Lage ist oder man einen Connection Pooler wie pgBouncer einsetzt. Es wurde aber keiner eingesetzt.
Failover	3	Geschwindigkeit	Der Failover muss so schnell stattfinden, dass offene Connections nicht wegen eines Timeouts geschlossen werden.	Bedingt eingetroffen	Auch hier hängt die Stabilität an den Settings der Applikation und einem Connection Pooler.
Switchover	4	Skript / API	Mit der Patroni REST-API wird der Switchover ausgeführt.	Eingetroffen	
Switchover	5	Skript / API	Mit dem Patroni Commandset wird er Switchover ausgeführt.	Eingetroffen	
Switchover	6	Connection-Stabilität	Bestehende Connections dürfen nicht getrennt werden.	Eingetroffen	
Switchover	7	Geschwindigkeit	Der Switchover muss so schnell stattfinden, dass offene Connections nicht wegen eines Timeouts geschlossen werden.	Nicht eingetroffen	Connection-Stabilität kann nur hergestellt werden, wenn entweder die Applikation dazu in der Lage ist oder man einen Connection Pooler wie pgBouncer einsetzt. Es wurde aber keiner eingesetzt.
Restore	9	Skript / API	Mit der Patroni REST-API wird der Primary-Node wiederhergestellt.	Eingetroffen	
Restore	10	Skript / API	Mit dem Patroni Commandset der Primary-Node wiederhergestellt.	Eingetroffen	
Restore	11	Skript / API	Mit der Patroni REST-API wird ein Replika-Node wiederhergestellt.	Eingetroffen	
Restore	12	Skript / API	Mit dem Patroni Commandset ein Replika-Node wiederhergestellt.	Eingetroffen	
Restore	13	Datensicherheit	Beim Restore des Primary-Nodes dürfen keine Daten, die seit dem Failover gechrieben wurden, darf es zu keinem Datenverlust kommen.	Eingetroffen	
Restore	14	Connection-Stabilität	Beim Restore des Primary-Nodes dürfen keine Connections geschlossen werden.	Nicht eingetroffen	Connection-Stabilität kann nur hergestellt werden, wenn entweder die Applikation dazu in der Lage ist oder man einen Connection Pooler wie pgBouncer einsetzt. Um die Komplexität gering zu halten, wurde kein Connection Pooler gesetzt.

Tabelle 3.14: Testresultate Evaluation Patroni

### **3.1.8.2 StackGres - Citus**

StackGres kann nicht alle Anforderungen erfüllen. Obwohl es mit `envoy` und `pgBouncer` einen Proxy und einen Connection Pooler gibt, scheint dies nicht über die Coordinator-Nodes selbst zu gehen. Daher brechen bestehende Connections ab oder laufen irgendwann in ein Timeout, wenn Kubernetes Nodes nicht schnell genug heruntergefahren werden.

Aufgrund des Sharding und das in sich geschlossenen Kubernetes-Environments wurde auf separate Tablespaces verzichtet.

Zuerst wurde versucht, das Sharding mit Version 12 eingeführte Schema Based Sharding umzusetzen. Wie beim Benchmarking auch, zeigten sich schnell die Grenzen des Citus-Sharding. Sobald ein Foreign-Key zwischen zwei Tabellen, die in verschiedenen Schemas liegen, existiert, kann kein Schema Based Sharding mehr ausgeführt werden. Auch hier besteht die Lösung darin, Reference Tables zu erstellen.

Das vollständige Ergebnis:

Art	Test Case Nr.	Test Case	Erwartetes Ergebnis	Eingetretenes Ergebnis	Begründung
Failover	1	Automatismus	Wird der Primary Server vom Netz genommen, führt Patroni einen Failover auf einen Replika-Node.	Eingetroffen	
Failover	2	Connection-Stabilität	Bestehende Connections dürfen nicht getrennt werden.	Nicht eingetroffen	Keine. StackGres setzt envoy ein. Offensichtlich nicht ber einen ganzen Cluster.
Failover	3	Geschwindigkeit	Der Failover muss so schnell stattfinden, dass offene Connections nicht wegen eines Timeouts geschlossen werden.	Nicht eingetroffen	Keine. StackGres setzt envoy ein. Offensichtlich nicht ber einen ganzen Cluster.
Sharding	4	Datenkonsistenz und Datenintegrität	Daten sind Konsistent und Inetger.	Eingetroffen	
Sharding	5	Schutz vor Datenverlust	Die Daten müssen Konsistent und schnell auf die Shards verteilt werden.	Eingetroffen	
Self Healing	6	Node stellt sich selber wieder her	Shard Node wird automatisch synchronisiert.	Eingetroffen	
Self Healing	7	Leader wird automatisch gesetzt	Leader wird entweder beibehalten oder wird neu gesetzt wenn ein Node zurückkehrt.	Eingetroffen	

Tabelle 3.15: Testresultate Evaluation StackGres - Citus

Die genauen Details sind im Anhang - StackGres - Citus Testing zu finden.

### 3.1.8.3 YugabyteDB

YugabyteDB funktionierte so weit:

Art	Test Case Nr.	Test Case	Erwartetes Ergebnis	Eingetretenes Ergebnis
Failover	1	Automatismus	Wird ein Node vom Netz genommen, muss es zu einem Rebalancing kommen.	Eingetroffen
Failover	2	Connection-Stabilität	Bestehende Connections dürfen nicht getrennt werden.	Eingetroffen
Failover	3	Geschwindigkeit	Der Failover muss so schnell stattfinden, damit offene Connections nicht wegen eines Timeouts geschlossen werden.	Eingetroffen
Sharding	4	Datenkonsistenz und Datenintegrität	Daten sind Konsistent und Inetger.	Eingetroffen
Sharding	5	Schutz vor Datenverlust	Die Daten müssen Konsistent und schnell auf die Tablets verteilt werden.	Eingetroffen
Self Healing	6	Node stellt sich selber wieder her	Tablet wird automatisch synchronisiert.	Eingetroffen

Tabelle 3.16: Testresultate Evaluation YugabyteDB

Was es aber bei einer Testinstallation zu prüfen gilt, ist die Zeiteinstellung.

Während des Testing kam es immer wieder vor, dass ein Node Probleme mit der Zeit bekam. Dies fiel immer dann auf, wenn ein Node (meistens `sks1184`), heruntergefahren und später rebooted wurde. Der Fehler trat auch erst auf, als die Nodes aus einem Grund aus einem Snapshot wiederhergestellt werden mussten. YugabyteDB stellt dann oft mehr als 500ms Zeitunterschied zwischen dem Tablet-Leader und dem Follower fest. Sobald dies zutrifft, ist der Server Node nicht mehr arbeitsfähig, da die Zeit für die Synchronisation der Daten benötigt wird [51]. Oft kam auch die Meldung, dass `chronyc` nicht mehr auf dem Pod installiert sei. Auf dem Servern scheinen die Zeiten aber synchron zu sein, eine genaue Ursache konnte nicht gefunden werden. Eine mögliche Ursache ist eine unsaubere Konfiguration von `rke2`.

Der Beschrieb, wie sich der Fehler dann äussert, ist hier im Anhang - YugabyteDB Testing zu finden.

### **3.1.9 Gegenüberstellung der Lösungen**

#### **3.1.9.1 Benchmarking - Vorgehen**

##### **3.1.9.1.1 YugabyteDB**

Zuerst muss die Datenbank erstellt und die Tablespaces erzeugt werden, die genauen Schritte sind im Anhang - YugabyteDB Benchmark SQL zu finden. Anschliessend muss pro Lauf erst initialisiert werden, dann kann mit dem eigentlichen Benchmarking gestartet werden. Alle Benchmarking-Commands sind im Anhang - YugabyteDB Benchmarking Commands zu finden.

##### **3.1.9.1.2 Patroni**

Als die 250GiB DB getestet wurde, zeigte sich, dass die Parameter nicht darauf optimiert waren. Die Standby-Server konnten die WAL-Files nicht mehr abarbeiten, so stauten sich auf dem primären Node die Files und die Disk lief jeweils voll. Es wurde an verschiedenen Stellschrauben geschraubt, etwa an der Anzahl Worker, der Grösse der WAL-Files und anderen. Mit den Anpassungen wurde die Datenmenge gestemmt.

Filesystem und Cluster mussten beim Initialisieren der letzten Benchmarks permanent überwacht werden. Dafür wurden folgende Commands verwendet:

```
1 watch --interval=30 df -h --human-readable
2 watch --interval=30 du -h --human-readable /srv/data/
3 watch --interval=30 patronictl -c /etc/patroni/config.yml list
```

Listing 3.26: Patroni - Benchmarking - Monitoring

Alle Benchmarking-Commands und SQLs zur Ermittlung der Grösse sind im Anhang - Patroni Benchmarking Commands zu finden.

##### **3.1.9.1.3 StackGres - Citus**

Beim Benchmarking zeigten sich die Grenzen des Citus Shardings. Bereits beim Lesen der Anleitung fiel auf, dass für das Sharding der Tabellen pgbench\_branches und pgbench\_tellers jeweils neu initialisiert wurde [52]. Das hat einen besonderen Grund. Wenn die Tabellen mit Hilfe von des SELECT-Statements create\_distributed\_table, einem Sharding unterzogen werden sollen, kommt es zu einer Fehlermeldung. Die Shards würden mit folgenden SQL-Statements erzeugt:

```
1 SELECT create_distributed_table('pgbench_branches', 'bid');
2 SELECT create_distributed_table('pgbench_tellers', 'tid');
3 SELECT create_distributed_table('pgbench_accounts', 'aid');
4 SELECT create_distributed_table('pgbench_history', 'aid');
```

Listing 3.27: Citus - Benchmarking - Distributed Table Sharding

Ursache ist, dass eine Distributed Table keine Foreign Key Constraints erlaubt. pgbench erzeugt aber gleich mehrere davon:

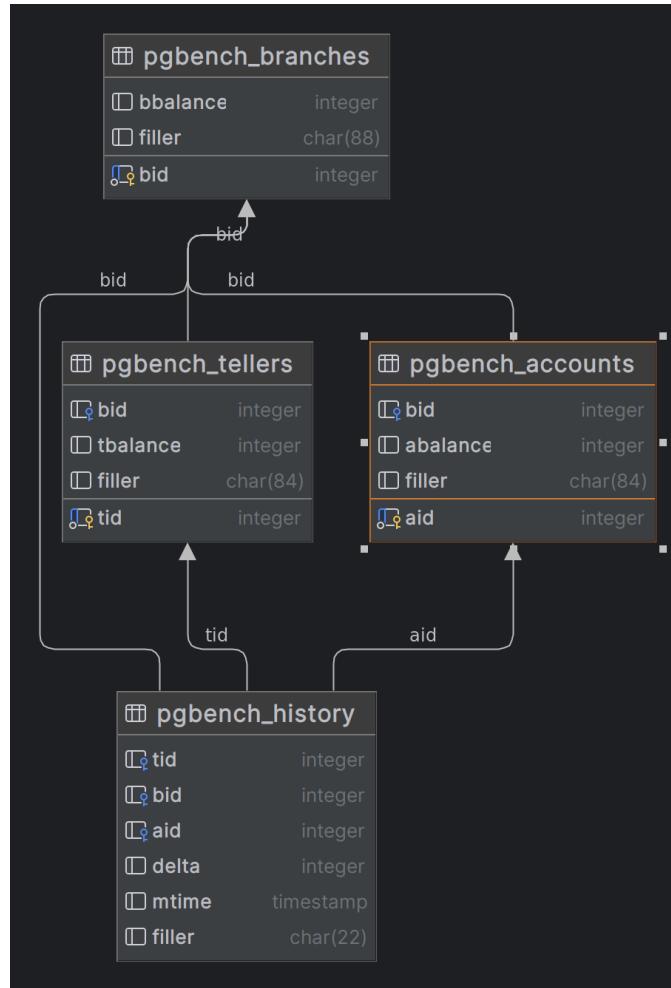


Abbildung 3.41: Benchmarking - ERD pgbench

Ein Schema-Based Sharding ist nicht möglich, da pgbench nur die DB als Parameter übernimmt. Die Tabellen werden zudem immer dropped, bevor sie neu erzeugt und gefüllt werden, das Sharding kann daher nur im Nachgang gemacht werden.

Die Lösung für das Benchmarking bestand also darin, sogenannte Reference Tables zu erstellen:

```

1 SELECT create_reference_table('pgbench_branches');
2 SELECT create_reference_table('pgbench_tellers');
3 SELECT create_reference_table('pgbench_accounts');
4 SELECT create_reference_table('pgbench_history');
  
```

Listing 3.28: Citus - Benchmarking - Reference Table Sharding

Referenzierte Tabellen werden auf alle Shards repliziert und erfüllen somit die Anforderung an das Sharding. Diese Art des Sharding wäre allerdings nur für kleinere Tabellen, Multi-Tenant Sharding (wenn Tabellen bei allen Tenants verfügbar sein sollen), Tabellen, die mit verschiedenen Distributed Tables gejoint werden oder wenn eben, wie in unserem Fall, Foreign-Key Constraints im Spiel sind [53].

Aber auch in diesem Fall muss das Sharding im Nachgang des pgbench-Init's gemacht werden. Bei den kleinen Tabellen geht das relativ flott, doch gerade bei der Tabelle pgbench\_accounts dauert es sehr

lange. Lang genug, dass eine eigene Betrachtung beim Benchmarking angezeigt wurde. Leider zeigte sich auch bei den mixed-Benchmarks anders als bei den gql-Benchmarks, dass diese Art des Sharding nicht sehr performant ist.

Wie bei Patroni und YugabyteDB auch, musste für den letzten Benchmark die StorageClass auf die neue Disk verlegt werden. Aber anders als bei YugabyteDB reichten 250GiB nicht mehr, wie bei Patroni lag die Ursache beim Generieren der Primary- und Foreign-Keys.

Es zeigte sich aber auch rasch, dass der Coordinator die gleiche Grösse annahm wie die Shard-Pods. Das führte dazu, dass beim letzten Benchmark nur noch 2 Shard-Instanzen deployt werden konnten, da sonst bei jeder Disk nochmals mindestens 350GiB hinzugefügt hätte werden müssen (da sich der Coordinator den Node mit einem Shard geteilt hätte und der Coordinator auf jedem Node erscheinen könnte). Es hätten also für die Evaluation 3 x 700GiB (plus noch 3 x 50GiB für den Rest), sprich 3 x 750GiB, allokiert werden müssen. Auf diesen Mehraufwand wurde verzichtet, um das SAN und somit das Daily Business nicht zu stark zu belasten.

Allerdings war es nicht möglich, die Shards mit rund 250GiB auszuführen. Trotz grösserer Disk und mehr Ressourcen auf den Shards und Coordinators brach das Sharding der Tabelle pgbench\_accounts immer ab. Die PostgreSQL-Instanz wurde optimiert, das heisst, es wurden so viele Parameter wie möglich der Patroni-Evaluation gesetzt, allerdings gab es von seitens StackGres Einschränkungen. Das SQL lief für jeweils knapp 13 Minuten, ehe es zu einem Disconnect im Java-Code von einem der beiden Shards kam. Die Vermutung liegt nahe, dass es ein Memory-Leak im Code gibt, s lassen sich aber nicht genug Informationen aus den Logs gewinnen, um die Fehlerursache und eine mögliche Lösung zu finden.

 Aufgrund von diesem Fehler ist das Benchmarking für StackGres unvollständig.

Alle Benchmarking-Commands und SQLs zur Ermittlung der Grösse sind im Anhang - StackGres - Citus Benchmarking Commands zu finden.

### 3.1.9.2 Benchmarks

Der Vergleich zwischen den verschiedenen Varianten.

Bei den Transaktionen pro Sekunden gilt, je höher der Wert, umso besser das Ergebnis.

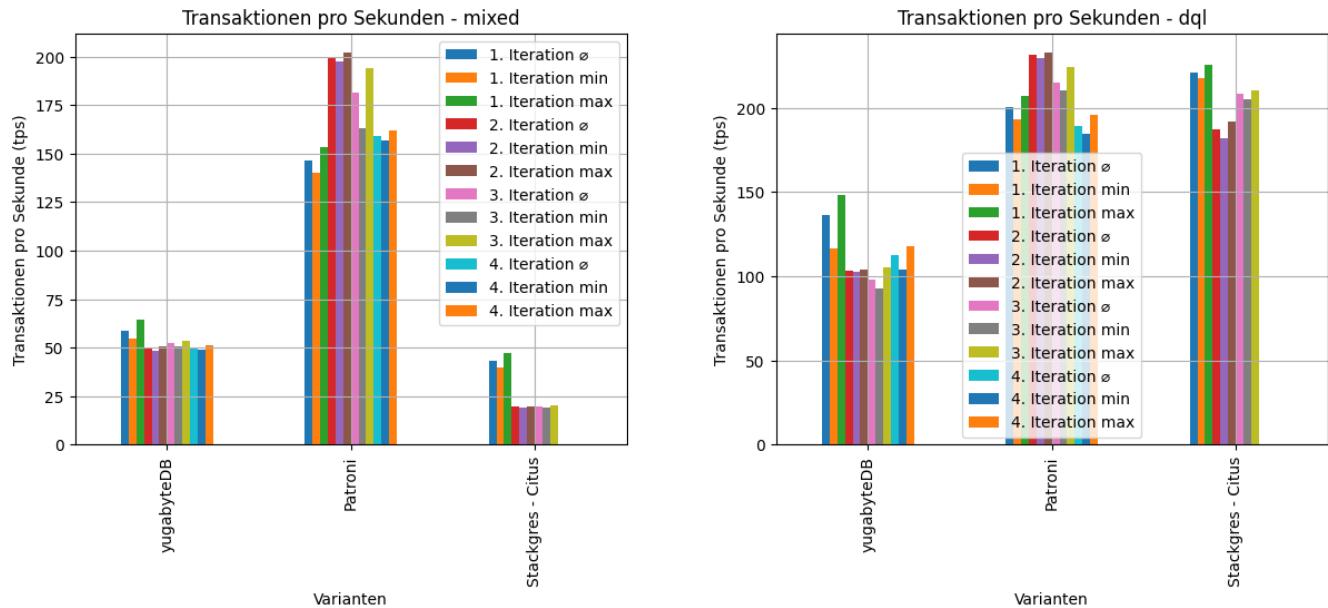


Abbildung 3.42: Benchmarks - tps

Bei der Latenz ist es genau andersrum, je höher der Wert, desto schlechter schnitt die Variante ab.

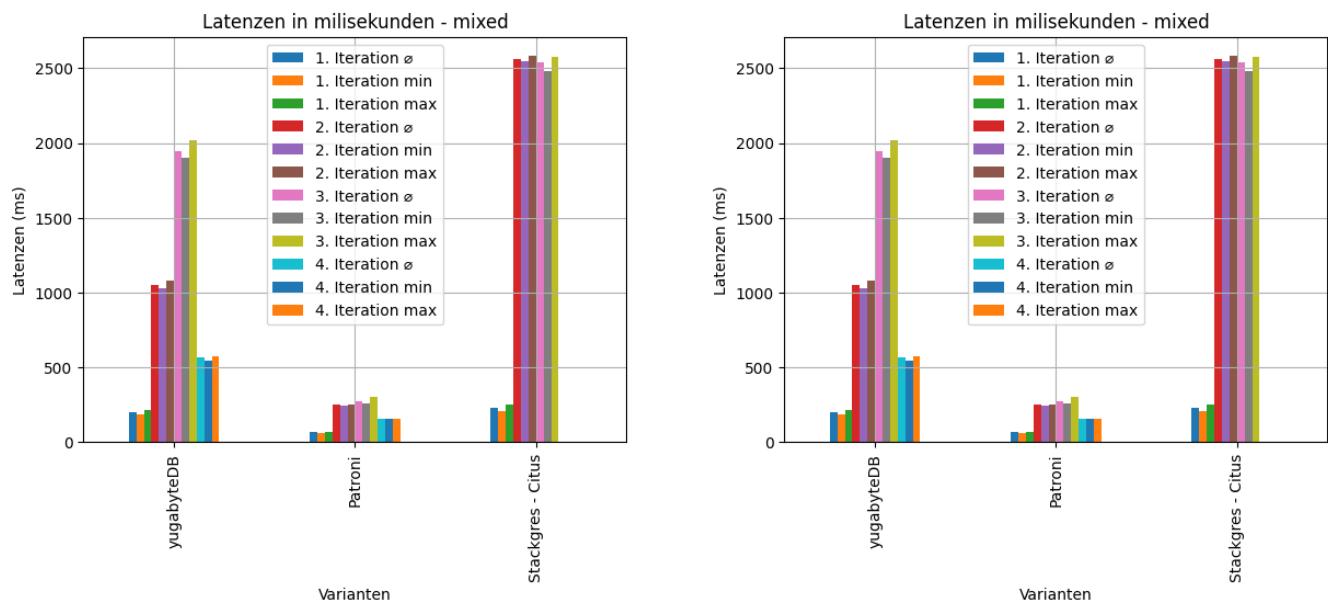


Abbildung 3.43: Benchmarks - latency

Die ersten beiden Läufe mit Patroni wurde erst nur mit der asynchronen Standard-Replikation von Patroni vorgenommen. Später wurden die Benchmarks mit der synchronen Replikation wiederholt.

Daraus ergab sich die Möglichkeit, beide Methoden direkt zu vergleichen:

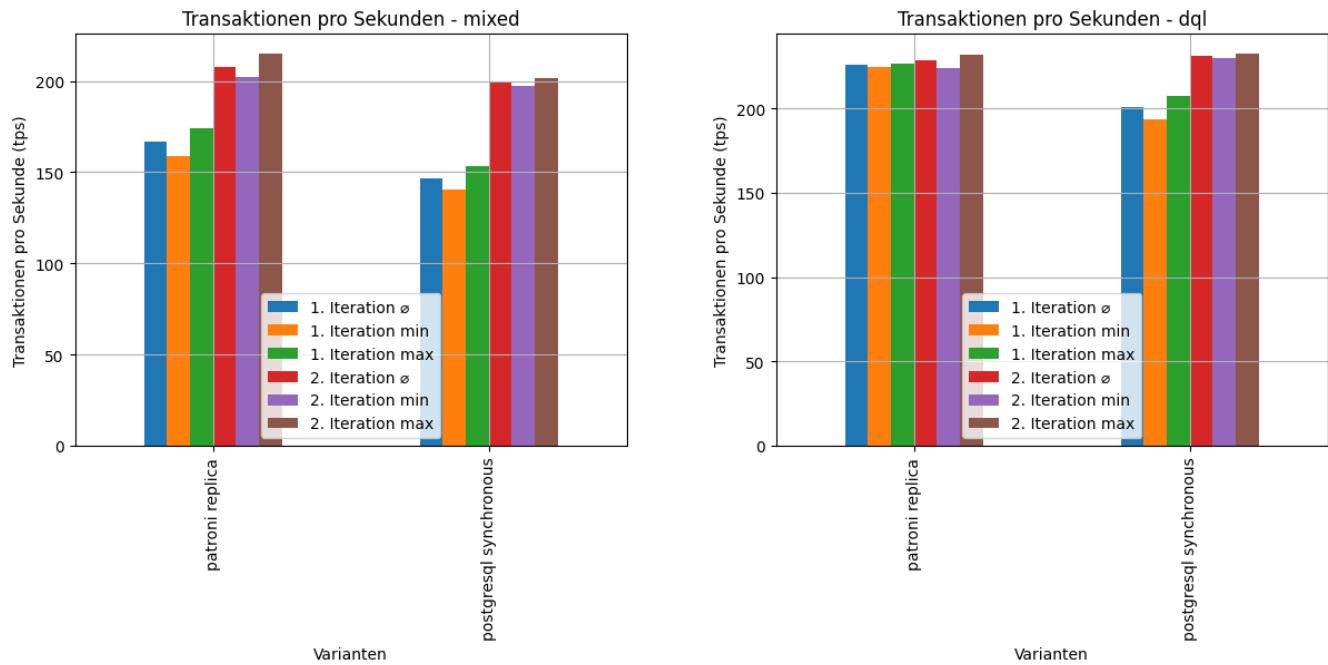


Abbildung 3.44: Benchmarks - tps Patroni Replica

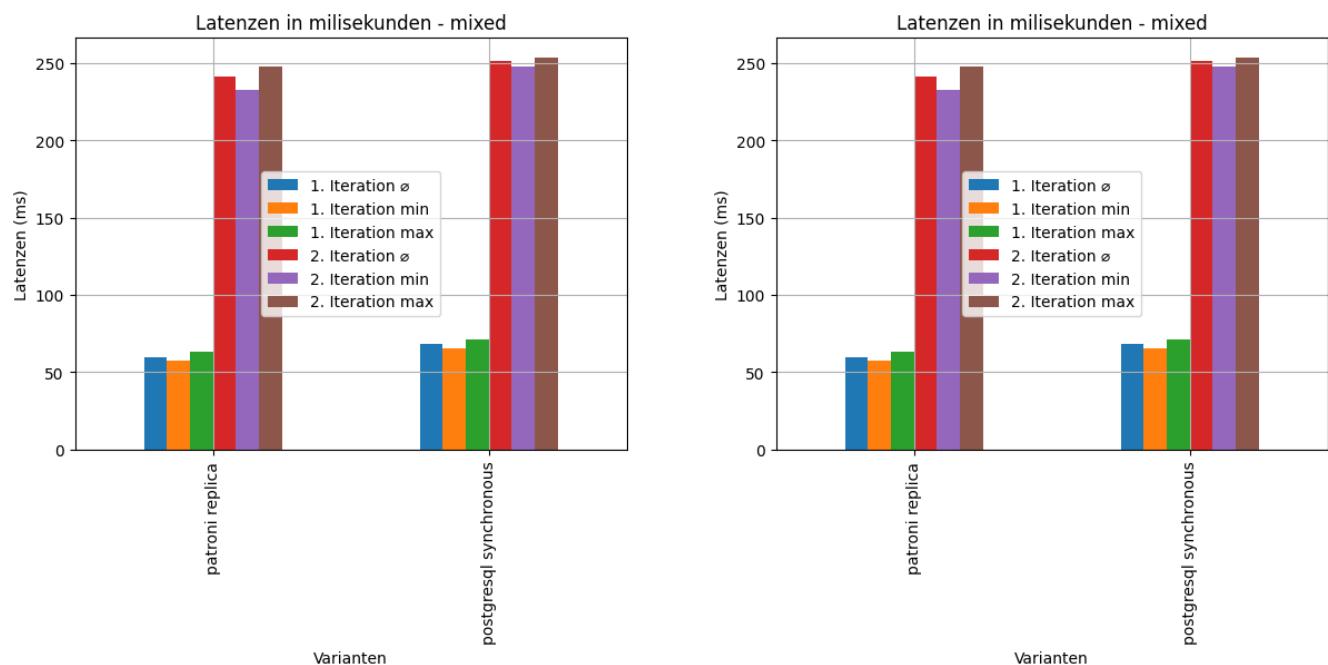


Abbildung 3.45: Benchmarks - latency Patroni Replica

Die asynchrone Replikation ist dabei ein klein wenig schneller als die synchrone Replikation.

Ein weiterer Benchmark sind die Fehler, die bei den DML-Transaktionen beim mixed-Benchmark auftreten können.

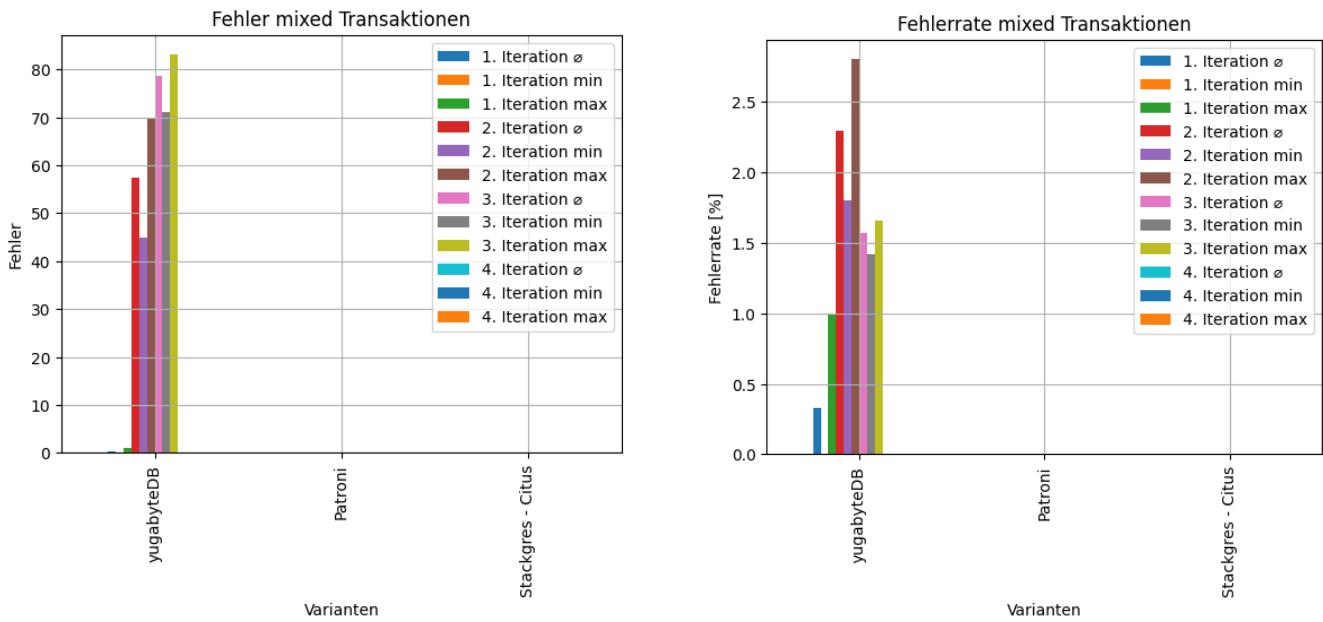


Abbildung 3.46: Benchmarks - Fehler bei mixed-Transaktionen

Ebenfalls ein wichtiger Benchmark ist die Zeit, die benötigt wird, um mit Hilfe von pgbench initialisiert die Tabellen zu erstellen.

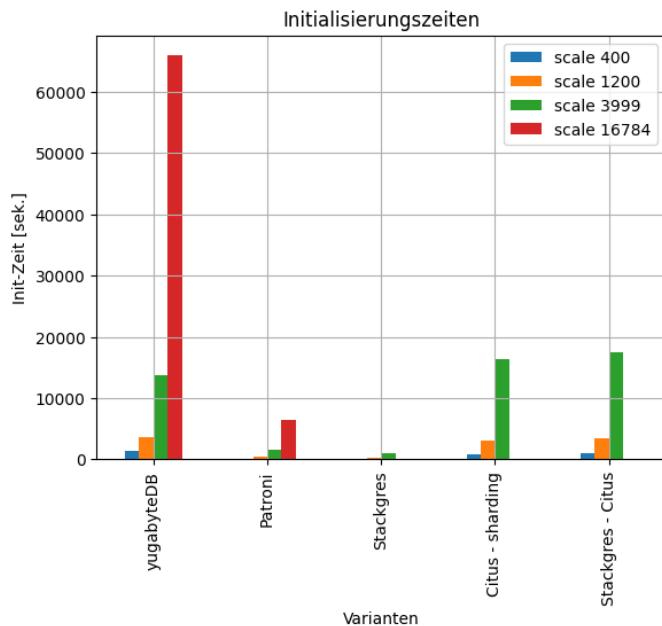


Abbildung 3.47: Benchmarks - Initialisierungszeit - Sekunden

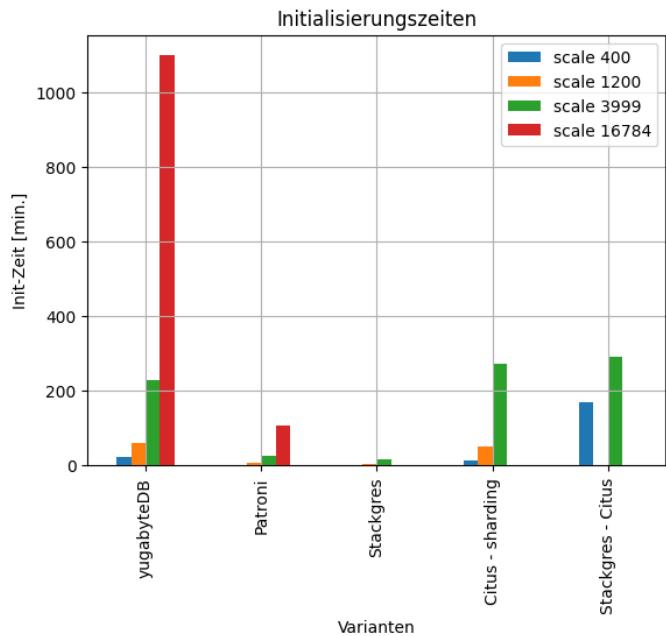


Abbildung 3.48: Benchmarks - Initialisierungszeit - Minuten

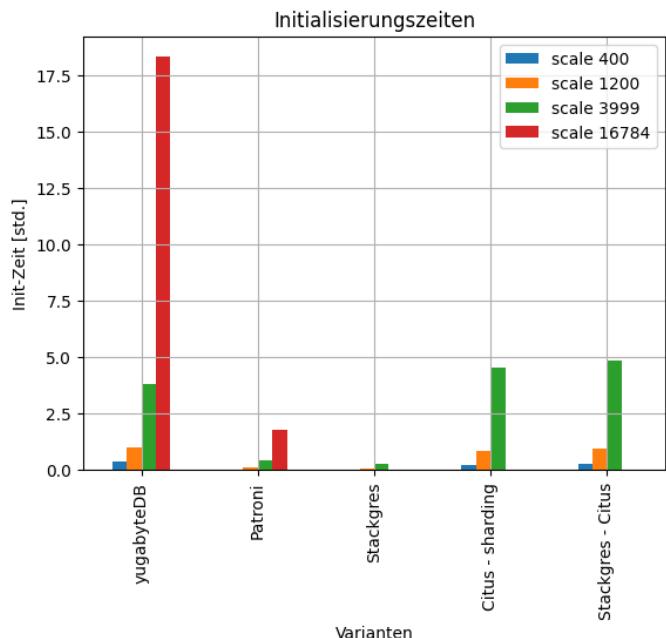


Abbildung 3.49: Benchmarks - Initialisierungszeit - Stunden

Dabei fällt auf, mit Patroni werden die Tabellen am schnellsten geladen. StackGres selber generiert ebenfalls wesentlich schneller als YugabyteDB. Werden dann aber die Tabellen in Shards aufgeteilt, verändert sich die Initialisierungszeit zuungunsten von StackGres - Citus.

### 3.1.9.2.1 Gegebene Parameter und Annahmen

Es wird mit fünf Jahren gerechnet. Daher werden also die Zeitaufwände der Betriebstasks pro Jahr berechnet und mit fünf multipliziert. Folgende getroffenen Annahmen und Parameter sind gesetzt:

Variable	Wert	Beschreibung / Begründung
Anzahl betrachtete Jahre	5	
Anzahl Switchovers pro Jahr	10	Alle zwei Monate wird am KSGR ein Reboot der Linux Server für das Patching vorgenommen.
Anzahl Node Recoveries pro Jahr	5	Mindestens zweimal wird ein Failover Test gefahren. Mit drei weiteren Failovers wird gerechnet.
Anzahl Backup Restores pro Jahr	5	Mindestens vier Restore Tests müssen gefahren werden. Mit einem ungeplanten Restore wird gerechnet.
Anzahl Quorum erweiterungen pro Jahr	1	Es wird mit nur einer Erweiterung pro Jahr gerechnet.
Stundensatz ICT KSGR [CHF]	120	

Tabelle 3.17: Kostenberechnung - Annahmen

### 3.1.9.2.2 Varianten

Patroni wurde in zwei Varianten aufgeteilt. Einmal die Vanilla-Version, die manuell aufgesetzt und verwaltet wird. Also so wie es bei der Evaluation gemacht wurde.

Es gibt allerdings ein GitHub-Repository, welches die ganze Installation in Ansible-Playbooks verpackt hat. Der ganze Prozess wurde analysiert und die Aufwände auch für diese Variante geschätzt. An der Punkteverteilung ändert sich entsprechend nichts, da die Architektur die gleiche ist, nämlich `vitabaks/postgresql_cluster` [30]. Diese Variante wird nachfolgend Patroni - `postgresql_cluster` oder vereinfacht nur `postgresql_cluster` genannt.

### 3.1.9.2.3 Zeitvergleiche

Die Zeiten wurden entsprechend den Erfahrungen mit den drei evaluierten Systemen geschätzt.  
Folgende Aufwände wurden gemessen, geschätzt und extrapoliert:

Phase	Subphase	Patroni - vanilla	Patroni - postgresql-cluster	StackGres - Citus	YugabyteDB
Initialer Aufwand	Basisinstallation	5	6	4	5
	Basiskonfiguration	5	5	5	5
	Backup Konfiguration	1	1	1	2
Security Aufwand	Monitoring Konfiguration	2	2	2	2
	private container registry Integration	0	0	1	1
	PKI Integration	3	3	3	3
Erweiterungsaufwand	Automatisierung Backup	1	1	4	4
	Automatisierung Skalierung	8	4	8	2
	Self-Healing	8	4	16	0
Operationsaufwand / Pro Aktion	Auto-Recovery	8	4	16	2
	DB Self-Service	16	16	16	16
	Switchover	1	0.5	1	0
Operationsaufwand / 5 Jahre	Node Recovery	2	1	4	1
	Backup Recovery	2	1	2	1
	Quorum erweitern	6	4	1	1
Operationsaufwand / 5 Jahre	Switchover	50	25	50	0
	Node Recovery	50	25	100	25
	Backup Recovery	50	25	50	25
Gesamtaufwand		129.75	105.75	204.5	122

Tabelle 3.18: Gemessene und extrapolierte Aufwände

Die Aufwände für die Betriebstasks wie das Erweitern des Quorums, das Wiederherstellen von Nodes und dem Recovery wurde wie folgt geschätzt:

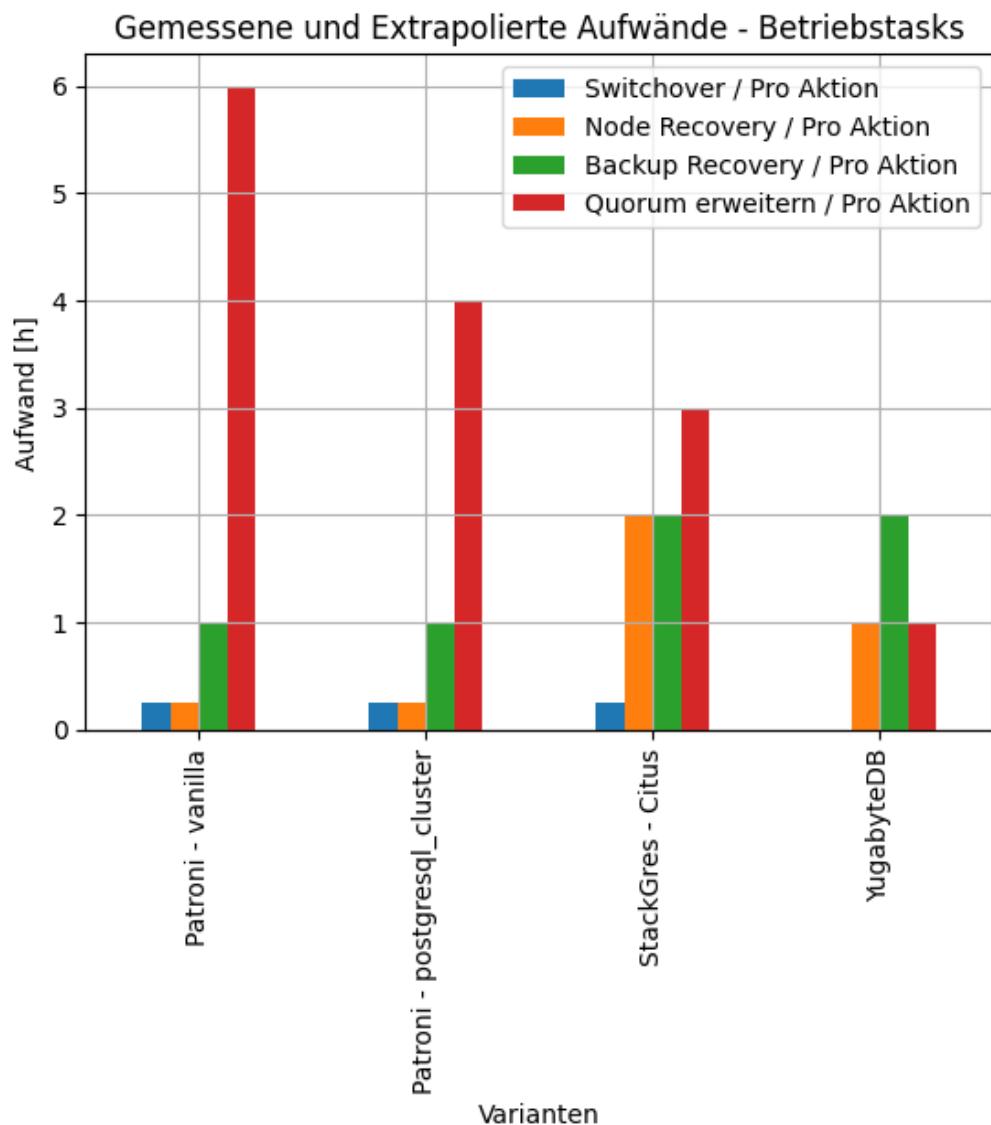


Abbildung 3.50: Zeitaufwände pro Betriebstask

Daraus ergeben sich folgende gesamten Zeitaufwände, wenn sie auf 5 Jahre extrapoliert werden:

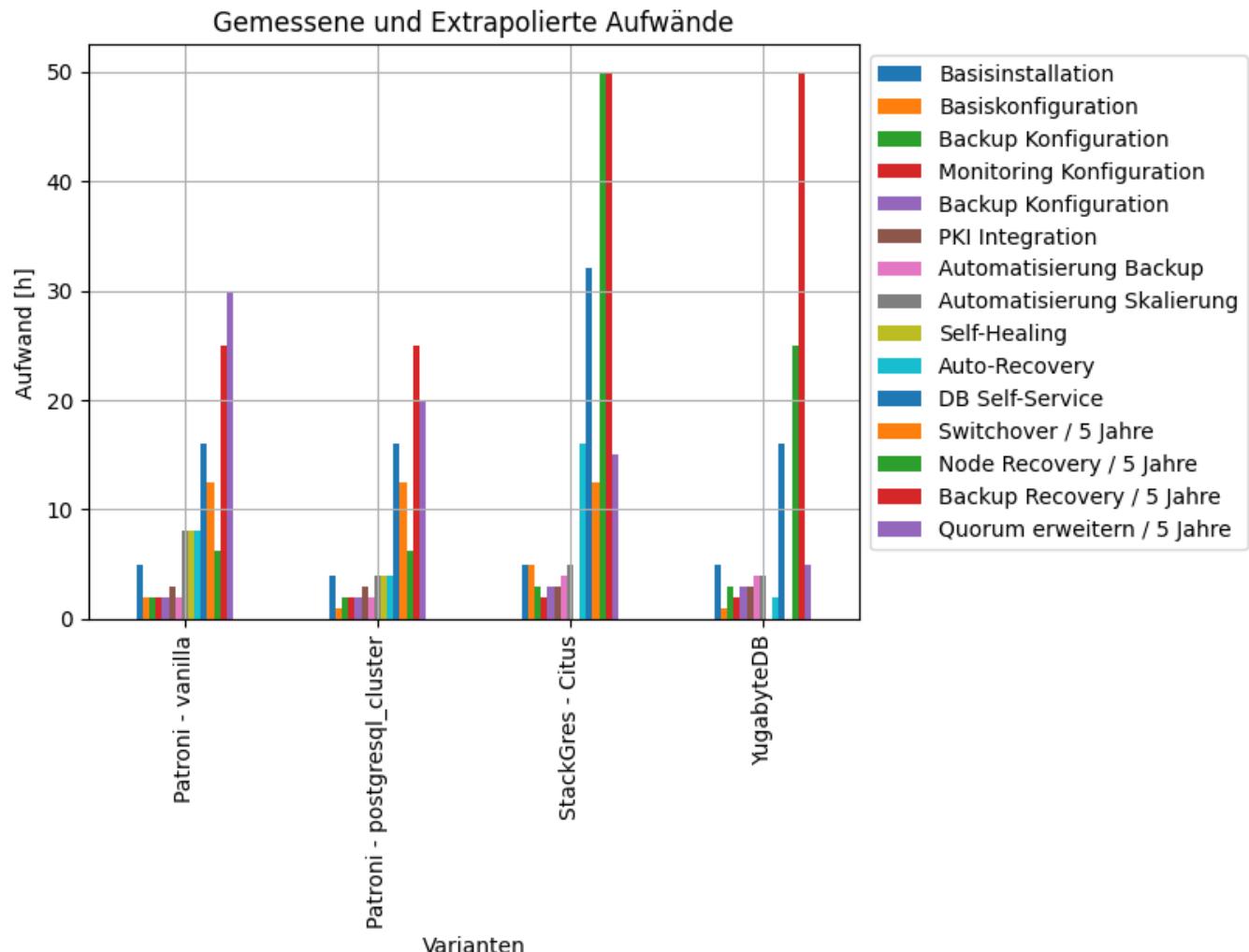


Abbildung 3.51: Zeitaufwände

In der Summe müssen für die jeweiligen Varianten also mit folgenden Aufwänden gerechnet werden:

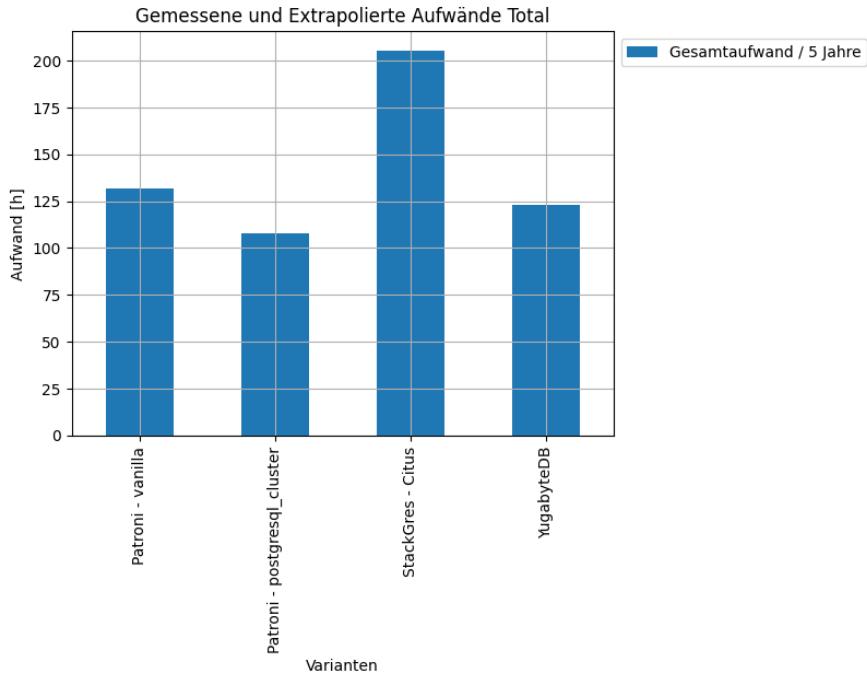


Abbildung 3.52: Zeitaufwände summiert

### 3.1.9.2.4 Kostenvergleiche

Die Kostenhochrechnung ist simpel.

Da der Stundenansatz in der ICT 120 Franken pro Stunde beträgt, wurden die Zeiten einfach mit 120 multipliziert.

Für die Betriebstasks wurden daher mit folgenden Kosten gerechnet:

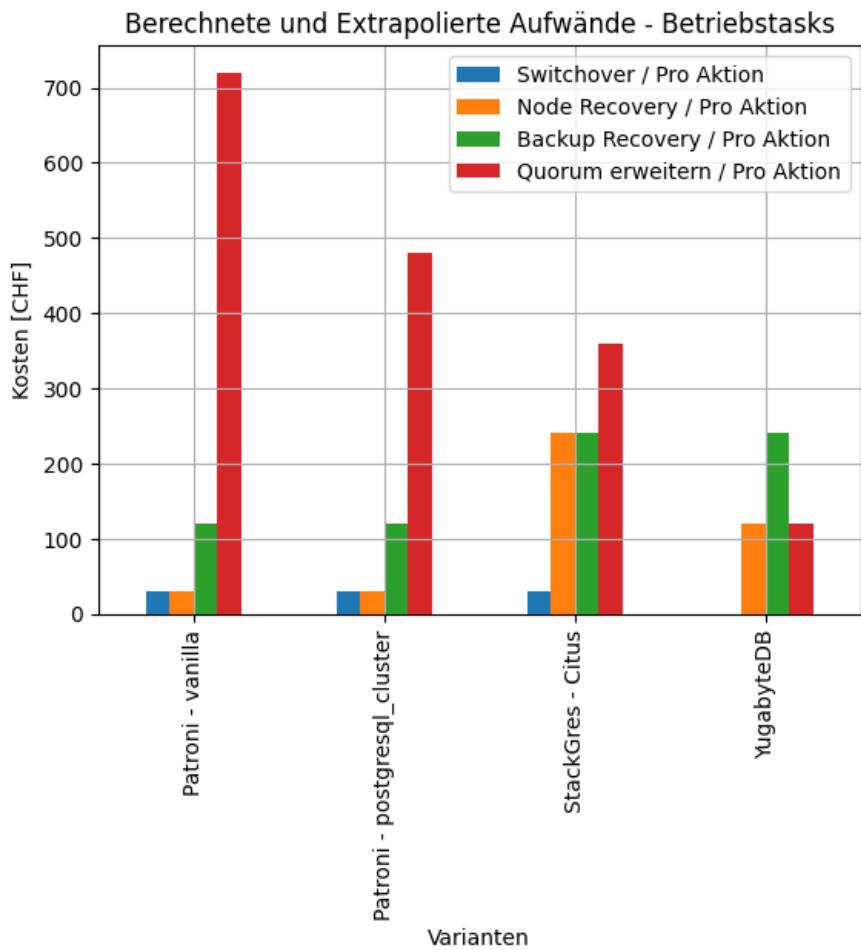


Abbildung 3.53: Kostenaufwände pro Betriebstask

Anhand der Aufwände wurden die Kosten geschätzt und extrapoliert:

Phase	Supphase	Patroni - vanilla	Patroni - postgresql-cluster	StackGres - Citus	YugabyteDB
Initialer Aufwand	Basisinstallation	600	720	480	600
	Basiskonfiguration	600	600	600	600
	Backup Konfiguration	120	120	120	240
Security Aufwand	Monitoring Konfiguration	240	240	240	240
	private container registry Integration	0	0	120	120
	PKI Integration	360	360	360	360
Erweiterungsaufwand	Automatisierung Backup	120	120	480	480
	Automatisierung Skalierung	960	480	960	240
	Self-Healing	960	480	1920	0
Operationsaufwand / Pro Aktion	Auto-Recovery	960	480	1920	240
	DB Self-Service	1920	1920	1920	1920
	Switchover	120	60	120	0
Operationsaufwand / 5 Jahre	Node Recovery	240	120	480	120
	Backup Recovery	240	120	240	120
	Quorum erweitern	720	480	120	120
Gesamtaufwand	Switchover	6000	3000	6000	0
	Node Recovery	6000	3000	12000	3000
	Backup Recovery	6000	3000	6000	3000
	Quorum erweitern	3600	2400	600	600
	Gesamtaufwand	15570	12810	24300	14400

Tabelle 3.19: Gemessene und extrapolierte Kosten

Entsprechend ist auf fünf Jahre mit folgenden Kosten zu rechnen:

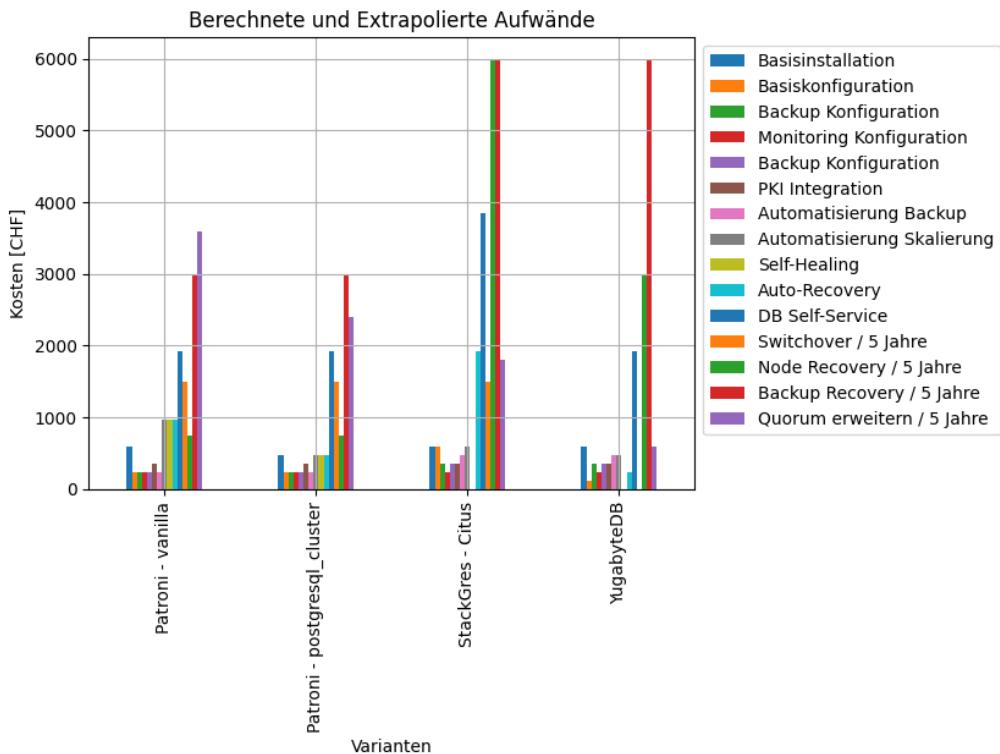


Abbildung 3.54: Kostenaufwände

Die totalen geschätzten Kosten würden sich im Vergleich wie folgt entwickeln:

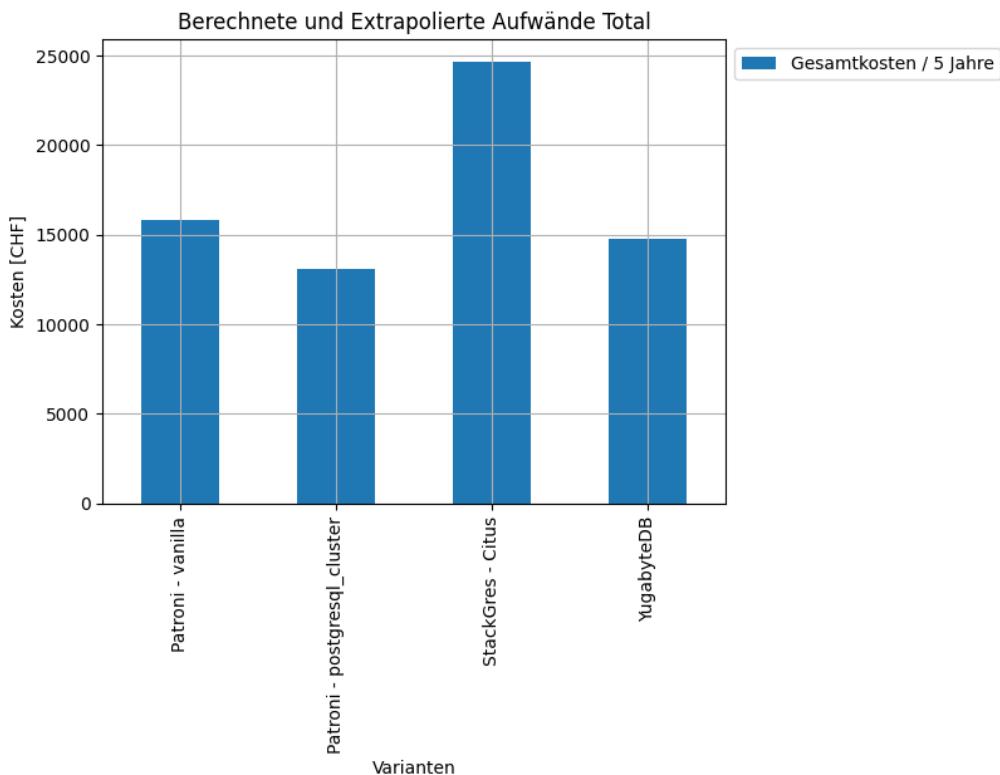


Abbildung 3.55: Kostenaufwände Total

### 3.1.9.3 Kosten-Nutzen

Patroni, in seinen beiden Ausprägungen als normales Patroni und mit dem postgresql\_cluster-Ansible GitHub-Repository ist klar die beste Variante:

		Patroni - vanilla			YugabyteDB			StackGres - Citus			Patroni - postgresql_cluster		
Ziele / Kriterien	Gewicht	Notiz	Punkte	Produkt	Notiz	Punkte	Produkt	Notiz	Punkte	Produkt	Notiz	Punkte	Produkt
1 Systemvielfalt	125		3	375		3	375		3	375		3	375
2 Synergien	117	StackGres	3	350	Keine Synergien möglich	0	0	Patroni	3	350		3	350
3 Failover	108	Kein Pooler	2	217		3	325		1	108		2	217
4 Switchover	100	Kein Pooler	2	200		3	300		2	200		2	200
5 Restore	92		2	183		3	275		3	275		2	183
6 Replikation	83		3	250		3	250	Performance	2	167		3	250
7 Sharding	25	Kein Sharding möglich	0	0		3	75	Nur mit Zweck-entfremdung möglich	2	50	Kein Sharding möglich	0	0
8 Quorum	67		3	200		3	200		3	200		3	200
9 Connection	58		3	175		3	175	Cluster / DB Passwort	2	117		3	175
10 Management- API	33		3	100		3	100		3	100		3	100
11 Backup	58		3	175	Eigenes Backup Tooling	1	58	Eigenes Backup Tooling Klassisches Veeam eher schwierig	1	58		3	175
12 Housekeeping - Log Rotation	8		3	25		3	25		3	25		3	25
13 Self Healing	8		2	17		3	25		2	17		2	17
14 Monitoring - Node Failure	50		3	150		3	150		3	150		3	150
15 Maintenance Quality	8		3	25		1	8		2	17		3	25
16 Performance	58		3	175		2	117		1	58		3	175
				2442			2342			2208			2442
		berechnete Felder				Rang 1				Rang 3			
		Zellbezüge				Rang 4				Rang 4			
		Eingabefelder				Rang 1				Rang 1			

Abbildung 3.56: Kosten-Nutzen-Analyse

Bei den Kosten zeigt sich, dass die Patroni-Variante postgresql\_cluster klar am günstigsten kommt. Dies resultiert auf den tiefen Installationskosten und der schnellen Erweiterungen.

Da, das Repository schon einiges an Ansible-Playbooks mitbringt, ist auch der Erweiterungsaufwand gering.

YugabyteDB liegt auf Platz zwei, gefolgt vom klassischen (Vanilla)-Patroni.

Auf dem letzten Platz landet StackGres - Citus, dies weil die Erstellung eines Clusters sehr viel Zeit benötigt.

	Patroni - vanilla	YugabyteDB	StackGres - Citus	Patroni - postgresql_cluster
1 Kosten	15'570.00	14'400.00	24'300.00	12'810.00
2 Nutzwert (Punkte)	2442	2342	2208	2442
	6.38	6.15	11.00	5.25
	Rang 3	Rang 2	Rang 4	Rang 1

Abbildung 3.57: Kosten-Nutzen-Ranking

Daraus ergibt sich folgendes Kosten-Nutzen-Diagramm:

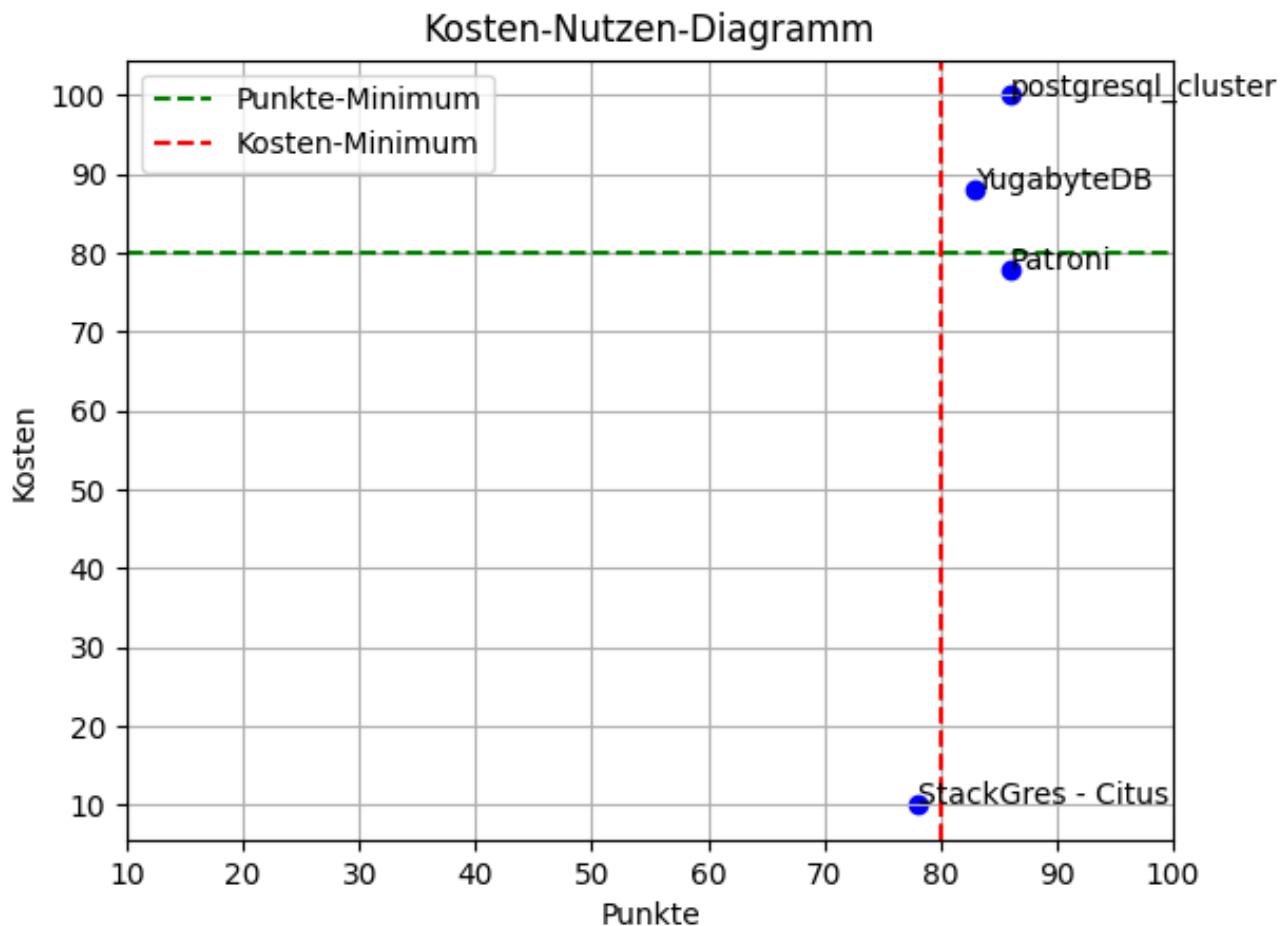


Abbildung 3.58: Kosten-Nutzen-Diagramm

StackGres - Citus scheidet direkt aus, da es nur 77% der geforderten Punktezahl erreicht.  
Aber auch das klassische Patroni scheidet aus,  
dies, weil die Kosten im Verhältnis zur besten Variante (postgresql\_cluster) ebenfalls unter der 80-Prozent-Marke liegt.

### **3.1.10 Entscheid**

Anhand der Kosten-Nutzen-Analyse steht die Entscheidung fest. Patroni wird mit der Variante `postgresql_cluster` als Testsystem aufgebaut.

Die Umsetzung der Cloud Native Lösung, in diesem Fall YugabyteDB, muss verschoben werden. Dem Kubernetes-Testsystem des KSGR fehlt zum Einen noch eine notwendige interne Komponente zur Freigabe, zum Anderen fehlen für den sauberen Betrieb die externen Systeme wie der PKI oder dass SIEM (welches aber in den nächsten Wochen eingeführt wird).

## **3.2 Aufbau und Implementation Testsystem**

### **3.2.1 Architektur**

Das Testsystem wird mit Patroni umgesetzt.

Dabei werden folgende Komponenten eingesetzt:

Aufgabe	System
Orchestrator	Patroni
Proxy	Haproxy
Connection Pooler	PgBouncer
DCS	etcd

Tabelle 3.20: Testsystem - Komponenten

Entsprechend sieht das Architektschema aus:

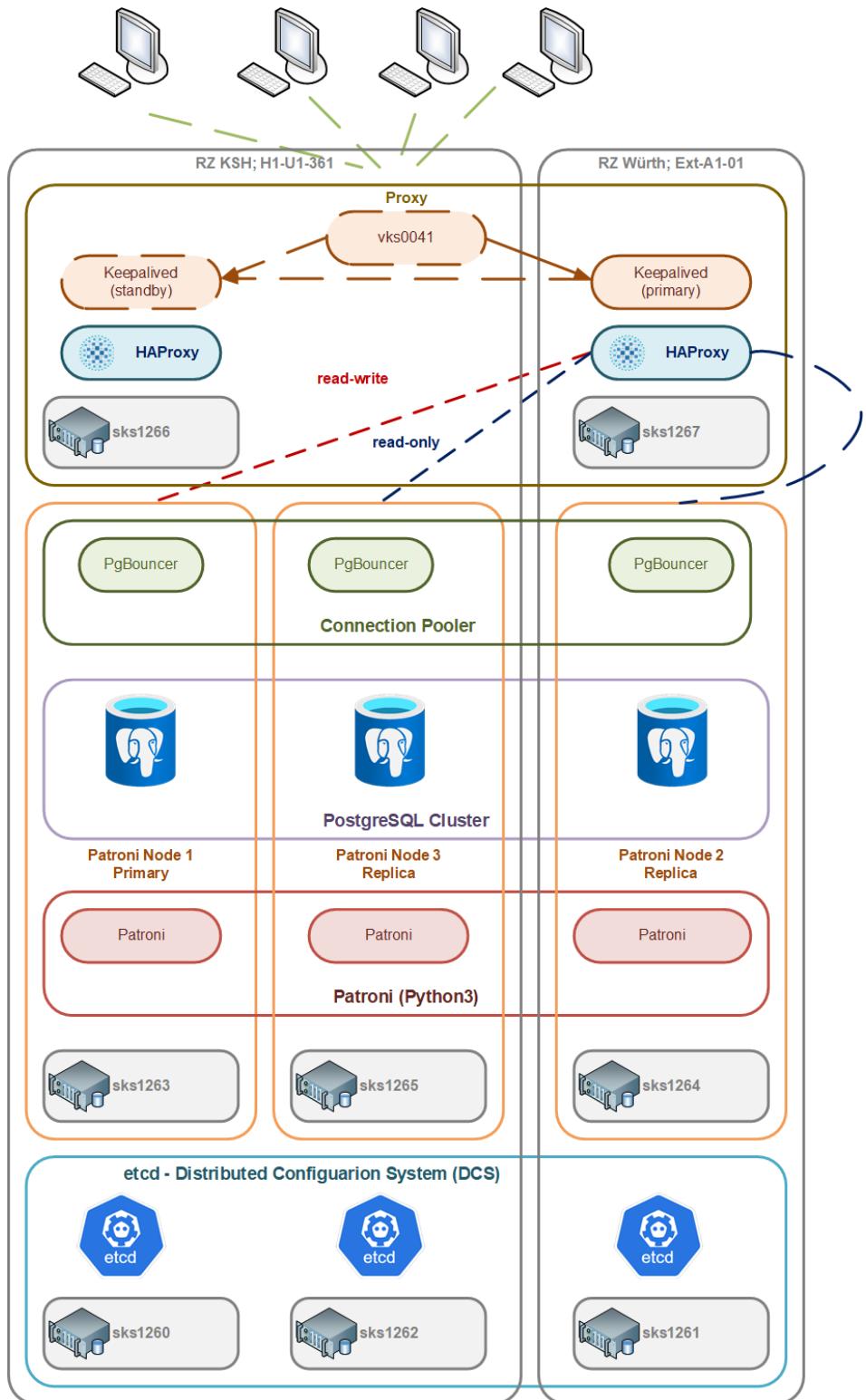


Abbildung 3.59: Testsystem - Architektur

vitabacks / postgresql\_cluster hat eine Schwachstelle.

Der Connection Pooler ist nicht auf dem Level des Proxy, sondern auf dem Patroni Node.

Das Resultat bei einem Node Failure ist zwangsläufig, dass die Connections bei einem Switchover / Failover unterbrochen werden.

Sollte die Applikation nicht fähig sein, die Connection zu halten und innerhalb eines Time-outs reconnecten zu können,  
kommt es zu einem Finalen Disconnect.

Ohne weiteres lässt sich der Connection Pooler aber nicht auf den Proxy-Server verschieben, zu tief müsste in den Code eingegriffen werden.

### 3.2.2 Bereitstellen der Grundinfrastruktur

Folgende Server wurden mit Hilfe von Foreman deployt:

Server	Typ	Funktion	Full Qualified Device Name	Domain	IP
sks1260	Monolith	etcd Node 1	sks1260.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.170
sks1261	Monolith	etcd Node 2	sks1261.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.171
sks1262	Monolith	etcd Node 3	sks1262.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.172
sks1263	Monolith	Database Node 1	sks1263.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.173
sks1264	Monolith	Database Node 2	sks1264.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.174
sks1265	Monolith	Database Node 3	sks1265.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.175
sks1266	Monolith	Pooler / Proxy Node 1	sks1266.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.176
sks1267	Monolith	Pooler / Proxy Node 2	sks1267.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.177
vks0041	Monolith	VirtualIP	vks0041.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.178

Tabelle 3.21: Testsystem - Inventar

Um die Erweiterungstests fahren zu können und überhaupt Ansible Playbooks ohne die Red Hat Ansible Automation Platform deployen zu können,  
musste Ansible auf einem separaten Host installiert werden.

Auch wurde ein Server benötigt, mit dem zuerst ein weiterer HAProxy und später Patroni Node hinzugefügt werden konnte.

Server	Funktion	Full Qualified Device Name	Domain	IP
sks1000	Ansible Host	sks1000.sivc.first-it.ch	sivc.first-it.ch	10.0.20.43
sks9016	HAProxy- und Patroni Node	sks9016.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.28.16

Tabelle 3.22: Testsystem - Auxiliar Inventar

### 3.2.3 Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster

vitabacks / postgresql\_cluster GitHub Repository hat zwei zentrale Komponenten.

Das eine ist das Inventory-File, welches die IP-Adressen und Hostnamen der Server beinhaltet.  
Dabei ist zu beachten, dass die Host-Einträge überschrieben werden, wenn `hostname=<hostname>` eingetragen wird.

Was entsprechend zu Problemen mit den DNS-Einträgen, dem Active Directory oder anderen Komponenten führen kann.

Die zweite zentrale Komponente ist das `main.yml`-File.

Über dieses YAML-File werden alle Aspekte des Patroni-Clusters einstellen.

Für dieses Testsystem zentrale Konfigurationsabschnitte waren:

### **Clustername**

Der Clustername lautet «k8s-core-psql».

Dazu muss folgender Eintrag gesetzt werden: `patroni_cluster_name: "k8s-core-psql"`

### **DCS-Typ**

Es stehen etcd oder Consul zur Auswahl, entsprechend wird etcd ausgewählt.

Es könnten auch bestehende etcd-Nodes verwendet werden.

### **Load Balancing**

Grundsätzlich funktionierte der Cluster auch ohne Load Balancer.

Um die Ziele zu erfüllen muss in diesem Fall HAProxy als Load Balancer eingesetzt werden.

### **Virtual IP**

Auch kann definiert werden ob eine Virtuelle IP verwendet wird.

Ohne Load Balancer würde die virtuelle IP dem Primary Patroni Node zugewiesen.

### **Connection Pooler**

PgBounder kann aktiviert oder deaktiviert werden, entsprechend wurde dieser aktiviert.

Die Konfiguration wurde belassen.

Ein anderer Connection Pooler steht nicht zur Verfügung.

### **PostgreSQL - User**

Alle notwendigen User können bereits definiert werden.

### **PostgreSQL - Datenbanken**

Selbiges gilt für die Datenbanken.

Folgende Datenbanken wurden eingetragen:

- **k8s\_core\_gitlab\_prod**

Leere DB Hülle für die GitLab Datenbank

- **k8s\_core\_harbor\_prod**

Leere DB Hülle für die Harbor Datenbank

- **k8s\_core\_keycloak\_prod**

Leere DB Hülle für die Keycloak Datenbank

- **gramic\_test**

Diese DB wird nur für die Benchmarking-Tests und als Test-DB für die Maintenance-Skripte verwendet.

### **PostgreSQL - Extensions**

Alle Datenbanken benötigen die Extension pgstattuple.

Diese wird verwendet, um Bloated Tables und Indices zu ermitteln.

### **PostgreSQL - pg\_hba.conf**

Ist eine IP oder ein Netzwerk nicht erfasst, kann trotz korrekten Zugangsdaten nicht auf die DB zugegriffen werden.

Entsprechend müssen die User und Client Adressen erfasst werden.

## PostgreSQL - .pgpass

Im Passwortfile .pgpass werden die Passwörter zu den Usern erfasst.

Zusätzlich kann hier der Zugriff ebenfalls auf bestimmte Adressen eingeschränkt werden.

Als Alternative würde postgresql\_pg\_ident zur Auswahl stehen.

## Patroni - REST-API

Die REST-API kann auf localhost beschränkt werden oder so eingestellt werden, dass die REST-AIP auf die Patroni Adresse oder den Hostnamen hört.

### 3.2.3.1 Vorbedingungen

Zuerst mussten auf allen Servern die entsprechenden Ports auf der Firewall freigegeben werden.

Standardmäßig setzt vitabacks / postgresql\_cluster folgende offenen Ports voraus:

Port	Beschreibung
2379	etcd
2380	etcd
5000	HAProxy - Read/Write - Primary
5001	HAProxy - Read Only - Replikas
5002	HAProxy - Read Only - Synchronous Replikas
5003	HAProxy - HAproxy Stats
5432	PostgreSQL
6432	PgBounder
8008	Patroni REST-API

Tabelle 3.23: Testsystem - Benötigte Ports

Es reicht nicht, auf den Servern einen Proxy einzustellen.

Entweder es werden Firewall-Rules erstellt, welche die Ziele von GitHub und den Debian-Repositories freigeben,

oder aber der Proxy wird dem main.xml mitgegeben.

Bei den Erweiterungstests ging es nicht mehr anders, der Server sks9016 ist nur eine Spielwiese für das Foreman Provisioning.

Auch ist dieser Server nicht in der entsprechenden AD-Gruppe der Patroni Test Gruppe, also muss der alte Proxy verwendet werden.

Die Proxy Settings sind zuoberst, wird die Firewall angepasst, wird folgendens eingetragen:

```
1 proxy_env: {}  
2
```

Listing 3.29: main.xml - No Proxy

Der Gruppenproxy funktioniert mit folgenden Proxy-Settings:

```
1 proxy_env:  
2   http_proxy: "http://xksgr_vks0041_inet:<Password Secure / Safe>f@webproxy.sivc.first-it  
     .ch:9090"  
3   https_proxy: "https://xksgr_vks0041_inet:<Password Secure / Safe>@webproxy.sivc.first-it  
    .ch:9090"
```

### Listing 3.30: main.xmly - Gruppenproxy

Der Proxy für alles andere benötigt folgenden Eintrag:

```

1 proxy_env:
2   http_proxy: http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
3   https_proxy: https://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
4

```

### Listing 3.31: main.xmly - SProxy

#### **3.2.3.2 Installation / Deploy - deploy\_pgcluster.yml**

Die Installation ist simpel.

Nachdem alle Konfigurationen vollzogen sind, muss nur das entsprechende Playbook ausgeführt werden:

```

1 ansible-playbook deploy_pgcluster.yml
2

```

### Listing 3.32: Deploy - deploy\_pgcluster.yml

Das reine Deployment dauerte jeweils etwas mehr als fünf Minuten.

Danach war ein voll funktionsfähiger Patroni Cluster betriebsbereit.

#### **3.2.3.3 Maintenance - config\_pgcluster.yml**

Nachdem die Anpassungen am `main.yml` vorgenommen waren, musste nur das entsprechende Playbook ausgeführt werden:

```

1 ansible-playbook config_pgcluster.yml
2

```

### Listing 3.33: Maintenance - config\_pgcluster.yml

☞ Die Nodes, um die der Cluster in den nächsten beiden Schritten erweitert wurde, durften noch nicht ins Inventory eingetragen werden, ansonsten wären Fehlermeldungen und ein Abbruch des Playbooks die Folge gewesen, da es die entsprechenden Nodes noch gar nicht gab.  
Ebenso musste ein Proxy in das `main.yml` eingetragen werden, da der Testserver `sks9016` nicht der angepassten Firewall-Rule understand.

Zum Testen wurden nachträglich folgende Werte hinzugefügt:

- Der Proxy wurde gesetzt
- Der REST-API wurde die Patroni-Adresse mit Hilfe von `patroni_restapi_listen_addr: "{{ inventory_hostname }}"` hinzugefügt
- Das `pg_hba.conf` musste einmal um den `patroni_replication_username` Usereintrag auf die virtuelle Tabelle `replication` erweitert werden (damit dieser Node replizieren darf) als auch um den generellen Zugriff erweitert werden (damit HAProxy zugreifen darf).

- Zuletzt musste es auch möglich sein, einen Restart vollziehen zu können, wenn es notwendig wäre, daher wurde pending\_restart: true gesetzt.

### 3.2.3.4 HAProxy Node hinzufügen - add\_balancer.yml

Um die Erweiterung des Proxy-Layers vorzunehmen, waren zwei Sachen notwendig.

Zuerst musste das Inventory um den Node erweitert werden, der entsprechend als neuer Node markiert wurde:

```

1 [balancers]
2 10.0.22.176
3 10.0.22.177
4 10.0.20.43 new_node=true
5

```

Listing 3.34: HAProxy Node erweitern - Inventory

Zum Schluss muss nur noch das Playbook ausgeführt werden:

```

1 ansible-playbook add_balancer.yml
2

```

Listing 3.35: HAProxy Node erweitern - add\_balancer.yml

### 3.2.3.5 Patroni Node hinzufügen - add\_pgnode.yml

Das Vorgehen ist gleich wie beim Erweitern von HAProxy.

Das Inventory wurde erweitert:

```

1 [master]
2 10.0.22.173 postgresql_exists=false
3
4 [replica]
5 10.0.22.174 postgresql_exists=false
6 10.0.22.175 postgresql_exists=false
7 10.0.28.16 postgresql_exists=false new_node=true
8

```

Listing 3.36: Patroni Node erweitern - Inventory

Das Deployment erfolgt nun ebenfalls via Playbook:

```

1 ansible-playbook add_pgnode.yml
2

```

Listing 3.37: Patroni Node erweitern - add\_pgnode.yml

Die vollständige Dokumentation ist im Anhang - Installation Testsystem zu finden.

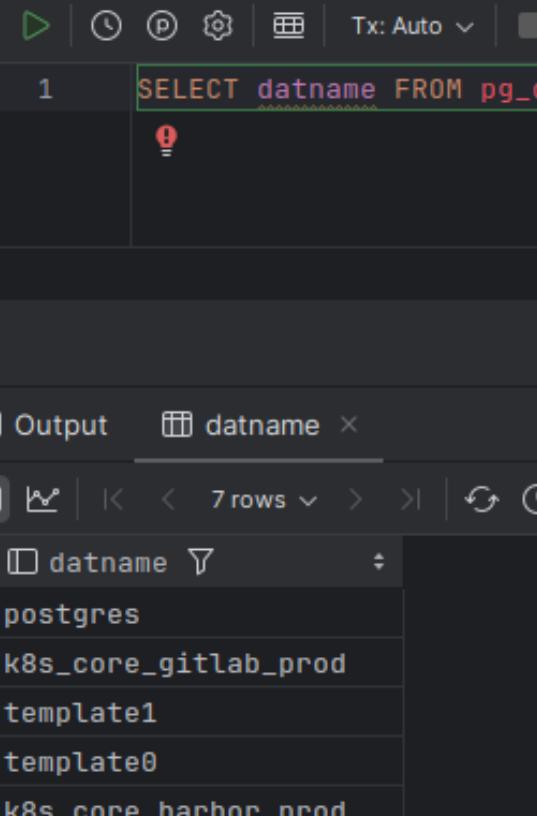
### 3.2.4 Technical Review der Umgebung

Die beiden Patroni-Nodes sks1264 und sks1265 sind synchrone Replikas und der sks1263 ist der Primary:

```
root@skks1264:~# patronictl -c /etc/patroni/patroni.yml list
+ Cluster: k8s-core-psql (7363925761240669588) -----
| Member | Host           | Role        | State      | TL | Lag in MB |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| sks1263 | 10.0.22.173 | Leader     | running    | 1  |             |
| sks1264 | 10.0.22.174 | Sync Standby | streaming | 1  | 0           |
| sks1265 | 10.0.22.175 | Sync Standby | streaming | 1  | 0           |
+-----+-----+-----+-----+-----+
root@skks1264:~#
```

Abbildung 3.60: Technical Review - Patroni Nodes

Alle Datenbanken, die übergeben wurden, sind erstellt worden:



The screenshot shows a PostgreSQL console interface. The top bar includes a logo, the text "console [postgres@vks0041.ksgr.ch]", and several icons for operations like running, stopping, and settings. A dropdown menu "Tx: Auto" is visible. The main area displays a single SQL command:

```
1 | SELECT datname FROM pg_database
```

The result set, titled "datname", contains the following data:

	datname
1	postgres
2	k8s_core_gitlab_prod
3	template1
4	template0
5	k8s_core_harbor_prod
6	k8s_core_keycloak_prod
7	gramic_test

Abbildung 3.61: Technical Review - Datenbanken

Die Extensions wurden ebenfalls installiert:

The screenshot shows a PostgreSQL playground interface. In the top query editor, a SQL query is executed:

```
1 ✓ SELECT e.extname AS "Name", e.extversion AS "Version", n.nspname AS "Schema", c.description AS "Description"
2   FROM pg_catalog.pg_extension e
3   LEFT JOIN pg_catalog.pg_namespace n ON n.oid = e.extnamespace
4   LEFT JOIN pg_catalog.pg_description c ON c.objoid = e.oid AND c.classoid = 'pg_catalog.pg_extension'::pg_catalog.regclass
5 ORDER BY 1;
```

The result table below contains two rows:

	"Name"	"Version"	"Schema"	"Description"
1	pgstattuple	1.5	public	show tuple-level statistics
2	plpgsql	1.0	pg_catalog	PL/pgSQL procedural language

Abbildung 3.62: Technical Review - PostgreSQL Extensions

Die Rollen und User wurden erstellt:

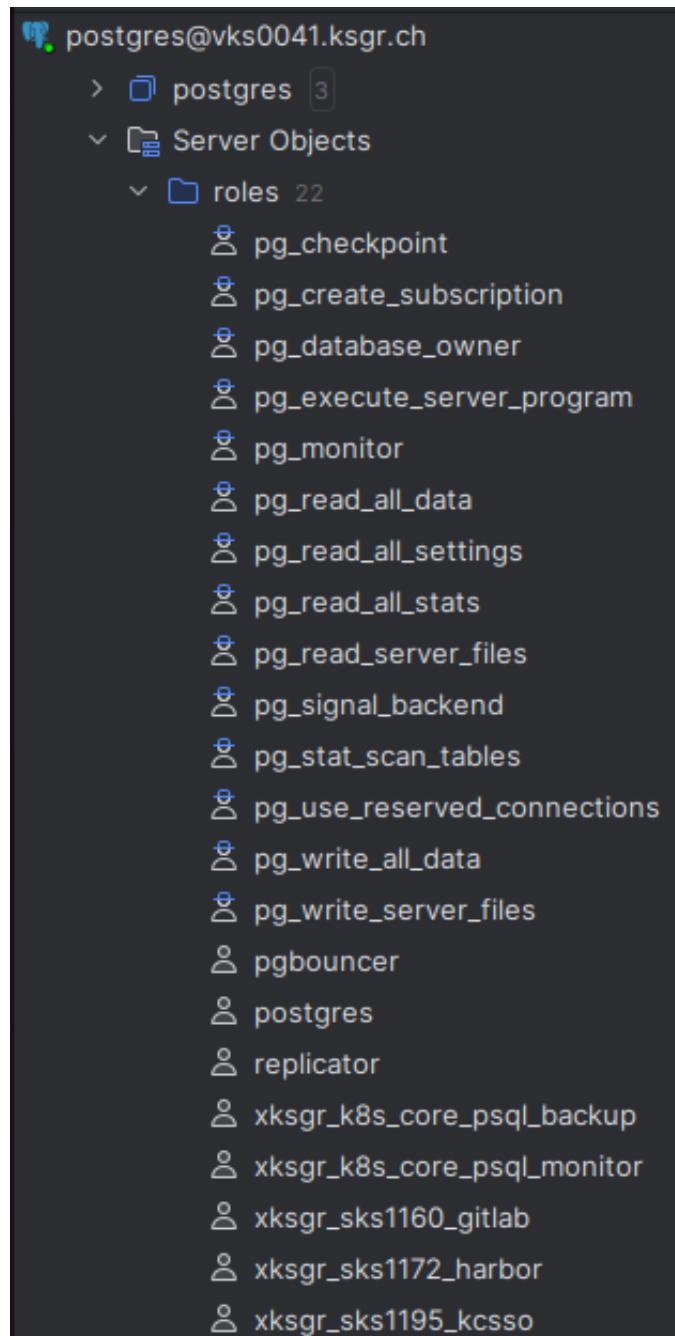


Abbildung 3.63: Technical Review - PostgreSQL User und Rollen

Die beiden HAproxy-Hosts sks1266 und sks1267 sind aktiv:

Abbildung 3.64: Technical Review - HAProxy sks1266

HAProxy version 2.6.12-1+deb12u1, released 2023/12/16																	90%	☆
> General process information																		
<p>pid = 58804 (process #1, répere = 1, refresh = 4)      uptime = 2d23h50m25s      system load average: 0.000000 / 0.000000 / 0.000000      200000 maxconn, 200000 maxqueue, 200000 maxclients      current conn = 4, current pipes = 0/0, conn rate = 1/sec, bit rate = 0.0000 kbps      Running tasks: 0/0, idle = 100 %</p>																		
																		
<p>Display option: <input type="checkbox"/> Source <input checked="" type="checkbox"/> Help <input type="checkbox"/> Configuration <input type="checkbox"/> Refresh now <input type="checkbox"/> CSV export <input type="checkbox"/> XML export (schema)</p> <p>External resources: <input type="checkbox"/> Primary site <input type="checkbox"/> Loadbalancer (v2.0) <input type="checkbox"/> Online manual</p>																		
Status		Queue	Session	Session rate	Sessions	Bytes	Demand	Errors	Warnings	Status	Server	weight	act	bck	chk	den	durtime	thrfile
Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Total	LbTot	Last	In	Out	Req	Resp	Curr	Resp	Redis
Frontend	0	-	0	0	-	2	2	-	10 000	3	-	423	44 656	0	0	1	-	OPEN
Backend	0	0	0	0	0	0	0	0	10 000	0	0	423	44 656	0	0	0	0	2h23m UP
																	0/0	0 0 0 0
Master		Queue	Session	Session rate	Sessions	Bytes	Demand	Errors	Warnings	Status	Server	weight	act	bck	chk	den	durtime	thrfile
Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Total	LbTot	Last	In	Out	Req	Resp	Curr	Resp	Redis
Frontend	0	-	0	5	-	2	4	-	10 000	7	-	11 465	11 068	0	0	0	-	OPEN
sk8t263	0	0	-	0	5	2	3	-	7	7	11m05s	11 465	11 068	0	0	0	0	2h23m UP
sk8t264	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m DOWN
sk8t265	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m DOWN
Backend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
																	0/0	0 0 0 0
replicas		Queue	Session	Session rate	Sessions	Bytes	Demand	Errors	Warnings	Status	Server	weight	act	bck	chk	den	durtime	thrfile
Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Total	LbTot	Last	In	Out	Req	Resp	Curr	Resp	Redis
Frontend	0	-	0	0	-	0	0	-	10 000	0	-	0	0	0	0	0	0	OPEN
sk8t263	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m DOWN
sk8t264	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
sk8t265	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
Backend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
																	0/0	0 0 0 0
replicas sync		Queue	Session	Session rate	Sessions	Bytes	Demand	Errors	Warnings	Status	Server	weight	act	bck	chk	den	durtime	thrfile
Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Total	LbTot	Last	In	Out	Req	Resp	Curr	Resp	Redis
Frontend	0	-	0	0	-	0	0	-	10 000	0	-	0	0	0	0	0	0	OPEN
sk8t263	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m DOWN
sk8t264	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
sk8t265	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
Backend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
																	0/0	0 0 0 0
replicas async		Queue	Session	Session rate	Sessions	Bytes	Demand	Errors	Warnings	Status	Server	weight	act	bck	chk	den	durtime	thrfile
Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Total	LbTot	Last	In	Out	Req	Resp	Curr	Resp	Redis
Frontend	0	-	0	0	-	0	0	-	10 000	0	-	0	0	0	0	0	0	OPEN
sk8t263	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m DOWN
sk8t264	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m DOWN
sk8t265	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	? 0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
Backend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2h23m UP
																	0/0	0 0 0 0

Abbildung 3.65: Technical Review - HAProxy sks1267

Die PgBouncer Konfiguration passt.

Alle via Ansible hinterlegten Datenbanken wurden erfasst:

name	host	port	database	force_user	pool_size	min_pool_size	reserve_pool	pool_mode	max_connections	current_connections	paused	disabled
gramic_test	/var/run/postgresql	5432	gramic_test		20	0	1		1000	0	0	
k8s_core_gitalb_prod	/var/run/postgresql	5432	k8s_core_gitalb_prod		20	0	1		1000	0	0	
k8s_core_harbor_prod	/var/run/postgresql	5432	k8s_core_harbor_prod		20	0	1		1000	0	0	
k8s_core_keycloak_prod	/var/run/postgresql	5432	k8s_core_keycloak_prod		20	0	1		1000	0	0	
pgbouncer		6432	pgbouncer	pgbouncer	2	0	0	statement	1000	0	0	
postgres	/var/run/postgresql	5432	postgres		20	0	1		1000	1	0	

Abbildung 3.66: Technical Review - PgBouncer - Datenbanken

Beim Auslesen der Stats und Datenbanken muss der richtige User gewählt werden.

So hat der User pgbounce keine Berechtigung, lokal zuzugreifen.

Auch nicht auf die lokale Datenbank pgbounce.

Hierfür muss der User postgres verwendet werden:

```
1 psql -p 6432 -h 127.0.0.1 -U postgres -d pgbounce
```

Listing 3.38: PgBouncer - Connect

Die Abfrage der Tabellen wird dann mit Hilfe von folgendem Command gemacht:

```
1 show databases;
```

Listing 3.39: PgBouncer - Databases

Die Logs werden einmal pro Tag neu erfasst:

```
root@skks1265:~# ls -l /var/log/postgresql/
total 8
-rw-r--r-- 1 postgres postgres 601 May  8 22:02 pgbounce.log
-rw-r----- 1 postgres postgres     0 May  8 22:03 postgresql-16-main.log
-rw----- 1 postgres postgres     0 May  9 00:00 postgresql-Thu.log
-rw----- 1 postgres postgres 2841 May  8 22:33 postgresql-Wed.log
```

Abbildung 3.67: Technical Review - PostgreSQL - Log Rotation

Die Einstellungen werden vorerst so belassen.

Sobald dass SIEM betriebsbereit ist, werden das Format und die Frequenz entsprechend den Anforderungen angepasst.

### **3.3 Testing**

#### **3.3.0.1 Testfälle**

##### **Basistests**

1. Es wird eine Verbindung auf die postgres- und gramic\_test DB auf dem Host vks0041.ksgr.ch oder IP 10.0.22.178 auf die Ports 5000 und 5001 hergestellt.
2. Es werden Daten aus den Tabellen beide Datenbanken ausgelesen.
3. Auf die DB gramic\_test wird mit pgbench ein 5GiB-Init auf den Host vks0041.ksgr.ch oder IP 10.0.22.178 und Port 5000 ausgeführt.

##### **Failover**

4. Der Server des primären Nodes wird manuell rebooted.

##### **Switchover**

5. Mit dem patronictl-Command wird der Switchover gesetzt.

##### **Restore**

6. Der Primary Node Server muss gestoppt werden, ein mixed pgbench abgesetzt werden und der Server wieder gestartet werden.
7. Mit dem patronictl-Command und Parameter reinit wird der der Node wiederhergestellt und abschliessend mit Hilfe von Switchover wieder als Primary gesetzt.
8. Mit dem patronictl-Command und Parameter reinit wird der Replica-Node wiederhergestellt.
9. Vor, während und nach dem Restore müssen Tabellen mit Foreign-Key-Constraints und Daten geprüft werden.

##### **Ansible - Deploy**

10. Mit Ansible kann der Patroni Cluster deployed werden.

##### **Ansible - Maintenance**

11. Mit Ansible sollen folgende Parameter angepasst werden:
  - Das pg\_hba.conf File.  
So dass der HAProxy Node 10.0.28.16 erweitert werden kann.
  - Die Patroni REST-API soll für den jeweiligen Host von aussen ansprechbar sein.  
Entsprechend muss der Eintrag gesetzt werden.

##### **Ansible - Patroni Node Extend**

12. Mit Hilfe eines Ansible Playbooks kann ein Patroni Node angehängt werden.

##### **Ansible - HAproxy Node Extend**

13. Mit Hilfe eines Ansible Playbooks kann ein HAproxy Node angehängt werden.

- ☞ Die beiden Expansionsserver sind nicht in der vks0041 AD-Gruppe und werden auch nicht via Palo Alto ans Init7 Netz gerouted.  
Entsprechend muss im `main.yml` der Proxy gesetzt werden.

### 3.3.1 Protokollierung

Art	Test Case Nr.	Test Case	Erwartetes Ergebnis	Eingetretenes Ergebnis	Begründung
Basistests	1	Connection	Verbindung auf vks0041.ksgr.ch oder 10.0.22.178 und Port 5000 und 5001 konnten ausgeführt werden.	Eingetroffen	
Basistests	2	SELECT	Tabellen können ausgelesen werden	Eingetroffen	
			Tabellen werden erstellt und Daten geschrieben.		
Basistests	3	pgbench Init gramic_test	Keiner der Nodes fällt aus oder kann wegen eines zu grossen Lags nicht mehr synchronisiert werden.	Eingetroffen	
Failover	4	Automatismus	Wird der Primary Server vom Netz genommen, führt Patroni einen Failover auf einen Replika-Node	Eingetroffen	
Switchover	5	Skript / API	Mit dem Patroni Commandset wird ein Switchover ausgeführt	Eingetroffen	
Restore	6	Automatismus	Ein gestoppter Node wird, wenn nicht zuviel Zeit vergangen ist, automatisch restored	Eingetroffen	
Restore	7	Skript / API	Mit dem Patroni Commandset der Primary-Node wiederhergestellt	Eingetroffen	
Restore	8	Skript / API	Mit dem Patroni Commandset ein Replika-Node wiederhergestellt	Eingetroffen	
			Beim Restore des Primary-Nodes dürfen keine Daten, die seit dem Failover geschrieben wurden, darf es zu keinem Datenverlust kommen		
Restore	9	Datensicherheit		Eingetroffen	
Ansible	10	Deploy	Der gesamte Cluster kann mit dem Playbook deploy_pgcluster.yml deployt werden	Eingetroffen	
Ansible	11	Maintenance	Das pg_hba.conf wurde um den Hosteintrag 10.0.28.16 wurde mittels Playbook config_pgcluster.yml erweitert. Die Patroni REST-API hört nun auf die Node-IP.	Eingetroffen	
Ansible	12	Patroni Node Extend	Der neue Patroni Node 10.0.28.16 wurde mit dem Playbook add_pgnode.yml in den Cluster k8s-core-psql integriert	Eingetroffen	
Ansible	13	HAProxy Node Extend	Der HAProxyNode lässt sich auf 10.28.16 mittels Playbook add_balancer.yml deploeyen.	Eingetroffen	

Tabelle 3.24: Testresultate Testsystem

Der Patroni Node wurde erfolgreich angefügt:

```
root@sks1265:~# patronictl -c /etc/patroni/patroni.yml list
+ Cluster: k8s-core-psql (7366694452879094871) -----+
| Member | Host           | Role        | State      | TL | Lag in MB |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| sks1263 | 10.0.22.173 | Leader     | running    | 1  |          |
| sks1264 | 10.0.22.174 | Sync Standby | streaming | 1  |          0 |
| sks1265 | 10.0.22.175 | Sync Standby | streaming | 1  |          0 |
| sks9016 | 10.0.28.16   | Replica    | streaming | 1  |          0 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Abbildung 3.68: Testing - Patroni Node hinzufügen - add\_pgnode.yml

### **3.3.2 Review und Auswertung**

#### **3.3.2.1 vitabaks/postgresql\_cluster**

vitabaks/postgresql\_cluster ist sehr schnell und zuverlässig deployt.

Das Ansible-Repository hat allerdings eine Schwachstelle.

Der Connection Pooler ist auf dem Level der Patroni Nodes nicht auf dem Proxy-Level.

Dadurch verliert ein Client die Verbindung, wenn der entsprechende Server nicht mehr erreichbar ist.

Auch der HAProxy hat eine Schwäche.

Es handelt sich um einen Layer 7 Proxy, dadurch ist HAProxy nicht in der Lage, SQL Statements zu analysieren.

Wenn also die Read-Only Statements auf die Replikas geleitet werden sollen, muss die Applikation diese auf den entsprechenden Port zugreifen.

Ist die Applikation selber nicht in der Lage, die Lese- und Schreibprozesse an zwei verschiedene Ports zu leiten, geht der gesamte Load auf den Primary Node.

#### **3.3.2.2 Maintenance-Tool - Bloating Tables**

Aufgeblähte Tabellen werden zuverlässig erkannt und die Tabelle vakuumiert.

Zudem werden die Indices neu aufgebaut und somit geordnet.

#### **3.3.2.3 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM**

Der Parameter `autovacuum_vacuum_scale_factor` wird zuverlässig berechnet und abgelegt.

### **3.4 Maintenance-Tool**

#### **3.4.0.1 Maintenance-Tool - Generell**

Da das Kubernetes-Testsystem des KSGR noch nicht freigegeben ist, wurden die Maintenance-Jobs auf der Evaluationsplattform betrieben.

Dadurch ergaben sich ein paar Einschränkungen.

#### **Ressourcen**

Ressourcen wie Python-Skripte sollten in einer produktiven Umgebung z. B. in einem Helm Chart abgebildet werden.

Da die Erstellung eines helm Charts den Rahmen der Diplomarbeit sprengen würde, wurden Python-Skripte als ConfigMap deployt.

In der produktiven Umgebung sollte dies unbedingt vermieden werden.

#### **HashiCorp Vault / Sectrets**

Die Zugangsdaten (Username und Passwort) werden mit grosser Wahrscheinlichkeit in HashiCorp Vault [54] abgebildet.

In diesem Fall wird ein Secret deployt und das Secret als Filesystem gemountet.

Die grösste Schwäche hierbei ist, dass die Secrets unverschlüsselt auf dem Filesystem des Pods liegen, selbst wenn mit Base64 ein Hash erzeugt wurde.

Daher ist auch dieses Verfahren nicht für die Produktion geeignet.

## Mailing

Ein Mail-Service steht auf der Evaluationsumgebung nicht zur Verfügung.

Die Mainenance-Jobs sollen nach dem Microservice-Gedanken aufgebaut werden.  
So soll die Automatisierbarkeit erhöht und flexibilisiert werden.

### 3.4.0.2 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices

#### 3.4.0.2.1 Ziel und Zweck

PostgreSQL hat mit AUTOVACUUM eine Funktionalität, welche Tabellen und Indizes aufräumt und bereinigt.

Allerdings gelten die Parameter für den ganzen PostgreSQL Cluster, einzelne Tabellen werden zwangsläufig nicht optimal vakuumiert.

Daher war ein Ziel, dass Bloated Tables und Indices von einem Maintenance Skript erkannt und bereinigt werden.

#### 3.4.0.2.2 Funktionsweise

Auf allen Datenbanken muss die Extension pgstattuple installiert werden.

Die Extension sammelt und stellt Informationen über Tabellen, Indizes, Tupels usw., zur Verfügung.

Mit Python werden alle Tabellen gelistet, bei denen pgstattuple mehr als einen konfigurierten Wert zurückgeben.

Der Schwellwert liegt derzeit bei 1.5%.

Das SQL-Statement hierzu ist wie folgt aufgebaut:

```
1 select
2     relname as table,
3     (pgstattuple(oid)).dead_tuple_percent
4 from pg_class
5 where
6     relkind = 'r' and
7     (pgstattuple(oid)).dead_tuple_percent > %s
8 order by dead_tuple_percent desc;
```

Listing 3.40: Maintenance-Tool - List - Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices

Anschliessend werden die entsprechenden Tabellen mit Hilfe des VACUUM-Befehl manuell vakuumiert:

```
1 vacuum <table>;
```

Listing 3.41: Maintenance-Tool - VACUUM - Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices

 Ein VACUUM kann nicht in einer normalen Transaktion abgesetzt werden!

Bei psycopg2 muss der Transaktions-Isolations Level auf ISOLATION\_LEVEL\_AUTOCOMMIT gesetzt werden.

Anders lässt sich das SQL nicht absetzen.

Im Nachgang werden alle Indizes für die ganze Tabelle neu aufgebaut (REINDEX):

```
1 reindex table <table>;  
2
```

Listing 3.42: Maintenance-Tool - REINDEX - Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices

Wichtig ist eine vorangehende Prüfung, ob ein AUTOVACUUM-Job am Laufen ist.

Trifft dies zu, darf das Skript in diesem Lauf nicht ausgeführt werden.

Überprüft kann dies mit folgendem SQL werden:

```
1 select count(*) as active from pg_stat_activity where query like 'autovacuum:%';  
2
```

Listing 3.43: Maintenance-Tool - Check AUTOVACUUM - Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices

Dem Microservice-Gedanken entsprechend soll es pro Datenbank einen Job geben, der die Tabellen auf Bloated Tables untersucht und diese bereinigt.

Die vollständige Dokumentation ist im Anhang - Maintenance-Tool - Bloated Tables zu finden.

### 3.4.0.3 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM

#### 3.4.0.3.1 Ziel und Zweck

Folgende beiden AUTOVACUUM-Parameter sind entscheidend für die Definition, wann AUTOVACUUM startet:

##### **autovacuum\_vacuum\_threshold**

Mindestanzahl geänderter oder gelöschter Tupels die es in einer Tabelle braucht, damit AUTOVACUUM startet.

Der Default liegt bei 50 toten Tuples.

##### **autovacuum\_vacuum\_scale\_factor**

Definiert, wie Prozent der Datensätze einer Datenbank geändert oder gelöscht werden müssen, bevor vakuumiert wird.

Die Grundformel, wann vakuumiert wird, sieht folgendermassen aus:

$n\_dead\_tup > (pg\_class.reltuples \times autovacuum\_vacuum\_scale\_factor) + autovacuum\_vacuum\_threshold$

Der autovacuum\_vacuum\_scale\_factor über den gesamten PostgreSQL Cluster muss nun also mit der Zeit nachjustiert werden.

Dazu wurde obige Formel entsprechend umgestellt, da autovacuum\_vacuum\_threshold grundsätzlich statisch bleibt:

$$autovacuum\_vacuum\_scale\_factor = \frac{(n\_dead\_tup_{max} - autovacuum\_vacuum\_threshold)}{pg\_class.reltuples}$$

Die Aufgabe von diesem Maintenance-Skripts ist es also nun, einmal pro Tag den autovacuum\_vacuum\_scale\_factor neu zu berechnen.

Da keine Mails versendet werden können, soll bei einem sich geänderten Parameter die generierte HTML-Tabelle auf das Verzeichnis des Kubernetes Nodes gespeichert werden.

Im produktiven Betrieb soll die Tabelle als HTML in die Mail eingefügt werden.

### 3.4.0.3.2 Funktionsweise

In einem ersten Schritt werden alle benötigten Parameter aus der PostgreSQL-Konfiguration oder den entsprechenden Katalogtabellen ausgelesen.

Dies lässt sich mit einem SQL bewerkstelligen, welches wie folgt aufgebaut ist:

```
1 select
2   (
3     select
4       setting as autovacuum_vacuum_scale_factor
5     from pg_settings
6     where
7       name = 'autovacuum_vacuum_scale_factor'
8   ) as autovacuum_vacuum_scale_factor,
9   (
10    select
11      setting as autovacuum_vacuum_threshold
12    from pg_settings
13    where
14      name = 'autovacuum_vacuum_threshold'
15   ) as autovacuum_vacuum_threshold,
16   (
17     select
18       sum(reltuples) as reltuples
19     from pg_class
20   ) as reltuples,
21   (
22     select
23       sender_host
24     from pg_stat_wal_receiver
25   ) as sender_host
```

Listing 3.44: Maintenance-Tool - Parameter - Maintenance-Tool - AUTOVACUUM

Anschliessend wird ein Python Dictionary erstellt, welches wiederum in ein pandas DataFrame umgewandelt wird.

Mit der Methode `to_html()` wird die Tabelle dann simpel auf das gemountete Host Filesystem geschrieben.

Die Tabelle sieht wie folgt aus:

	Bestehend	Berechnet
<b>autovacuum_vacuum_scale_factor</b>	0.01	0.02

Abbildung 3.69: AUTOVACUUM - Berechneter autovacuum\_vacuum\_scale\_factor

Die vollständige Dokumentation ist im Anhang - Maintenance-Tool - Maintenance-Tool - AUTOVACUUM zu finden.

### 3.5 Monitoring

Das Monitoring im PRTG besteht aus zwei Teilen.

Zum einen werden die Standard-Werte wie Ping, CPU Load, Load Average, Disk Free, Traffic und die Uptime:

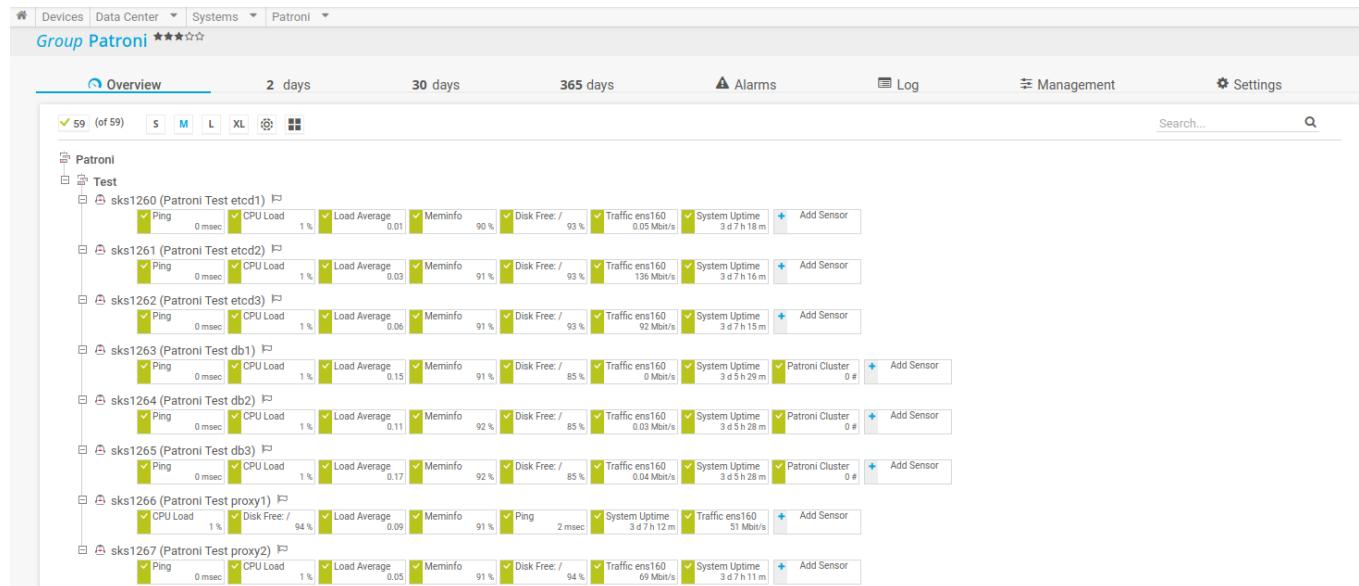


Abbildung 3.70: PRTG - Patroni Monitoring

Zusätzlich wurde ein Python Custom Sensor erstellt.

Dieser nutzt die Patroni REST-API um folgende Werte abzufragen:

#### Cluster Status

Prüft, ob der Cluster noch im Status running ist.

Dabei wird geprüft, ob der Cluster «running» ist.

Ist der Cluster pausiert, wird eine Warnung ausgegeben.

Andernfalls wird ein Fehler geworfen.

#### Cluster Unlock

Ein Patroni Node kann nur Primary werden, wenn im DCS (in diesem Fall etcd) der Leader-Lock gesetzt werden kann.

In diesem Fall wird ein Fehler geworfen.

#### Failsafe Mode Activity

Zusätzlich kann der «failsafe\_mode» aktiviert werden.

Dann kann PostgreSQL trotzdem als Primary Node laufen[55].

#### Replication Lag

Prüft, ob das Replication Lag unterhalb dem Übergebenen Wert liegt.

Es gibt eine Abfrage für die Warngrenze und eine Fehlergrenze.

#### Replication State

Liest die States der Replikas aus.

Dabei wird eine Warnung ausgegeben, wenn nicht alle Nodes im «sync»Mode sind.

Ein Fehler wird ausgegeben, wenn keiner der Patroni Nodes in diesem State ist.

Die Konfiguration wird im PRTG gemacht.

Dabei müssen im Feld «Additional Parameters» folgende Parameter übergeben werden:

#### **replication\_mode**

Der Replikationsmodus.

Für diesen Cluster ist es «sync» für synchrone Replikation.

#### **lag\_warning**

Wenn das Replication Lag 2GB übersteigt, wird eine Warnung ausgeworfen.

#### **lag\_error**

Wenn das Replication Lag 4GB übersteigt, wird ein Fehler.

Die Werte werden Kommasepariert übergeben:

`replication_mode=sync,lag_warning=2GB,lag_error=4GB`

Abbildung 3.71: PRTG - Patroni Cluster Sensor Setting

Der Sensor sieht im PRTG dann so aus:

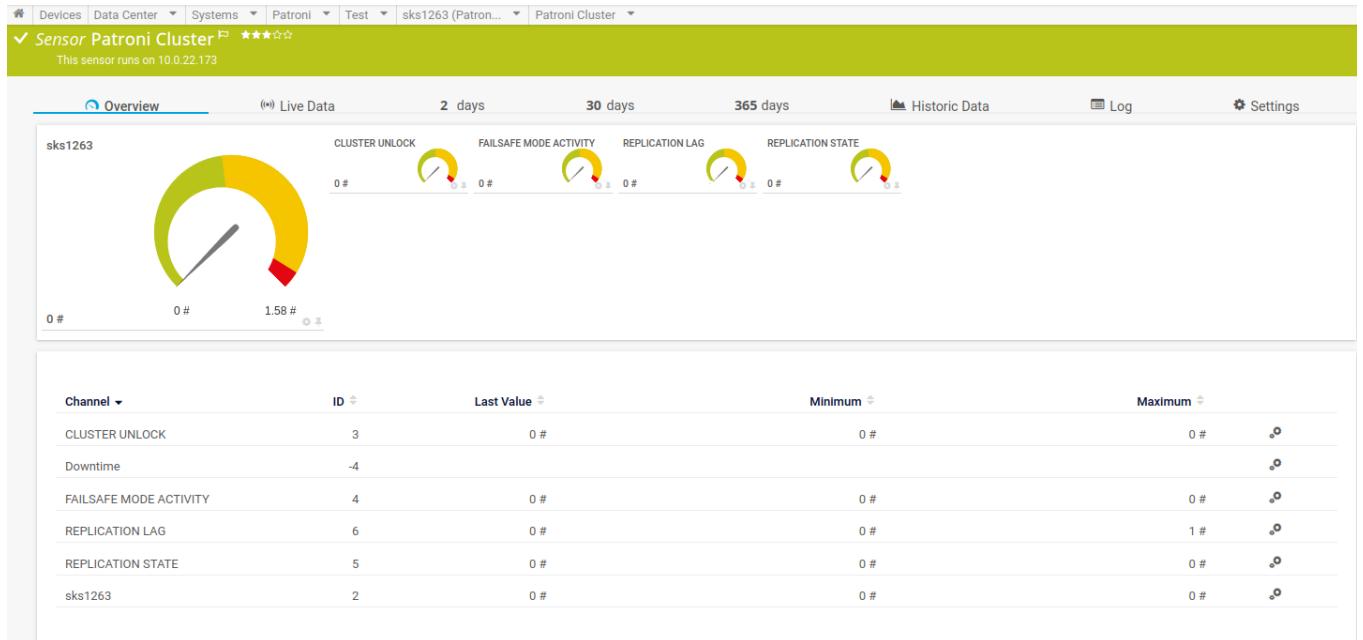


Abbildung 3.72: PRTG - Patroni Cluster Sensor

Die vollständige Dokumentation ist im Anhang - Monitoring - PRTG zu finden.

## 3.6 Troubleshooting und Lösungsfindung

Folgende Fehler sind während der Evaluation und der Installation des Testsystems aufgetreten:

### Evaluation - Yugaware

Erst wurde das lizenpflichtige Yugaware-Repository verwendet.  
Ohne Lizenzkey lässt sich Yugaware nicht installieren.  
Die Lösung bestand darin,  
auf das Open-Source YugabyteDB-Repository zu wechseln.

### Evaluation - etcd für Patroni

Erst wurde versucht, drei etcd-Hosts auf Patroni zu installieren.  
Dies führte zu einem Hostnamenskonflikt.  
So wurde etcd auf den Standalone Server sks9016 installiert.

### Evaluation - MetalLB

Trotz Load Balancing mit MetalLB war es nicht möglich, von aussen auf YugabyteDB zuzugreifen.  
Die Kommunikation wurde nicht von rke2 von Linux an den Loead Balancer weitergegeben.  
Die Lösung bestand darin, ein sogenanntes L2Advertisement auf den Adress-Pool und  
Namespace zu setzen.

### Evaluation - local-path-provisioner

Alle Persistence Volume Claims wurden auf einen Node gesetzt.  
Solange die Volumes nicht zu gross wurden,  
war das System lauffähig.  
Bei zu grossen Volumes kam es zu einem Fehler weil die Disk in einen Overflow lief.  
Die Lösung besteht darin, im nodePathMap des local-path-provisioner Manifests jeden Node zu  
spezifizieren.  
Beim StorageClass-Manifest muss eine nodeAffinity auf die Nodes gesetzt werden.

### Evaluation - StackGres Proxy für Extension

StackGres holt sich die PostgreSQL Extensions aus einem GitHub Repository.  
Da die Kommunikation über einen Proxy geht, reicht der rke2 containiderd-Proxy  
(CONTAINERD\_HTTPS\_PROXY / CONTAINERD\_HTTP\_PROXY / CONTAINERD\_NO\_PROXY) nicht mehr.  
Die URL des GitHub Repositories muss um den Proxy erweitert werden.  
Dies löst das Problem aber nur, wenn die Zertifikate auf dem Server installiert sind.  
Andernfalls muss die Zertifikat-Prüfung umgangen werden, indem die Kommunikation mit Hilfe von  
http erzwungen wird.  
Da es sich nur um eine Evaluationsplattform handelte, kam letztere Lösung zum Einsatz.

### Evaluation - Benchmarking automatisation

Ursprünglich war der Plan, dass die Benchmarks mit Hilfe von pgbench resp. ysql\_bench mit Hilfe  
von CronJob ausgeführt wird.  
Die beiden Benchmarking-Tools haben allerdings beide kein Passwort-Parameter.  
Auch fand sich keine gängige Lösung, das Passwort via Bypass mitgeben zu können.  
Um nicht zu viel Zeit darin zu verlieren, wurden die Benchmarks von Hand gemacht.

## Testsystem - Proxy

Ansible konnte via Python nicht auf externe Adressen zugreifen.

Erst wurde manuell versucht, etcd zu installieren.

Es gab zwei Lösungswege.

- Im Ansible `vars/main.yml` konnten Proxy-Settings definiert werden.

Dann mussten trotzdem noch die apt-proxy Settings gesetzt werden.

- Das Netzwerkteam änderte die Zugriffspfade der Server um.

Diese griffen nun, wenn man den Proxy ausschaltet, nicht mehr auf den Proxy zu, sondern die Palo-Firewall.

Die dortigen Rules ermöglichen einen ausgehenden Verkehr.

Diese Variante wird in Zukunft für Kubernetes Standard.

## 4 Resultate

### 4.1 Zielüberprüfung

Nr.	Ziel	Priorität	Ziel Umgesetzt / Erreicht	Begründung / Beschreibung
1	Evaluation	Hoch	Ziel erreicht	<p>Es wurden drei Methoden genauer betrachtet und installiert</p> <p>Am Ende der Evaluation wird ein System ausgewählt, welches als Testsystem installiert wurde.</p>
2	Testsystem	Hoch	Ziel erreicht	<p>Das Testsystem wurde mit vitabaks/postgresql_cluster, einem Ansible-Playbook für Patroni, zuverlässig und stabil deployt.</p> <p>Der Cluster lässt sich schnell und mit wenig Aufwand erweitern.</p>
3	Automatisierter Failover	Hoch	Ziel grösstenteils erreicht	<p>Patroni ist zusammen mit HAProxy in der Lage, den Failover Timeout tief zu halten. So tief, dass eine entsprechend konfigurierte Applikation die Verbindung aufrecht erhalten könnte.</p> <p>Da vitabaks/postgresql_cluster den Connection Pooler nicht auf dem GisHAProxy Layer installiert sondern auf dem Patroni Layer, ist der Cluster selber nicht in der Lage die Connections in jedem Fall aufrecht zu erhalten.</p>
4	Automatisierter Failover Restore	Hoch	Ziel erreicht	<p>Patroni fährt einen Node, der ausgefallen ist, selbstständig nach</p>
5	Monitoring - Cluster Healthcheck	Mittel	Ziel erreicht	<p>PRTG überwacht die Standard Vitalparameter wie CPU Load, Load Average, Memory Usage, Disk Usage, Network Traffic und die Uptime.</p> <p>Zusätzlich wurde ein separater Sensor erstellt, der den Cluster Status, die Gesundheit des gesamten Systems und das Replication Lag überwacht.</p>
6	AUTOVACUUM - Parameter verwalten	Mittel	Ziel erreicht	<p>Mit einem Kubernetes CronJob wird täglich der Parameter autovacuum_vacuum_scale_factor berechnet.</p> <p>Es fehlt zurzeit das konkrete Wissen über den PostgreSQL Explain Plan, also jenes Hilfsmittel mit dem SQL Statements analysiert werden.</p>
7	SQL optimierungen - Indizes tracken und verwalten	Mittel	Nicht umgesetzt	<p>Ohne dieses Wissen lässt sich schwer ermitteln, ob es einen Index auf einer Tabelle benötigt.</p> <p>Nicht benötigte Indizes können zwar ermittelt werden, allerdings kann sich der Ausführungsplan eines SQL Statements nach dem Löschen stark verändern.</p> <p>Das Risiko einen Index ohne Explaining Plan zu löschen, ist zu gross.</p>
8	Maintenance - Indizes säubern	Hoch	Ziel erreicht	<p>Aufgeblätterte Tabellen werden erkannt und vakuumiert.</p> <p>Anschliessend werden die Indizes einer vakuumierten Tabelle neu aufgebaut.</p>
9	Housekeeping - Log Rotation	Hoch	Ziel erreicht	<p>vitabaks/postgresql_cluster und Patroni selbst bieten Konfigurationsmöglichkeiten für Log Rotationen.</p> <p>Da die Umsetzung des GisSIEM Projekts erst gestartet ist, wurden nur rudimentäre Einstellungen vorgenommen.</p>
10	User Management - Monitoring	Tief	Nicht umgesetzt	Ziel wurde nicht verfolgt da es nur eine tiefe Priorität hatte.
11	Evaluationsziel	Hoch	Ziel erreicht	Mit Patroni wurde eine Variante evaluiert und mit vitabaks/postgresql_cluster auch die Installationsmethode.
12	Installationsziel	Hoch	Ziel erreicht	vitabaks/postgresql_cluster erreicht Ziel 1 und 3 und 4
13	Testziele	Hoch	Ziel grösstenteils erreicht	<p>Das erste Teilziel lässt sich in einem Quorum-System schlicht nicht umsetzen.</p> <p>Die restlichen Teilziele wurden erreicht.</p>

Tabelle 4.1: Result - Zielüberprüfung

#### **4.1.1 SQL Optimierungen - Indizes tracken und verwalten**

Um Indizes effektiv setzen zu können, muss der Ausführungsplan, der Explaining Plan eines SQL Statements analysiert werden. EXPLAIN kann allerdings nur ausgeführt werden, wenn ein Statement angehängt wird [56].

Bevor also ein Explaining Plane analysiert werden kann, muss dieser erst generiert werden. Dazu müssen die Statements gespeichert werden und abschliessend das Query ausgeführt werden.

EXPLAIN bietet weit mehr Informationen. Wie der EXPLAIN für das automatische Setzen von Indizes benutzt werden kann, benötigt viel Analyse und ein Konzept.

Es lassen sich zwar nicht benutzte Indizes auslesen und auch löschen. Aus Erfahrung mit Oracle Database zeigte sich aber, dass das Löschen eines Index einen gesamten Ausführungsplan umwerfen kann. Ohne eine Analyse mit EXPLAIN ist das Risiko für eine solche Aktion zu gross.

Alles in allem bräuchte es für dieses Ziel ein Performance Warehouse. Also eine Datenbank, die EXPLAIN Resultate, Systemparameter und weitere Metriken speichert. Nur so lassen sich SQL Statements sauber analysieren und optimieren. Dieses Unterfangen wäre ein eigenes Thema für eine Diplomarbeit.

#### **4.1.2 Testziele**

Das erste Teilziel lautete «Der PostgreSQL Cluster muss immer lauffähig sein, solange noch ein Node up ist, unabhängig davon, welche Nodes des PostgreSQL HA Clusters down ist», ist mit einem Quorum System nicht machbar resp. ein Quorum System verhindert genau das.

Dieses Ziel ist daher nicht umsetzbar und macht retrospektiv keinen Sinn mehr.

### **4.2 Schlussfolgerung**

#### **4.2.1 Kubernetes / rke2**

Kubernetes mit rke2 lässt sich vergleichsweise schnell installieren. Damit die Containerplattform voll funktionsfähig sein soll, braucht es noch einige Module. Mit MetalLB kann ein Load Balancer, den die Applikationen nutzen können, deployt werden. Wenn nicht, wie zukünftig beim KSGR ein Storagesystem wie Rook / CephFS ein Storage System aufgebaut werden soll, kann durch local-path-provisioner das Host-Storagesystem den Containern präsentiert werden.

Für private Zwecke oder als Evaluationssystem kann so rasch ein System aufgebaut werden. Für Test- oder Produktivsysteme ist dieses Setting allerdings eher weniger geeignet.

#### **4.2.2 YugabyteDB**

YugabyteDB bietet auch in der Open-Source Variante einiges. Besonders die effiziente Speicherung selbst grosser Datenmengen hat in einer Zukunft, wo immer mehr Applikationen in die Cloud verschoben werden und Datenbank Storage sehr teuer wird, einen Trumpf im Ärmel.

YugabyteDB stellt als Distributed SQL System hohe Anforderungen an ein synchrones Zeitsystem. Auch ist YugabyteDB keine aktuelle Umsetzung von PostgreSQL, für Applikationen die auf eine aktuelle PostgreSQL-Version angewiesen ist, ist YugabyteDB daher nicht geeignet.

#### 4.2.3 StackGres - Citus

Ongres hat mit StackGres den Patroni Stack in eine CloudNative Umgebung gegossen. Das pro Datenbank ein eigener Cluster deployt wird, sorgt für ein Maximum an Isolation. Durch diesen Architekturentscheid steigt aber auch der ohnehin grosse Ressourcenverbrauch des gesamten Systems nochmals stark an.

Problematisch ist auch, das einige Komponenten in einer Blackbox liegen. Als während des Benchmarking bei der Evaluation das Sharding immer wieder an der gleichen Stelle scheiterte, war zwar ersichtlich, dass es zu einem Java Fehler gekommen war, doch genauere Informationen liessen sich den Logs nicht entnehmen.

StackGres bietet eine direkte Integration von Citus, im Benchmarking stiess diese Infrastruktur an ihre Grenzen. Das Sharding-System Citus wiederum hat seine Stärken klar bei lesenden Zugriffen. Das alte Citus Sharding, bei dem Tabellen distributed wurden, kann nur mit Eingriffen in die Statements der Applikation effizient genutzt werden. Das Schema Based Sharding bietet hier einen Vorteil, doch beide Sharding-Systeme können Tabellen nicht uneingeschränkt Sharden. Wurden zwischen Tabellen Foreign-Key Constraints gesetzt, können diese entweder nicht mehr Distributed werden oder aber beide müssen im gleichen Schema liegen. Es können zwar Referenced Tables, Tabellen die auf allen Shards liegen, erzeugt werden, doch diese Methode ist ineffizient beim Schreibprozess. Zudem rät Citus Data selbst, Referenced Tables nur für Referenzierte Tabellen, die für alle Distributionen und Schemas bereitstehen sollen, zu verwenden. Und dann auch nur, wenn diese Tabellen nicht zu gross werden.

#### 4.2.4 Patroni

Patroni mit HAProxy bietet die Möglichkeit, einen stabilen monolithischen PostgreSQL HA Cluster aufzubauen. Basis bleibt dabei ein PostgreSQL Cluster, der von Patroni orchestriert und verwaltet wird. Patroni benötigt allerdings Zusatzttools wie einen Connection Pooler oder einen Proxy sowie z. B. etcd als DCS. Der Umfang für einen Patroni Cluster steigt selbst bei einem minimalen Setting mit drei PostgreSQL Cluster Nodes auf vier bis fünf Server.

#### 4.2.5 vitabacks / postgresql\_cluster

Das Ansible Repository bietet eine ganze Reihe von Playbooks, mit dem ein Patroni Cluster deployt, erweitert und verwaltet werden kann. Die Dokumentation des GitHub Repositories ist qualitativ hochwertig, ein Cluster ist schnell deployt. Weitere Schritte wie das Härteln des gesamten Systems ist ebenfalls bereits angedacht und vorbereitet.

Der grosse Schwachpunkt ist zurzeit die Architektur. Der Connection Pooler wird auf dem Patroni Node installiert, geht die Verbindung zu diesem verloren, ist die Applikation disconnected. So wird der Connection Pooler seiner Funktion beraubt. HAProxy ist zudem ein Layer 7 Proxy, der Cluster ist darauf

angewiesen, dass die Applikation Lese- und Schreibanfragen trennen kann und an zwei verschiedene Ports sendet. Im Moment laufen aber Bestrebungen, mit der Software PgCat sowohl den Proxy als auch den Connection Pooler zu vereinen. PgCat vereint beides in einer Open-Source-Software und ist in der Lage, die Statements zu analysieren und lesenden Verkehr auf die Replikas zu verteilen.

#### 4.3 Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten

Nach dem Abschluss der Diplomarbeit müssen noch einige notwendige Schritte vorgenommen werden. Die anschliessenden Arbeiten werden nach Zeitraum der Umsetzung und Dauer sortiert:

##### **SIEM**

Das SIEM in Form von Elastic wurde installiert.

Daher wird einer der nächsten Schritte sein, dass Logging des Testsystems an das SIEM anzubinden.

##### **Backup**

Das Testsystem muss in die Backup-Infrastruktur eingebunden werden.

##### **PKI**

Die Ausschreibungsphase für den PKI wurde zwar abgeschlossen, doch das System ist noch nicht betriebsbereit.

Sobald das System steht und ein Konzept vorliegt, muss das Testsystem integriert werden.

##### **Hardening**

Mit dem PKI müssen die Daten auf dem Storage als auch der Traffic verschlüsselt werden.

##### **KSGR Ansible**

Wenn das Hardening und Monitoring umgesetzt sind, muss das vitabacks / postgresql\_cluster Repository in den KSGR Red Hat Ansible Automation Platform eingebunden werden.

Dazu muss ggf. ein Fork des GitHub Repositories vorgenommen werden.

##### **Maintenance-Tool**

Das Kubernetes Test- und Produktivsystem des KSGR wurde noch nicht freigegeben.

Sobald dies der Fall ist, muss das Maintenance-Tool sauber implementiert werden.

Secrets müssen mit HashiCorp Vault[54] angebunden, das Logging dem KSGR Standard angeglichen werden.

##### **Produktivsystem**

Wenn SIEM, Backup, PKI, das Hardening und das Ansible Repository umgesetzt wurde, muss das Produktivsystem installiert werden.

##### **YugabyteDB**

Als zweites evaluiertes System, muss YugabyteDB als Test- und Produktivsystems aufgebaut werden.

##### **Performance Warehouse für PostgreSQL**

Als Langzeitarbeit soll ein Performance Warehous aufgebaut werden.

Eine vergleichbare Plattform existiert bereits für Oracle Database.

Aus heutiger Sicht würde ich die Ziele weiter reduzieren. Die Evaluation alleine hat wesentlich mehr Zeit in Anspruch genommen als geplant. Heute würde ich auf die Umsetzung eines Testsystems verzichten und stattdessen ein oder zwei Systeme mehr evaluieren und installieren. Generell habe ich unterschätzt, wie tief der Dive in die Konzepte und Architekturen gehen wird.

Den gesamten Zeitplan, aber auch die Dokumentenstruktur würde ich heute anders aufbauen. Die Evaluation hätte wesentlich mehr Raum und auch den Maintenance-Tools stünden eigene Arbeitspakete zur Verfügung. Das Projektmanagement hat keine eigenen Arbeitspakete erhalten und musste daher immer an anderer Stelle abgebucht werden. Ein weiterer Punkt, den ich anders machen würde, gerade mit einer etwas ausgedehnteren Evaluationsphase, wäre, mehr Zeit für das Projektmanagement vorhanden gewesen.

Die Diplomarbeit zwang mich, aus meiner Komfortzone herauszutreten. Ich habe ungleich mehr DevOps und System Engineering Arbeiten als DBA gemacht, von denen gab es schlussendlich nur eine Handvoll.

Erkenntnisse und Lehren habe ich auf zwei Perspektiven gewonnen. Einmal aus der technischen Sicht. So konnte ich mit rke2 von Grund auf ein Kubernetes System aufbauen und mit local-path-provisioner sowie MetallLB Sinnvoll erweitern. Zudem durfte ich tiefe Einblicke in neue und zukunftsfähige Konzepte wie den Distributed SQL Systemen gewinnen. Als DBA gehörte ich eher zu einer konservativen IT-Sparte, die nach wie vor stark auf monolithische Systeme setzt und neuen Ansätzen eher misstrauisch gegenübersteht. Durch die Diplomarbeit habe ich meinen Horizont um verteilte Systeme und dem CloudNative Ansatz erweitert. Kommt hinzu, dass es für die Evaluation sehr reizvoll war, ein falsch konfiguriertes System einfach zu löschen und angepasst neu zu deployen. Bei Patroni, dass ein monolithisches System war, brauchte es immer einen Snapshot Restore.

Auf der anderen Seite habe ich auch aus der Sicht der Herangehensweise eine wichtige Lektion gelernt. Beim Aufbau von rke2 sowie dem Umgang mit local-path-provisioner und MetallLB hatte ich mit diversen Problemen zu kämpfen, doch gelang es mir, durch intensive Recherche jeweils Lösungen für diese Probleme zu finden. Beim Aufbau des Patroni-Evaluationssystems brachte dieser zeitraubende Ansatz keinen Erfolg mehr. Daher war ich gezwungen, einen Schritt zurückzutreten und das System auf das absolut notwendige Minimum zu vereinfachen. Mit nur noch einem etcd Node, der auf einem anderen Server installiert war, gelang der Aufbau des Evaluationssystems. Diesen Ansatz nahm ich mit Erfolg mit, als ich bei den Maintenance-Tools wieder auf Herausforderungen traf.

Auf einen Satz reduziert, dürfte daher die wichtigste Erkenntnis aus der Diplomarbeit folgende sein: «Im Zweifelsfall geht man besser einen Schritt zurück und nimmt so viel Komplexität aus einem System wie möglich!».

## Abbildungsverzeichnis

1.1	Spitalregionen Kanton Graubünden[1] . . . . .	1
1.2	Wahlkreise Kanton St. Gallen[2] . . . . .	2
1.3	Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[3] . . . . .	3
1.4	Organigramm Kantonsspital Graubünden . . . . .	3
1.5	Organigramm Departement 10 - ICT . . . . .	4
1.6	Risikomanagement PostgreSQL . . . . .	11
1.7	Systemabgrenzung nach nach Züst, Troxler 2002[9] . . . . .	16
1.8	Risikomanagement Projekt . . . . .	19
3.1	Sharding - Vertikale Partitionierung . . . . .	22
3.2	Sharding - Horizontales Partitionierung . . . . .	23
3.3	Monolithische vs. verteilte SQL Systeme . . . . .	25
3.4	CAP-Theorem . . . . .	28
3.5	Datenbankskalierung . . . . .	29
3.6	Präferenzmatrix . . . . .	33
3.7	pg_auto_failover-Architektur - Single Standby . . . . .	39
3.8	pg_auto_failover-Architektur - Multi-Node Standby . . . . .	39
3.9	pg_auto_failover-Architektur - Citus . . . . .	40
3.10	CloudNativePG - Kubernetes - PostgreSQL . . . . .	42
3.11	CloudNativePG - Kubernetes - Read-write workloads . . . . .	42
3.12	CloudNativePG - Kubernetes - Read-only workloads . . . . .	43
3.13	Patroni-Architektur . . . . .	45
3.14	Stackgres - Grundarchitektur . . . . .	47
3.15	Citus - Coordinator und Workers . . . . .	48
3.16	Citus - Row-Based-Sharding . . . . .	48
3.17	Citus - Schema-Based-Sharding . . . . .	49
3.18	StackGres-Citus - Shard-Replikation . . . . .	50
3.19	YugabyteDB - Grundkonzept . . . . .	52
3.20	YugabyteDB - Architektur . . . . .	52
3.21	YugabyteDB - Sharding . . . . .	53
3.22	YugabyteDB - Tablet - Leader und Follower . . . . .	53
3.23	YugabyteDB - Tablet - Replikationsfaktor . . . . .	54
3.24	YugabyteDB - Zonen . . . . .	55
3.25	YugabyteDB - Zone outage Tolerance . . . . .	56
3.26	Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards . . . . .	58
3.27	Patroni - Evaluationsarchitektur . . . . .	59
3.28	Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur Benchmarking . . . . .	62
3.29	Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur Self Healing Tests . . . . .	62
3.30	Stackgres - Citus - Ressourcen - Stack . . . . .	63
3.31	Stackgres - Citus - Datenbank - Cluster . . . . .	64

3.32 YugabyteDB - Evaluationsarchitektur . . . . .	69
3.33 yugabyteDB - Susbsription yugawre . . . . .	69
3.34 Benchmark Settings - Zabbix - Systeminformationen . . . . .	75
3.35 Benchmark Settings - Zabbix - Connections per Second . . . . .	75
3.36 Benchmark Settings - Zabbix - Queries per Second . . . . .	75
3.37 Benchmark Settings - Zabbix - Client Queries per Second . . . . .	76
3.38 Benchmark Settings - Zabbix - DB Size . . . . .	76
3.39 Benchmark Settings - Anzahl Records / Skalierungsfaktor . . . . .	79
3.40 Testing - ERD DB self_healing_test . . . . .	82
3.41 Benchmarking - ERD pgbench . . . . .	89
3.42 Benchmarks - tps . . . . .	91
3.43 Benchmarks - latency . . . . .	91
3.44 Benchmarks - tps Patroni Replica . . . . .	92
3.45 Benchmarks - latency Patroni Replica . . . . .	92
3.46 Benchmarks - Fehler bei mixed-Transaktionen . . . . .	93
3.47 Benchmarks - Initialisierungszeit - Sekunden . . . . .	93
3.48 Benchmarks - Initialisierungszeit - Minuten . . . . .	94
3.49 Benchmarks - Initialisierungszeit - Stunden . . . . .	94
3.50 Zeitaufwände pro Betriebstask . . . . .	97
3.51 Zeitaufwände . . . . .	98
3.52 Zeitaufwände summiert . . . . .	99
3.53 Kostenaufwände pro Betriebstask . . . . .	100
3.54 Kostenaufwände . . . . .	101
3.55 Kostenaufwände Total . . . . .	101
3.56 Kosten-Nutzen-Analyse . . . . .	102
3.57 Kosten-Nutzen-Ranking . . . . .	102
3.58 Kosten-Nutzen-Diagramm . . . . .	103
3.59 Testsystem - Architektur . . . . .	105
3.60 Technical Review - Patroni Nodes . . . . .	111
3.61 Technical Review - Datenbanken . . . . .	111
3.62 Technical Review - PostgreSQL Extensions . . . . .	112
3.63 Technical Review - PostgreSQL User und Rollen . . . . .	113
3.64 Technical Review - HAproxy sks1266 . . . . .	114
3.65 Technical Review - HAproxy sks1267 . . . . .	114
3.66 Technical Review - PgBouncer - Datenbanken . . . . .	114
3.67 Technical Review - PostgreSQL - Log Rotation . . . . .	115
3.68 Testing - Patroni Node hinzufügen - add_pgnode.yml . . . . .	119
3.69 AUTOVACUUM - Berechneter autovacuum_vacuum_scale_factor . . . . .	123
3.70 PRTG - Patroni Monitoring . . . . .	124
3.71 PRTG - Patroni Cluster Sensor Setting . . . . .	126
3.72 PRTG - Patroni Cluster Sensor . . . . .	126
I Riskikomatrix - Assessment 21.03.2024 . . . . .	xxxi
II Riskikomatrix - Assessment 29.04.2024 . . . . .	xxxiii

III	Riskikomatrix - Assessment 13.05.2024 . . . . .	xxxv
IV	CloudNativePG - Pulse . . . . .	xxxvi
V	CloudNativePG - Code Frequency . . . . .	xxxvi
VI	CloudNativePG - Community Standards . . . . .	xxxvii
VII	CloudNativePG - Contributors Commits . . . . .	xxxvii
VIII	CloudNativePG - Contributors Deletations . . . . .	xxxviii
IX	CloudNativePG - Contributors Additions . . . . .	xxxviii
X	CloudNativePG - Commit Activity . . . . .	xxxviii
XI	CloudNativePG - Network Graph . . . . .	xxxix
XII	Patroni - Pulse . . . . .	xl
XIII	Patroni - Code Frequency . . . . .	xl
XIV	Patroni - Community Standards . . . . .	xli
XV	Patroni - Contributors Commits . . . . .	xli
XVI	Patroni - Contributors Deletations . . . . .	xli
XVII	Patroni - Contributors Additions . . . . .	xlii
XVIII	Patroni - Commit Activity . . . . .	xlii
XIX	Patroni - Network Graph . . . . .	xliii
XX	Stackgres - Pulse . . . . .	xliv
XXI	Citus - Pulse . . . . .	xliv
XXII	Stackgres - Code Frequency . . . . .	xliv
XXIII	Citus - Code Frequency . . . . .	xlv
XXIV	Stackgres - Community Standards . . . . .	xlv
XXV	Citus - Community Standards . . . . .	xlvi
XXVI	Stackgres - Contributors Commits . . . . .	xlvi
XXVII	Stackgres - Contributors Deletations . . . . .	xlvi
XXVIII	Stackgres - Contributors Additions . . . . .	xlvii
XXIX	Citus - Contributors Commits . . . . .	xlvii
XXX	Citus - Contributors Deletions . . . . .	xlvii
XXXI	Citus - Contributors Additions . . . . .	xlvii
XXXII	Stackgres - Commit Activity . . . . .	xlviii
XXXIII	Citus - Commit Activity . . . . .	xlviii
XXXIV	Stackgres - Network Graph . . . . .	xlix
XXXV	Citus - Network Graph . . . . .	xlix
XXXVI	YugabyteDB - Pulse . . . . .	l
XXXVII	YugabyteDB - Code Frequency . . . . .	l
XXXVIII	YugabyteDB - Community Standards . . . . .	li
XXXIX	YugabyteDB - Contributors . . . . .	li
XL	YugabyteDB - Commit Activity . . . . .	lii
XLI	YugabyteDB - Network Graph . . . . .	lii
XLII	HAProxy - Web-GUI . . . . .	xcvii
XLIII	StackGres Testing - Node sks1184 down . . . . .	cxxxix
XLIV	StackGres Testing - Pods Down . . . . .	cxxxix
XLV	StackGres Testing - Patroni Übersicht . . . . .	cxxxix
XLVI	StackGres Testing - DB Zugriff . . . . .	cxl

XLVII StackGres Testing - Connection Timeout . . . . .	cxl
XLVIII YugabyteDB - Too big clock skew is detected . . . . .	cxli
XLIX YugabyteDB - Tablet Leader - No Lease . . . . .	cxli
L    YugabyteDB - CrashLoopBackOff . . . . .	cxli
LI    YugabyteDB - Too big clock skew is detected - tmaster . . . . .	cxlii
LII    YugabyteDB - Too big clock skew is detected - tserver . . . . .	cxlii
LIII local-path-provisioner[107] . . . . .	ccxxi

## Tabellenverzeichnis

1.1 Inventarisierte Datenbanksysteme . . . . .	7
1.2 Datenbankinventar . . . . .	8
1.3 Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt . . . . .	8
1.4 Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken . . . . .	10
1.5 Administrative Aufgaben . . . . .	12
1.6 Automatisierung Administrativer Aufgaben . . . . .	13
1.7 Ziele . . . . .	14
1.8 Gegebene Systeme . . . . .	15
1.9 Abhängigkeiten . . . . .	17
1.10 Risiko-Matrix der Diplomarbeit . . . . .	18
 2.1 Projektcontrolling . . . . .	20
3.1 Quorum Beispiele . . . . .	27
3.2 Stakeholder . . . . .	30
3.3 Anforderungskatalog . . . . .	32
3.4 Anbieter und Systeme . . . . .	34
3.5 Vorauswahl - Ausgeschieden . . . . .	57
3.6 Vorauswahl - Evaluation . . . . .	57
3.7 Evaluationssyssteme . . . . .	58
3.8 Evaluationssysstem - Distributed SQL / Sharding . . . . .	58
3.9 Benchmark Settings - Mixed Transaktionen . . . . .	77
3.10 Benchmark Settings - DQL Transaktionen . . . . .	77
3.11 Benchmark Settings - Skalierungsfaktoren . . . . .	78
3.12 Benchmark Settings - Datenbankvolumen / Skalierungsfaktor . . . . .	78
3.13 Benchmark Settings - Tabellenvolumen / Skalierungsfaktor . . . . .	78
3.14 Testresultate Evaluation Patroni . . . . .	84
3.15 Testresultate Evaluation StackGres - Citus . . . . .	86
3.16 Testresultate Evaluation YugabyteDB . . . . .	86
3.17 Kostenberechnung - Annahmen . . . . .	95
3.18 Gemessene und extrapolierte Aufwände . . . . .	96
3.19 Gemessene und extrapolierte Kosten . . . . .	100
3.20 Testsystem - Komponenten . . . . .	104
3.21 Testsystem - Inventar . . . . .	106
3.22 Testsystem - Auxiliar Inventar . . . . .	106
3.23 Testsystem - Benötigte Ports . . . . .	108
3.24 Testresultate Testsystem . . . . .	118
 4.1 Result - Zielüberprüfung . . . . .	129
I Arbeitsrapport . . . . .	iv

II	Kommentare - Anmerkung . . . . .	xxix
III	Neu Erkannte / Erfasste Risiken . . . . .	xxx
IV	Risiko-Assessment 21.03.2024 . . . . .	xxx
V	Risiko-Assessment 29.04.2024 . . . . .	xxxii
VI	Risiko-Assessment 13.05.2024 . . . . .	xxxiv

## Listings

3.1 Patroni - etcd API V2 Error . . . . .	60
3.2 Patroni - etcd API V2 Enable . . . . .	60
3.3 Patroni - etcd3 Flag . . . . .	60
3.4 Patroni - Passwörter . . . . .	60
3.5 Patroni - Synchrone Replikation setzen . . . . .	61
3.6 StackGres - values.yaml - Extension proxyUrl . . . . .	65
3.7 StackGres - values.yaml - Extension Proxy . . . . .	65
3.8 StackGres-Citus - LoadBalancer -Annotation . . . . .	66
3.9 StackGres-Citus - StorageClass -PVC Binding . . . . .	67
3.10 StackGres-Citus - Instanz-Profile . . . . .	67
3.11 StackGres-Citus - StorageClass -PVC Binding . . . . .	67
3.12 StackGres-Citus - Cluster Profil . . . . .	68
3.13 StackGres-Citus - SGPostgresConfig . . . . .	68
3.14 metallb - Konfig YAML - Detail L2Advertisement . . . . .	70
3.15 YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Image . . . . .	70
3.16 YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail StorageClass . . . . .	70
3.17 YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Resources . . . . .	71
3.18 YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Replika . . . . .	71
3.19 YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Disable YSQL . . . . .	71
3.20 YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Domainname und Service-Endpoints . . . . .	72
3.21 local-path-provisioner nodePathMap . . . . .	72
3.22 local-path-provisioner nodePathMap Beispiel . . . . .	73
3.23 YugabyteDB - StorageClass nodeAffinity . . . . .	73
3.24 Patroni - Testing - Switchover . . . . .	83
3.25 Patroni - Testing - Reinit . . . . .	83
3.26 Patroni - Benchmarking - Monitoring . . . . .	88
3.27 Citus - Benchmarking - Distributed Table Sharding . . . . .	88
3.28 Citus - Benchmarking - Reference Table Sharding . . . . .	89
3.29 main.xyml - No Proxy . . . . .	108
3.30 main.xyml - Gruppenproxy . . . . .	108
3.31 main.xyml - SProxy . . . . .	109
3.32 Deploy - deploy_pgcluster.yml . . . . .	109
3.33 Maintenance - config_pgcluster.yml . . . . .	109
3.34 HAProxy Node erweitern - Inventory . . . . .	110
3.35 HAProxy Node erweitern - add_balancer.yml . . . . .	110
3.36 Patroni Node erweitern - Inventory . . . . .	110
3.37 Patroni Node erweitern - add_pgnode.yml . . . . .	110
3.38 PgBouncer - Connect . . . . .	115
3.39 PgBouncer - Databases . . . . .	115

3.40 Maintenance-Tool - List - Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices . . . . .	121
3.41 Maintenance-Tool - VACUUM - Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices . . . . .	121
3.42 Maintenance-Tool - REINDEX - Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices . . . . .	122
3.43 Maintenance-Tool - Check AUTOVACUUM - Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices . .	122
3.44 Maintenance-Tool - Parameter - Maintenance-Tool - AUTOVACUUM . . . . .	123
 1 Proxy Settings . . . . .	lili
2 rke2 server - Verzeichnis erstellen . . . . .	lili
3 rke2 server - config.yaml . . . . .	lili
4 rke2 server - cilium-config.yaml . . . . .	lili
5 rke2 server installieren . . . . .	liv
6 rke2 agenten installieren . . . . .	liv
7 rke2 agent - config.yaml . . . . .	liv
8 -rke2 agent service restart . . . . .	liv
9 rke2 server proxy . . . . .	liv
10 iptables entries server . . . . .	lv
11 local-path-storage auf Linux Bereitstellen . . . . .	lv
12 local-path-provisioner definieren . . . . .	lvi
13 local-path-storage aktualisieren . . . . .	lvi
14 MetallB installieren . . . . .	lvii
15 MetallB konfigurieren . . . . .	lvii
16 MetallB Konfiguration einspielen . . . . .	lvii
17 rke2 - 250GiB Disk mount . . . . .	lvii
18 local-path-storage 250GiB auf Linux Bereitstellen . . . . .	lviii
19 local-path-provisioner Grosse Volumes . . . . .	lviii
20 local-path-storage 250GiB aktualisieren . . . . .	lix
21 YugabyteDB - StorageClass setzen . . . . .	lix
22 YugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren . . . . .	lx
23 YugabyteDB - Namespace . . . . .	lx
24 YugabyteDB - Helm Chart Manifest . . . . .	lx
25 YugabyteDB - Installation . . . . .	lxxi
26 YugabyteDB - Deinstallieren . . . . .	lxxi
27 YugabyteDB - StorageClass setzen . . . . .	lxxi
28 YugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume Grosse Volumes aktivieren . . . . .	lxxii
29 YugabyteDB - Namespace 250GiB . . . . .	lxxii
30 YugabyteDB - Helm Chart Manifest 250GiB . . . . .	lxxii
31 YugabyteDB - Cloud - Region - Zone . . . . .	lxxxi
32 YugabyteDB - Benchmarking - DB erstellen . . . . .	lxxxi
33 YugabyteDB - Benchmarking - Table Size . . . . .	lxxxi
34 YugabyteDB - Self Healing Tests - CREATE-SQL . . . . .	lxxxii
35 YugabyteDB - Self Healing Tests - Init Data . . . . .	lxxxiv
36 YugabyteDB - Self Healing Tests - Failover Data . . . . .	lxxxv
37 YugabyteDB - Self Healing Tests - Recovery Data . . . . .	lxxxvi
38 sks9016 - Download YugabyteDB On-Premise . . . . .	lxxxvi

39	sks9016 - Installation YugabyteDB On-Premise . . . . .	lxxxvi
40	sks9016 - Check YugabyteDB On-Premise . . . . .	lxxxvii
41	Patroni - Firewall Settings . . . . .	lxxxvii
42	Patroni - Proxy Settings . . . . .	lxxxviii
43	Patroni - apt-Proxy Settings . . . . .	lxxxviii
44	Patroni - PostgreSQL einbinden . . . . .	lxxxviii
45	Patroni - Prerequisites installieren . . . . .	lxxxix
46	Patroni - Stop Patroni und PostgreSQL . . . . .	lxxxix
47	Patroni - Symlink binaries . . . . .	lxxxix
48	Patroni - Checks . . . . .	lxxxix
49	etcd - Installation . . . . .	lxxxix
50	etcd - Konfiguration . . . . .	lxxxix
51	etcd - restart . . . . .	lxxxix
52	etcd - member list . . . . .	xc
53	Patroni Bootstrap - Konfiguration bereinigen . . . . .	xc
54	Patroni - Konfiguration - sks1232 . . . . .	xc
55	Patroni - Konfiguration - sks1233 . . . . .	xcii
56	Patroni - Konfiguration - sks1234 . . . . .	xciii
57	Patroni Bootstrap - pg_hba . . . . .	xcv
58	Patroni Bootstrap - Patroni-Verzeichnis . . . . .	xcv
59	Patroni Bootstrap - Neu starten . . . . .	xcv
60	Patroni Bootstrap - Disable PostgreSQL . . . . .	xcvi
61	HAProxy - Hostliste . . . . .	xcvi
62	HAProxy - Installation . . . . .	xcvi
63	HAProxy - Safe Alte Config . . . . .	xcvi
64	HAProxy - Konfiguration . . . . .	xcvi
65	HAProxy - Restart . . . . .	xcvii
66	Patroni - 250GiB Disk mount . . . . .	xcviii
67	Patroni - 250GiB Verzeichnisse . . . . .	xcviii
68	Patroni - 250GiB Cluster Pause . . . . .	xcviii
69	Patroni - 250GiB PostgreSQL stoppen . . . . .	xcviii
70	Patroni - 250GiB move pg_wal . . . . .	xcix
71	Patroni - 250GiB chmod - chown pg_wal . . . . .	xcix
72	Patroni - 250GiB PostgreSQL - Patroni resume . . . . .	xcix
73	Patroni - 250GiB Finaler Check . . . . .	xcix
74	Patroni - 250GiB set Parameter . . . . .	ci
75	Patroni - Benchmarking - DB erstellen . . . . .	cii
76	Patroni - Benchmarking - DB Cleanup . . . . .	ciii
77	Patroni - Benchmarking - Tablespaces erneut erstellen . . . . .	ciii
78	Patroni - Self Healing Tests - CREATE-SQL . . . . .	ciii
79	Patroni - Self Healing Tests - Init Data . . . . .	cvi
80	Patroni - Self Healing Tests - Failover Data . . . . .	cvi
81	Patroni - Self Healing Tests - Recovery Data . . . . .	cvi
82	StackGres-Citus - StorageClass setzen . . . . .	cvi

83	StackGres-Citus - StorageClass / PersistentVolume aktivieren . . . . .	cix
84	StackGres-Citus - Namespace . . . . .	cix
85	StackGres-Citus - Helm Chart Manifest . . . . .	cix
86	StackGres-Citus - Installation . . . . .	cxvi
87	StackGres-Citus - Post-Installation . . . . .	cxvii
88	StackGres-Citus - System Username . . . . .	cxvii
89	StackGres-Citus - System Passwort . . . . .	cxvii
90	StackGres-Citus - System Passwort Cleanup . . . . .	cxvii
91	StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Coordinator . . . . .	cxvii
92	StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Shard . . . . .	cxviii
93	StackGres-Citus - Benchmarking - Instanz-Profil Deploy . . . . .	cxviii
94	StackGres-Citus - Benchmarking - SGShardedCluster . . . . .	cxviii
95	StackGres-Citus - Benchmark - Cluster Deploy . . . . .	cix
96	StackGres-Citus - Benchmark DB Passwort . . . . .	cix
97	StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGInstanceProfile Coordinator . . . . .	cix
98	StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGInstanceProfile Shard . . . . .	cix
99	StackGres-Citus - Self Healing Testing - Instanz-Profil Deploy . . . . .	cxx
100	StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGShardedCluster . . . . .	cxx
101	StackGres-Citus - Self Healing Testing - Cluster Deploy . . . . .	cxi
102	StackGres-Citus - Self Healing Testing DB Passwort . . . . .	cxi
103	StackGres-Citus - Deinstallieren . . . . .	cxi
104	StackGres-Citus - StorageClass setzen . . . . .	cxi
105	StackGres-Citus - StorageClass / PersistentVolume Grosse Volumes aktivieren . . . . .	cxxii
106	StackGres-Citus - Namespace 250GiB . . . . .	cxxii
107	StackGres-Citus - Installation 250GiB . . . . .	cxxii
108	StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Coordinator 250GiB . . . . .	cxxii
109	StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Shard 250GiB . . . . .	cxxiii
110	StackGres-Citus - Benchmarking - Instanz-Profil Deploy 250GiB . . . . .	cxxiii
111	StackGres-Citus - Benchmarking - SGPostgresConfig . . . . .	cxxiii
112	StackGres-Citus - Benchmark - Deploy SGPostgresConfig . . . . .	cxxiv
113	StackGres-Citus - Benchmarking - SGShardedCluster 250GiB . . . . .	cxxiv
114	StackGres-Citus - Benchmark - Cluster Deploy 250GiB . . . . .	cxxv
115	StackGres-Citus - Self Healing Tests - CREATE-SQL . . . . .	cxxvi
116	StackGres-Citus - Self Healing Tests - Init Data . . . . .	cxxviii
117	StackGres-Citus - Self Healing Tests - Failover Data . . . . .	cxxviii
118	StackGres-Citus - Self Healing Tests - Recovery Data . . . . .	cxxix
119	YugabyteDB - Benchmarking-Commands . . . . .	cxxxii
120	yugabyteDB - Benchmarking - Table Size SQL . . . . .	cxxxiii
121	Patroni - Benchmarking-Commands . . . . .	cxxxiv
122	Patroni - Benchmarking - Table Size SQL . . . . .	cxxxv
123	StackGres-Citus - Benchmarking-Commands . . . . .	cxxxvi
124	StackGres-Citus - Benchmarking - Table Size SQL . . . . .	cxxxviii
125	Ansible - Installation . . . . .	cxlvi
126	Ansible - Repository Clone . . . . .	cxlvi

127 Ansible - cd Repository . . . . .	cxliii
128 Testsystem - Firewall Settings . . . . .	cxliii
129 Testsystem - Proxy Settings . . . . .	cxliv
130 Testsystem - apt-Proxy Settings . . . . .	cxliv
131 Testsystem - Deployment - inventory . . . . .	cxlv
132 Testsystem - Deployment - main.yml . . . . .	cxlvi
133 Deploy - Anhang - Ansible Ping . . . . .	clviii
134 Deploy - Anhang - deploy_pgcluster.yml . . . . .	clix
135 Deploy - Anhang - Deployt . . . . .	clix
136 Testsystem - Anhang - Maintenance - main.yml . . . . .	clxxxvi
137 Testsystem - Anhang - Maintenance - config_pgcluster.yml . . . . .	cxcix
138 Testsystem - sks9016 - apt-Proxy Settings . . . . .	cxcix
139 Testsystem - sks9016 - Proxy Settings . . . . .	cxcix
140 Testsystem - Anhang - add_balancer.yml - inventory . . . . .	cxcix
141 Testsystem - Anhang - add_balancer.yml . . . . .	cc
142 Testsystem - Anhang - add_pgnode.yml - inventory . . . . .	cc
143 Testsystem - Anhang - add_pgnode.yml . . . . .	cci
144 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - ksgr_postgresql_maintenance_bloated_tables.py	ccii
145 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Namespace . . . . .	ccv
146 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Python > ConfigMap . . . . .	ccv
147 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Python - ConfigMap Deploy . . . . .	ccv
148 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Base64 . . . . .	ccv
149 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Secret . . . . .	ccv
150 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Secret Deploy . . . . .	ccvi
151 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - configmap-vks0041-gramic-test . . . . .	ccvi
152 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - configmap-vks0041-gramic-test Deploy . . . . .	ccvi
153 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - ksgr-maintenance-bloating-vks0041-gramic-test	ccvii
154 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - ksgr-maintenance-bloating-vks0041-gramic-test Deploy . . . . .	ccviii
155 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - ksgr_postgresql_maintenance_autovacuum_calculation.py	ccviii
156 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - Python > ConfigMap . . . . .	ccxi
157 Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Python - ConfigMap Deploy . . . . .	ccxii
158 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - configmap-vks0041-postgres . . . . .	ccxii
159 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - configmap-vks0041-postgres Deploy . . . . .	ccxii
160 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - configmap-vks0041-autovacuum . . . . .	ccxii
161 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - configmap-vks0041-autovacuum Deploy . . . . .	ccxiii
162 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - ksgr-maintenance-autovacuum-calulation . . . . .	ccxiii
163 Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - ksgr-maintenance-autovacuum-calulation Deploy . . . . .	ccxiv
164 Monitoring - KSGR - Patroni - Healthcheck.py . . . . .	ccxv

## Literatur

- [1] Gesundheitsamt Graubünden, Uffizi da sanadad dal Grischun und Ufficio dell'igiene pubblica dei Grigioni. *Kenndaten 2016 Spitäler und Kliniken September 2018*. <https://www.gr.ch/DE/institutionen-verwaltung/djsg/ga/InstitutionenGesundheitswesens/Spitaeler/Dok%20Spitler/Kenndaten%202016%20Spit%C3%A4ler.pdf>.
- [2] Kanton St. Gallen - Dienst für politische Rechte und Staatskanzlei Kanton St. Gallen - Dienststelle Kommunikation. *Wahlkreise für Kantonsratswahlen / sg.ch*. <https://www.sg.ch/politik-verwaltung-abstimmungen-wahlen/Wahlkreise-im-Kanton-SG.html>.
- [3] Kanton St. Gallen - Amt für Gesundheitsversorgung und Staatskanzlei Kanton St. Gallen - Dienststelle Kommunikation. *Weiterentwicklung der Strategie der St.Galler Spitalverbunde / sg.ch*. <https://www.sg.ch/gesundheit-soziales/gesundheit/gesundheitsversorgung--spitaeler-spitex/spitaeler-spitalzukunft.html>.
- [4] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *DB-Engines Ranking*. <https://db-engines.com/en/ranking>.
- [5] Shiv Iyer und MinervaDB. *PostgreSQL DBA Daily Checklist*. <https://minervadb.xyz/postgresql-dba-daily-2020>.
- [6] Pankaj Kushwaha und Unit 3D North Point House. *POSTGRESQL DATABASE MAINTENANCE. Routine backup of daily database... / by Pankaj kushwaha / Medium*. <https://pankajconnect.medium.com/postgresql-database-maintenance-66cd638d25ab>.
- [7] Varun Dhawan und data-nerd.blog. *PostgreSQL-Diagnostic-Queries – data-nerd.blog*. <https://data-nerd.blog/2018/12/30/postgresql-diagnostic-queries/>.
- [8] Satyadeep Ashwathnarayana und Inc. Netdata. *How to monitor and fix Database bloats in PostgreSQL? / Netdata Blog*. <https://blog.netdata.cloud/postgresql-database-bloat/>. 2022.
- [9] Rainer Züst. „Einstieg ins Systems Engineering“. In: (2002).
- [10] Veeam Software Group GmbH. *#1 Backup-Lösung für Kubernetes*. <https://www.veeam.com/de/kubernetes-native-backup-and-restore.html?ck=1697900263871>. 2024.
- [11] Pasha Kostohrys. *Database replication — an overview*. <https://medium.com/@pkostohrys/database-replication-2020>.
- [12] Unmesh Joshi. *Quorum*. <https://martinfowler.com/articles/patterns-of-distributed-systems/quorum.html>. 2020.
- [13] Diego Ongaro. „Consensus: Bridging Theory and Practice“. In: (2014).
- [14] Patrick Hunt, Mahadev Konar, Flavio P Junqueira und Benjamin Reed. „ZooKeeper: Wait-free coordination for Internet-scale systems“. In: (2010).
- [15] IBM Deutschland GmbH. *Was ist das CAP-Theorem? / IBM*. <https://www.ibm.com/de-de/topics/cap-theorem>. 2023.
- [16] Sebastian Insausti. *Scaling PostgreSQL for Large Amounts of Data*. <https://severalnines.com/blog/scaling-postgresql-large-amounts-data/>. 2019.

- [17] Percona LLC. *Support and Services for PostgreSQL*. <https://www.percona.com/postgresql/support-and-services>. 2024.
- [18] Percona LLC. *Percona Software for PostgreSQL*. <https://www.percona.com/postgresql/software>. 2024.
- [19] EnterpriseDB Corporation. *EDB-Home*. <https://enterprisedb.com/>. 2024.
- [20] Bruno Queirós und LinkedIn Ireland Unlimited Company. *Postgresql replication with automatic failover*. <https://www.linkedin.com/pulse/postgresql-replication-automatic-failover-bruno-queir%C3%B3s>. 2020.
- [21] The Pgpool Global Development Group. *What is Pgpool-II?* <https://www.pgpool.net/docs/44/en/html/intro-whatis.html>. 2023.
- [22] cbonte Cyril Bonté und haproxy.org. *HAProxy Documentation Converter*. <https://docs.haproxy.org/>. 2024.
- [23] hapostgres. *Manual Pages — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/ref/manual.html>. 2022.
- [24] hapostgres. *Architecture Basics — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/architecture.html>. 2022.
- [25] hapostgres. *Multi-node Architectures — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/architecture-multi-standby.html>. 2022.
- [26] hapostgres. *Citus Support — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/citus.html>. 2022.
- [27] EnterpriseDB Corporation. *CloudNativePG - Main Features*. <https://cloudnative-pg.io/documentation/1.22/#main-features>. 2024.
- [28] EDB Team. *API Reference - CloudNativePG*. <https://cloudnative-pg.io/documentation/1.22/cloudnative-pg.v1/>. 2024.
- [29] PgBouncer Authors. *PgBouncer - lightweight connection pooler for PostgreSQL*. <https://www.pgbouncer.org/>. 2024.
- [30] vitabaks/postgresql\_cluster. [https://github.com/vitabaks/postgresql\\_cluster](https://github.com/vitabaks/postgresql_cluster). original-date: 2019-06-04T13:26:17Z. 2024.
- [31] Inc. OnGres. *Features - StackGres Documentation*. <https://stackgres.io/doc/latest/features/>. 2024.
- [32] Envoy Project Authors und The Linux Foundation. *Envoy proxy - home*. <https://www.envoyproxy.io/>. 2024.
- [33] a Microsoft Company Citus Data. *Concepts - Citus 12.1 documentation - row-based-sharding*. [https://docs.citusdata.com/en/v12.1/get\\_started/concepts.html#row-based-sharding](https://docs.citusdata.com/en/v12.1/get_started/concepts.html#row-based-sharding). 2023.
- [34] a Microsoft Company Citus Data. *Choosing Distribution Column - Citus 12.1 documentation*. [https://docs.citusdata.com/en/v12.1/sharding/data\\_modeling.html#distributed-data-modeling](https://docs.citusdata.com/en/v12.1/sharding/data_modeling.html#distributed-data-modeling). 2021.
- [35] a Microsoft Company Citus Data. *Cluster Management — Citus Docs 7.2 documentation*. [https://docs.citusdata.com/en/v7.2/admin\\_guide/cluster\\_management.html](https://docs.citusdata.com/en/v7.2/admin_guide/cluster_management.html). 2018.

- [36] a Microsoft Company Citus Data und Ozgun Erdogan. *Citus Replication Model: Today and Tomorrow - Replication Groups*. <https://www.citusdata.com/blog/2016/12/15/citus-replication-model-today-and-tomorrow-replication-groups>. 2016.
- [37] a Microsoft Company Citus Data. *Cluster Management - Citus 12.1 documentation - worker-node-failure*. [https://docs.citusdata.com/en/v12.1/admin\\_guide/cluster\\_management.html#worker-node-failures](https://docs.citusdata.com/en/v12.1/admin_guide/cluster_management.html#worker-node-failures). 2023.
- [38] Sami Ahmed Siddiqui. *Distributed SQL 101*. <https://www.yugabyte.com/distributed-sql/>.
- [39] Inc. Yugabyte. *Benefits of using YugabyteDB*. <https://docs.yugabyte.com/preview/features/>. Section: preview. 2024.
- [40] Michael Haag. *Built-in Connection Manager Turns Key PostgreSQL Weakness into a Strength*. <https://www.yugabyte.com/blog/connection-pooling-management/>. 2023.
- [41] Inc. Yugabyte. *API reference (for YSQL and YCQL)*. <https://docs.yugabyte.com/preview/api/>. 2024.
- [42] Inc. Yugabyte. *CLIs and command line tools*. <https://docs.yugabyte.com/preview/admin/>. 2024.
- [43] Inc. Yugabyte. *YB-TServer service*. <https://docs.yugabyte.com/preview/architecture/concepts/yb-tserver/>. Section: preview. 2024.
- [44] Inc. Yugabyte. *Replication in DocDB - Zone Fault Tolerance*. <https://docs.yugabyte.com/preview/architecture/docdb-replication/replication/>. Section: preview. 2024.
- [45] ivzhenko. *Problem with 08P01: server conn crashed? · Issue #714 · pgbouncer/pgbouncer*. <https://github.com/pgbouncer/pgbouncer/issues/714>. 2022.
- [46] dustinmhorvath Dustin Horvath. *MetallB provides Services with IP Addresses but doesn't ARP for the address · Issue #1154 · metallb/metallb*. <https://github.com/metallb/metallb/issues/1154>. 2022.
- [47] The PostgreSQL Global Development Group. *pgbench*. <https://www.postgresql.org/docs/16/pgbench.html>. 2023.
- [48] *About pgbench-tools*. <https://github.com/gregs1104/pgbench-tools>. original-date: 2010-02-17T13:33:28Z. 2023.
- [49] Julian Markwort. „Benchmarking four Different Replication Solutions“. In: () .
- [50] CYBERTEC Guest. *A formula to calculate pgbench scaling factor for target DB size*. <https://www.cybertec-postgresql.com/en/a-formula-to-calculate-pgbench-scaling-factor-for-target-db-size>. 2018.
- [51] Karthik Ranganathan. *Evolving Clock Sync in Distributed Databases | YugabyteDB*. <https://www.yugabyte.com/blog/evolving-clock-sync-for-distributed-databases/>. 2022.
- [52] a Microsoft Company Citus Data. *Benchmark Setup with Citus and pgbench - Citus 12.1 documentation*. [https://docs.citusdata.com/en/stable/extra/write\\_throughput\\_benchmark.html](https://docs.citusdata.com/en/stable/extra/write_throughput_benchmark.html). 2022.
- [53] a Microsoft Company Citus Data. *Creating and Modifying Distributed Objects (DDL) - Citus 12.1 documentation*. [https://docs.citusdata.com/en/stable/develop/reference\\_ddl.html?highlight=create\\_reference\\_table#reference-tables](https://docs.citusdata.com/en/stable/develop/reference_ddl.html?highlight=create_reference_table#reference-tables). 2023.

- [54] Inc. HashiCorp. *Introduction | Vault | HashiCorp Developer*. <https://developer.hashicorp.com/vault/docs/what-is-vault>. 2024.
- [55] Zalando SE. *DCS Failsafe Mode — Patroni 3.3.0 documentation*. [https://patroni.readthedocs.io/en/latest/dcs\\_failsafe\\_mode.html#dcs-failsafe-mode](https://patroni.readthedocs.io/en/latest/dcs_failsafe_mode.html#dcs-failsafe-mode). 2024.
- [56] The PostgreSQL Global Development Group. *14.1. Using EXPLAIN*. <https://www.postgresql.org/docs/16/using-explain.html>. 2024.
- [57] Red Hat Limited. *Was ist Ansible?* <https://www.redhat.com/de/technologies/management/ansible/what-is-ansible>.
- [58] The PostgreSQL Global Development Group. *25.1. Routine Vacuuming*. <https://www.postgresql.org/docs/16/routine-vacuuming.html>. 2023.
- [59] IONOS SE. *Apache Cassandra: Verteilte Verwaltung großer Datenbanken*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/apache-cassandra-vorgestellt/>. 2021.
- [60] Red Hat Limited. *Was ist CI/CD? Konzepte und CI/CD Tools im Überblick*. <https://www.redhat.com/de/topics/devops/what-is-ci-cd>.
- [61] The Cilium Authors und The Linux Foundation. *Cilium - Cloud Native, eBPF-based Networking, Observability, and Security*. <https://cilium.io>. 2024.
- [62] Cilium Authors. *Introduction to Cilium & Hubble — Cilium 1.15.3 documentation*. <https://docs.cilium.io/en/stable/overview/intro/#what-is-cilium>. 2024.
- [63] Sujoy Nath. *Database Connection Pool*. <https://medium.com/@sujoy.swe/database-connection-pool-641>. 2023.
- [64] Inc. HashiCorp. *Consul Architecture | Consul | HashiCorp Developer*. <https://developer.hashicorp.com/consul/docs/architecture>. 2024.
- [65] Inc. HashiCorp. *Consensus Protocol | Raft | Consul | HashiCorp Developer*. <https://developer.hashicorp.com/consul/docs/architecture/consensus>. 2024.
- [66] IONOS SE. *Datenbankmanagementsystem (DBMS) erklärt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/datenbankmanagementsystem-dbms-erklaert/>. 2020.
- [67] Zalando SE. *Dynamic Configuration Settings — Patroni 3.2.2 documentation*. [https://patroni.readthedocs.io/en/latest/dynamic\\_configuration.html](https://patroni.readthedocs.io/en/latest/dynamic_configuration.html). 2024.
- [68] Nico Litzel, Stefan Luber und Vogel IT-Medien GmbH. *Was ist Elasticsearch?* <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-elasticsearch-a-939625/>. 2020.
- [69] etcd Authors, The Linux Foundation und Cloud Native Computing Foundation. *etcd*. <https://etcd.io/>. 2024.
- [70] Git. *About - Git*. <https://git-scm.com/about>.
- [71] Thomas-Krenn.AG. *Git Grundlagen – Thomas-Krenn-Wiki*. [https://www.thomas-krenn.com/de/wiki/Git\\_Grundlagen](https://www.thomas-krenn.com/de/wiki/Git_Grundlagen).
- [72] Inc. GitHub. *Informationen zu GitHub Enterprise Server - GitHub Enterprise Server 3.12 Docs*. <https://docs.github.com/de/enterprise-server@3.12/admin/overview/about-github-enterprise-server>. 2024.
- [73] GitLab B.V. und GitLab Inc. *The DevSecOps Platform | GitLab*. <https://about.gitlab.com/>.

- [74] cbonte Cyril Bonté und haproxy.org. *HAProxy version 2.9.6 - Starter Guide*. <https://docs.haproxy.org/2.9/intro.html#3.2>. 2024.
- [75] The Linux Foundation. *Harbor*. <https://goharbor.io/>. 2023.
- [76] Helm Authors 2024 und The Linux Foundation. *Helm*. <https://helm.sh/>. 2024.
- [77] Martin Keen und IBM Deutschland GmbH. *IBM Db2*. <https://www.ibm.com/de-de/products/db2>.
- [78] Switzerland Linuxfabrik GmbH Zurich. *Keepalived — Open Source Admin-Handbuch der Linuxfabrik*. <https://docs.linuxfabrik.ch/software/keepalived.html>. 2023.
- [79] Alexandre Cassen und Read the Docs. *Introduction — Keepalived 1.2.15 documentation*. <https://keepalived.readthedocs.io/en/latest/introduction.html>. 2017.
- [80] Keycloak Authors und The Linux Foundation. *Keycloak*. <https://www.keycloak.org/>.
- [81] The MetalLB Contributors und The Linux Foundation. *MetalLB, bare metal load-balancer for Kubernetes*. <https://metallb.universe.tf/>. 2024.
- [82] Microsoft Corporation. *Azure SQL-Datenbank – ein verwalteter Clouddatenbankdienst | Microsoft Azure*. <https://azure.microsoft.com/de-de/products/azure-sql/database>. 2023.
- [83] Microsoft Corporation. *Datenbank-Software und Datenbankanwendungen | Microsoft Access*. <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/access>. 2023.
- [84] Microsoft Corporation. *Microsoft Data Platform | Microsoft*. <https://www.microsoft.com/de-ch/sql-server>.
- [85] IONOS SE. *MongoDB – die flexible und skalierbare NoSQL-Datenbank*. <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/mongodb-vorstellung-und-vergleich-mit-mysql/>. 2019.
- [86] Jedox GmbH. *Was ist OLAP? Online Analytical Processing im Überblick*. <https://www.jedox.com/de/blog/was-ist-olap/>. Section: Knowledge.
- [87] IBM Deutschland GmbH. *Was ist OLAP? | IBM*. <https://www.ibm.com/de-de/topics/olap>.
- [88] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *relationale Datenbanken - DB-Engines Enzyklopädie*. <https://db-engines.com/de/article/relationale+Datenbanken?ref=RDBMS>.
- [89] Inc. Red Hat. *Red Hat Ansible Automation Platform automation controller*. <https://www.redhat.com/en/technologies/management/ansible/automation-controller>. 2024.
- [90] IONOS SE. *Was ist Redis? Die Datenbank vorgestellt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/was-ist-redis/>. 2020.
- [91] SUSE Rancher. *Introduction / RKE2*. <https://docs.rke2.io/>. 2024.
- [92] Elektronik-Kompendium.de und Schnabel Schnabel. *SAN - Storage Area Network*. <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0906071.htm>. 2023.
- [93] Hewlett Packard Enterprise Development LP. *Was ist SAN-Speicher? | Glossar*. <https://www.hpe.com/ch/de/what-is/san-storage.html>.
- [94] Pure Storage Germany GmbH. *Was ist ein Storage Area Network (SAN)? | Pure Storage*. <https://www.purestorage.com/de/knowledge/what-is-storage-area-network.html>.
- [95] IONOS SE. *Was ist SIEM (Security Information and Event Management)?* <https://www.ionos.de/digitalguide/server/sicherheit/was-ist-siem/>. 2020.

- [96] Inc. Snowflake. *Datenbanken, Tabellen und Ansichten – Überblick* | *Snowflake Documentation*. <https://docs.snowflake.com/de/guides-overview-db>.
- [97] Ed Reckers und SnapLogic Inc. *Was ist die Snowflake-Datenplattform?* <https://www.snaplogic.com/de/blog/snowflake-data-platform>. 2023.
- [98] Splunk Inc. *Splunk / Der Schlüssel zu einem resilienten Unternehmen*. [https://www.splunk.com/de\\_de](https://www.splunk.com/de_de). 2023.
- [99] Anatoli Kreyman. *Was ist eigentlich Splunk?* <https://www.kreyman.de/index.php/splunk/76-was-ist-eig>
- [100] IONOS SE. *SQLite: Die bekannte Programmzbibliothek im Detail vorgestellt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/sqlite/>. 2023.
- [101] IONOS SE. *Terraform*. <https://www.ionos.de/digitalguide/server/tools/was-ist-terraform/>. 2020.
- [102] Inc. HashiCorp. *Terraform by HashiCorp*. <https://www.terraform.io/>.
- [103] Inc. Juniper Networks. *VRRP verstehen | Junos OS | Juniper Networks*. <https://www.juniper.net/documentation/de/de/software/junos/high-availability/topics/topic-map/vrrp-understanding.html>. 2024.
- [104] *7210-vrrp.pdf*. [https://www.cisco.com/c/de\\_de/support/docs/security/vpn-3000-series-concentrator/7210-vrrp.pdf](https://www.cisco.com/c/de_de/support/docs/security/vpn-3000-series-concentrator/7210-vrrp.pdf).
- [105] EnterpriseDB Corporation. *EDB: Open-Source, Enterprise Postgres Database Management*. <https://www.enterprisedb.com/>. 2024.
- [106] Diego Ongaro und John Ousterhout. „In Search of an Understandable Consensus Algorithm“. In: (2014).
- [107] Mahdi Mallaki. *Local Disk Storage for Kubernetes / ITNEXT*. <https://itnext.io/local-disk-storage-for-kubernetes>. 2023.

## Abkürzungen

ICT	information and communications technology
ibW	ibW Höhere Fachschule Südostschweiz
KSGR	Kantonsspital Graubünden
KPS	KSGR Provisioning System
RDBMS	Relational Database Management System
DBMS	Database Management System
k8s	Kubernetes
HPE	Hewlett Packard Enterprise
HP-UX	Hewlett Packard UNIX
SAP	Systemanalyse Programmierung
SQL	Structured Query Language
DBA	Database Administrator / Datenbankadministrator
HA	High Availability
PRTG	Paessler Router Traffic Grapher
SAN	Storage Area Network
SIEM	Security Information and Event Management
CI/CD	Continuous Integration/Continuous Delivery
SWOT-Analyse	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
OLAP	Online Analytical Processing
IaC	Infrastructure as Code
IPERKA	Informieren, Planen, Entscheiden, Realisieren, Kontrollieren, Auswerten
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
VRRP	Virtual Router Redundancy Protocol
PKI	Public Key Infrastructure
DCS	Distributed Configuration Store
DQL	Data Query Language

DML	Data Manipulation Language
ACID	Atomicity, Consistency, Isolation und Durability
EDB	EnterpriseDB
CRD	Custom Resource Definition
rke2	Ranger Kubernetes Engine 2
BGP	Border Gateway Protocol
NTP	Network Time Protocol
BSD	Berkeley Software Distribution

## Glossar

**Ansible** Ansible ist ein Open-Soure Automatisierungstool zur Provisionierung, Konfiguration, Deployment und Orchestrierung. Ansible verbindet sich auf die Zielgeräte und führt dort die hinterlegten Module aus. Oft werden die verschieden Aufgaben in einem Skript in einem sogenannten Playbook geschrieben werden [57].. 2, 15, 95, 106, 114, 116, 120, 128, 129, 131, 132, 157, cxliii

**AUTOVACUUM** Der AUTOVACUUM Job räumt die Tablespaces und Data Files innerhalb von PostgreSQL sowie auf dem Filesystem nach Lösch- und Manipulationstransaktionen auf, aktualisiert Datenbank interne Statistiken und verhindert Datenverlust von selten genutzten Datensätzen [58].. 5, 13, 14, 120, 121, 122, 123, 129, 135, 144, iii, ci, ccviii, ccxi, ccxii, ccxiii, ccxiv

**Cassandra** Cassandra ist eine spaltenorganisierte NoSQL-Datenbank die 2008 veröffentlicht [59] wurde.. 7, 51, 52, 57

**CI/CD** Continuous Integration/Continuous Delivery bedeutet, das Anpassungen kontinuierlich in die Entwicklungsumgebungen integriert und auf die Zielplattformen verteilt werden [60].. 151, 157

**Cilium** Cilium ist ein Netzwerk-Connector zwischen den Services von Container-Applikationen und Container Management-Systemen wie Docker oder k8s. Nebst simplen Networking bietet Cilium auch Netzwerk-Policies, Load-Balancer und andere Features [61, 62].. 70

**Connection Pooler** Ein Connection Pooler hält permanent eine spezifische Menge an Connections zur Datenbank offen, die er wiederum einer Applikation präsentiert. Schliesst eine Applikation ihre Connection, behält sie der Pooler offen und verwendet sie wieder. Dadurch entfallen für die Applikation das Öffnen der Connection, es wird an Overhead gespart, die Anzahl Connections auf seitens DB reduziert [63].. 36, 41, 44, 47, 51, 83, 84, 85, 104, 105, 106, 107, 120, 129, 131, 132

**Consul** Consul ist ein Protokoll, welches zur Konsensfindung dient [64, 65].. 44, 107

**DBMS** Ein Database Management System regelt und organisiert die Datenbasis einer Datenbank [66].. 151

**DCS** Der DSC ist eine Kernkomponente von Patroni [67]. Realisiert wird der DCS bei Patroni mit etcd.. 104, 107, 151

**Debian** Debian gehört nebst Slackware Linux zu den ältesten Linux Distribution, die noch immer gepflegt und eingesetzt werden. Sie wurde im August 1993 gestartet und brachte im Laufe der Zeit einige der beliebtesten Distributionen wie Ubuntu hervor.. 15, 108

**Elasticsearch** Elasticsearch ist eine 2010 veröffentlichte Open-Source Suchmaschine, die auf Basis von JSON-Dokumenten und einer NoSQL-Datenbank arbeitet [68].. 7

**etcd** etcd ist Key-Value-Store, der Konfigurationen in einem HA System speichert. etcd ist Konsensbasiert und dient zum Erhalten eines Quorums [69].. 44, 59, 60, 104, 107, 108, 124, 131, 133, 153, iii, lxxxix

**Failover** In einem Fehlerfall wird in einem HA-System in den meisten Fällen ein Primary Node auf den Secondary ungeplant geswitched.. 14, 26, 35, 105, 129, 154, lxxxv, cvi

**Foreman** Foreman ist ein Lifecycle Management und Provisioning System für virtuelle und physische Server. Ab Version 6 basierte der Red Hat Satellite auf Foreman. 15, 18, 106, 108, lxxxviii

**Git** Git ist eine Versionierungssoftware und bietet die Möglichkeit, Repositories erstellen zu können. Die Repositories sind dabei nicht zentral, sondern dezentral organisiert und arbeiten daher mit Working Copies von Repositories [70, 71].. 154

**GitHub** GitHub ist ein Git basierendes System für die Versionierung und bietet dabei auch noch Dienste für CI/CD. GitHub, dass mittlerweile zum Microsoft-Konzern gehört, kann sowohl als Online-Dienst als auch als On-premises Service konsumiert werden. Hierfür ist der GitHub Enterprise Server notwendig [72]. 95, 102, 106, 108, 127, 131, 132, iii, cxliii

**GitLab** GitLab ist ein Git basierendes System für die Versionierung und bietet dabei auch noch Dienste für CI/CD. GitLab kann sowohl als Online-Dienst als auch als On-premises Service konsumiert werden [73].. 14, 35, 107

**HAProxy** HAProxy ist ein Layer 7 Proxy und Load Balancer [74].. 38, 44, 59, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 118, 120, 129, 131

**Harbor** Harbor ist ein Open-Source-Tool zur Registrierung von Richtlinien rollenbasierten Zugriffssteuerung [75]. Harbor wird beim KSGR zur Verwaltung der Kubernetes-Plattform verwendet.. 14, 35, 107

**helm** helm bietet mit seinen helm charts Paketressourcen, die das deployment von Kubernetes-Ressourcen erleichtert [76].. 64, 120, ix, cxxii, ccvii, ccxiii

**HP-UX** Dieses UNIX-Derivat ist ein Abkömmling von System III, System V R3 und System V R4 und wurde von HP zum ersten Mal 1982 veröffentlicht.. 4, 8, 18, 151

**IBM DB2** IBM DB2 ist eine relationale Datenbank [77], deren Vorläufer System-R von IBM zwischen 1975 und 1979 entwickelt wurde. DB2 selber wurde 1983 von IBM veröffentlicht.. 7, 28

**keepalived** keepalived nutzt VRRP, um eine leichtgewichtige Lösung für ein HA-Failover zu realisieren. Keepalived benötigt dazu keinen dritten Node, also einen Quorum-Node. Wenn die definierte sekundärseite keine Antwort mehr von der primären Seite nach einer definierten Anzahl Versuchen in einem bestimmten Interval mehr bekommt oder ein per Skript definiertes Event auf der primären Seite eintrifft, wird ein Failover auf die sekundäre Seite ausgeführt. Je nach Konfiguration kann der Restore auf die primäre Seite eingeleitet werden, wenn diese wieder verfügbar ist oder der Restore unterbunden werden [78, 79].. 35

**Key-Value-orientierte** Siehe Key-Value-Datenbank. 157

**Key-Value-Datenbank** Eine Key-Value-Datenbank ist ein Typ der NoSQL Datenbanken. Diese Datenbanken haben einen Primary Key und oft mindestens einen Sort Key. Key-Value-Datenbanken können auch Objekte mit Subitems resp. Referenzen dazu speichern. Eine bekannte Key-Value-Datenbank ist Redis. 154, 155, 156

**Keycloak** Keycloak ist ein Identity und Access Management Tool [80], welches vom KSGR für SSO resp. Authentifizierung und das Management von Secrets für Kubernetes und Applikationen, die in Kubernetes betrieben werden, verwendet wird.. 107

**Key-Value-Store** Siehe Key-Value-Datenbank. 44, 52, 78, 153

**Kubernetes** Kubernetes, oder k8s, ist eine Open-Source Containerplattform, die ursprünglich von Google 2014 für die Bereitstellung und Orchestrierung von Containern entwickelt wurde, aber 2015 an eine Tochter Foundation der Linux Foundation gespendet. Kubernetes kommt aus dem Griechischen und bedeutet Steuermann.. 2, 4, 8, 15, 47, 49, 51, 85, 104, 120, 122, 128, 129, 130, 132, 133, 151, 154, 155

**Linux** Linux ist ein Open-Source-Betriebssystem, welches von Linus Torvalds 1991 in seiner frühesten Form entwickelt wurde und löse vom UNIX Derivat MINIX inspiriert war. Linux besteht heute aus einer enorm grossen Anzahl an Distributionen und läuft auf einer grossen Anzahl von Plattformen.. 5, 155

**local-path-provisioner** local-path-provisioner ist ein leichtgewichtiger Storage-Provider von Rancher. Er bietet den Applikationen einen persistenten Storage an.. 5, 72, 74, 127, 130, 133, 137, ccxxi

**MariaDB** MariaDB ist ein MySQL Fork des ehemaligen MySQL Mitbegründers Michael Widenius, wobei sich der Name Maria aus dem Vornamen einer seiner Töchter ableitet. Nach dem Fork 2009 blieb MariaDB für eine Zeitlang sehr ähnlich mit MySQL und behielt ein ähnliches Versionierungsschema bei. Dies änderte sich 2012, als dann direkt mit der Version 10 weitergefahren wurde. Beide Datenbanken entfernen sich im Lauf der Zeit immer mehr voneinander und sind nicht mehr in jedem Fall kompatibel oder beliebig austauschbar. Auf den Linux Distributionen trat MariaDB die Nachfolge von MySQL als Standard Datenbank an.. 5, 7, 8, 34

**MetalLB** MetalLB ist ein für Bare-Metal k8s Systeme ausgelegter Load-Balancer. Er kann sowohl auf Layer 2, mit OS-Boardmitteln arbeiten, bietet aber auch BGP-Routing an, so das Pods direkt von Routern angesteuert werden können, ohne via Host gehen zu müssen [81].. 51, 66, 70, 127, 130, 133

**Microsoft Azure SQL Database** Microsoft Azure SQL Database oder auch Azure SQL ist eine relationale Datenbank, die von Microsoft für die Azure Cloud optimiert 2010 entwickelt wurde [82].. 7

**Microsoft Access** Access wurde 1992 veröffentlicht und ist Entwicklungsumgebung, Front- und Backend-Software und Relationale Datenbank in einem [83].. 7

**Microsoft SQL Server** MS SQL Server ist das RDBMS von Microsoft [84]. Nebst Microsoft Windows und Windows Server lässt es sich seit Version 2014 ebenfalls auf Linux Betreiben. In der Wirtschaft ist die primäre Plattform aber Windows Server.. 5, 7, 156

**MongoDB** MongoDB ist eine dokumentenorientierte NoSQL-Datenbank, die zum ersten Mal 2007 veröffentlicht wurde [85].. 7

**MySQL** Die Datenbank MySQL wurde ursprünglich als reine relationale Open-Source Datenbank von Firma MySQL AB 1994 entwickelt. Der Name My leitet sich vom Namen My der Tochter des Mitbegründers Michael Widenius ab. Als Sun Microsystem 2008 MySQL übernahm, hielt sich die Option

frei, bei einem Kauf von Sun Microsyszem durch Oracle gründen zu dürfen. Seit Oracle Sun Microsystem 2010 gekauft hat, wurden immer mehr Funktionalitäten von der Community Edition zu der Enterprise Edition verschoben worden. Aus diesem Grund hat heute der MySQL Fork MariaDB MySQL mehrheitlich aus allen Linux Distributionen als Standard Datenbank verdrängt.. 5, 7, 8, 34

**NoSQL** NoSQL steht für Not only SQL. Das heisst, Relationale Datenbanken haben Komponenten wie Dokumentendatenbanken, Graphendatenbanken, Key-Value-Datenbanken und spaltenorientiert Datenbanken. Viele der grossen Datenbanklösungen wie Oracle Database oder Microsoft SQL Server sind NoSQL Datenbanken resp. bieten diese Option an.. 7, 153, 154, 155, 157, 158

**OLAP** Eine Online Analytical Processing, kurz OLAP, ist eine multirelationale resp. multidimensionale Datenbanklösung. Sie wird oft in Form eines Datenwürfels erklärt, kann aber auf verschiedene Arten umgesetzt werden [86, 87]. OLAP-Systeme bieten eine hochperformante Analyse grosser Datenmengen und sind oftmals zentraler Teil eines Data-Warehouses.. 7, 151

**Oracle Linux** Oracle Linux ist eine RHEL-Distribution der Firma Oracle und ist mit RHL binärkompatibel. Sie wird primär für den Betrieb von Oracle Datenbanken verwendet und kommt auf den Oracle Eigenen Appliances ODA und Exadata zum Einsatz. Für den Zweck als DB Plattform kann ein für Oracle Datenbanken optimierter Kernel verwendet werden. Zu Oracle Linux kann ein kostenpflichtiger Support bezogen werden, allerdings ist die Distribution anders als RHEL auch ohne Lizenz erhältlich.. 15

**Oracle Database** Die erste verfügbare Version der Oracle Datenbank kam im Jahr 1979 mit Version 2 (statt Version 1) heraus, damals allerdings nur mit den Basisfunktionen. Im Laufe der Zeit wuchs der Funktionsumfang sehr stark an, die Grundlage des Client-Server-Designs kam erstmals im Jahr 1985 mit Version auf den Markt und hat sich im Prinzip bis heute gehalten. Mit der mit Version 8/8i 1997 erschienenen Optimizer und mit der Version 9i 2001 erschienen Flashback-Funktionalität (die ein schnelles Online Recovery sowie einen Blick in die Vergangenheit ermöglichen) konnte Oracle sich stark von der Konkurrenz absetzen. Heute gilt die Datenbank als erste Wahl, wenn es um hochverfügbare Systeme, hohe Performance oder grosse Datenmengen geht.. 4, 7, 8, 28, 130, 132, 156

**PKI** Eine Public Key Infrastructure ist ein System, das für das Verschlüsseln und Signieren von Daten oder die Zertifizierung verwendet wird.. 104, 132, 151

**PostgreSQL** Die OpenSource Datenbank PostgreSQL wurde in Form von POSTGRES zum ersten Mal 1986 von der University of California at Berkeley veröffentlicht und zählt zu den beliebtesten Open-Source Datenbanken. Zudem besteht in vielen Bereichen eine gewisse Ähnlichkeit zu Oracles Oracle Database.. 2, 5, 7, 8, 9, 12, 28, 35, 41, 44, 46, 47, 51, 52, 121, 123, 124, 129, 131, 132

**PostgreSQL HA Cluster** Der HA Cluster des PostgreSQL Clusters. 14, 131

**PostgreSQL Cluster** Ein PostgreSQL Cluster entspricht einer Instanz bei MS SQL oder einer Container Database wie Oracle.. 13, 14, 35, 36, 46, 68, 121, 122, 131, 156, lxxxix, xcvi, ci

**PRTG** Das Monitoring System Paessler Router Traffic Grapher der Firma Paessler wurde 2003 zum erstmals veröffentlicht und war ebenfalls als Netzwerkmonitoring System konzipiert. Wie bei Zabbix

lässt sich heute damit ebenfalls fast jedes IT-System damit überwachen. Reichen die zahlreich vorhanden Standard Sensoren nicht, können eigene Sensoren geschrieben werden. PRTG ist nicht Open-Source, man bezahlt anhand gewisser Sensor Packages.. 5, 13, 15, 124, 125, 126, 129, 135, 151, iii, ccxv, ccix

**Quorum** In verteilten Systemen resp. Cluster muss sichergestellt werden, das bei einem Ausfall oder einer Netzwerkunterbrechung zwischen den Nodes es zu keiner Split-brain-Situation kommt. Hierzu wird I. d. R. ein Quorum verwendet. I. d. R. wird jener Teil des Quorums zum Primary oder alleinigen Node, der mit der Mehrheit aller Nodes vereint. Daraus ergeben sich bestimmte Größen, mit 5 Nodes braucht es 3 Nodes, um aktiv zu bleiben und mit 3 Nodes deren 2. Bei diesen Konstellationen wird daher darauf geachtet, eine ungerade Anzahl Nodes im Cluster zu halten, um keine Pat-Situation zu provozieren. Im Kapitel Quorum wird genauer auf die Mechanik eines Quorums eingegangen. . 36, 129, 130, 153, 154, ccxxi

**RDBMS** Ein RDBMS ist ein Datenbankmanagementsystem für eine relationale Datenbank. Relationale Datenbanken sind Tabellenorganisierte Datenmodelle, die auf Relationen aufbauen, deren Schemata sich normalisieren lassen. Relationale Datenbanken müssen dabei auch Mengenoperationen, Selektion, Projektion und Joins erfüllen, um als Relationale Datenbanken zu gelten [88].. 52, 151

**Red Hat Ansible Automation Platform** Die Red Hat Ansible Automation Platform, ehemals Ansible Tower, ist eine Automatisierungsplattform für Ansible. Sie bietet eine mit Ansible gesteuerte CI/CD Umgebung an [89].. 106, 132

**RedHat Enterprise Linux (RHEL)** RHEL wurde in seiner ursprünglichen Form Red Hat Linux (RHL) bis in den Oktober 1994 zurück, wobei die erste Version von RHEL wie es heute existiert, im Jahr 2002 erfolgte. RHEL ist auf lange Wartungszyklen von fünf Jahren und Grosskunden ausgelegt. Ohne entsprechenden Supportvertrag kann keine ISO-Datei bezogen werden. Somit hebt sich RHEL stark von anderen Linux Distributionen ab.. 15

**Redis** Redis ist eine Key-Value-orientierte NoSQL In-Memory-Datenbank, d. h. die Daten liegen Primär im Memory und nicht auf dem Storage [90]. Redis wurde 2009 zum ersten Mal veröffentlicht.. 7, 154

**rke2** rke2 ist eine leichgewichtige Kubernetes Distribution, die alles Notwendige mitbringt, um einen k8s Cluster zu betreiben [91].. 4, 58, 64, 70, 87, 127, 130, 133

**Rocky Linux** Rocky Linux basierte auf der offen zugänglichen Linux Distribution CentOS welche RHEL Binärkompatibel war und gilt als inoffizieller Nachfolger von CentOS.. 15

**SAN** Ein Storage Area Network ist ein dediziertes Netzwerk aus Storage Komponenten. SAN Systeme bieten redundante Pools an Speicher. Die physischen Festplatten werden zu virtuellen Lunes, also logischen Einheiten, zusammengefasst. Dies werden nach aussen den Konsumenten präsentiert [92, 93, 94]. 5, 15, 18, 90, 151

**SIEM** Ein sammelt Daten aus verschiedenen Netzwerkkomponenten oder Geräten von Agents oder Logs. Diese Daten werden permanent analysiert und mit einem definierten Regelwerk gegengeprüft. Ziel ist es, verdächtige Events zu erkennen und einem Angriff zuvorzukommen oder ihn möglichst früh zu unterbinden [95].. 15, 104, 115, 132, 151

**Snowflake** Snowflake ist eine Big Data Plattform die Data Warehousing, Data Lakes, Data Engineering und Data Science in einem Service vereint. Die Daten werden in eigenen internen Relationalen und NoSQL-Datenbanken gespeichert [96, 97]. . 7

**Split-brain** Im Kapitel Quorum werden die Ursachen und folgenden eines Split-brains genauer besprochen. . 27, 157

**Splunk** Splunk ist Big Data Plattform, Monitoring- und Security-Tool in einem [98, 99]. . 7

**SQLite** SQLite ist eine Relationale Embedded Datenbank welche seit 2000 existiert. Sie verzichtet auf eine Client-Server-Architektur und kann in vielen Frameworks eingebunden werden [100].. 7

**State Machine** Eine State Machine resp. Endlicher Automat ist eine abstrahierte Maschine, die eine endliche Anzahl von Zuständen hat, in die gewechselt werden können oder die erreicht wurden. Dadurch ist eine State Machine jederzeit in der Lage, den eigenen Zustand zu kennen und entsprechende Aktionen während des Zustand oder beim Wechseln in einen anderen Zustand auszuführen.. ccxx

**Switchover** In einem Maintenance-Fall in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary geplant geswitched.. 14, 105

**SWOT-Analyse** Eine SWOT-Analyse soll die Stärken (Strengths), Schwächen (Weaknesses), Chancen (Opportunities) und Risiken (Threads) für ein Unternehmen oder ein Projekt aufzeigen. Anhand einer SWOT-Analyse werden anschliessend Strategien abgeleitet, um mit den Stärken und Chancen die Schwächen und Risiken abzufangen oder abzumildern.. 151

**Terraform** Terraform ist ein Werkzeug für die Verwaltung von Infrastruktur mit Software zu steuern, sogenanntes Infrastructure as Code. Terraform wird sehr oft dafür benutzt um Container- und Cloudinfrastruktur ansteuern und verwalten zu können [101, 102].. 15

**Transaktion** Eine Transaktion ist beinhaltet Schreib-, Lese-, Mutations- oder Löschoperationen auf Daten.. 77

**UNIX** Die erste Version von UNIX wurde im Jahr 1969 in den Bell Labs entwickelt und übernahm viele Komponenten aus dem gescheiterten Multics-Projekt. Aus dem ursprünglichen UNIX entstanden im Laufe der Zeit viele offene und proprietäre Derivate deren Einfluss weit über die Welt der Informatik reicht.. 151

**VMware vSphere** Die vSphere® ist ein Typ-1 Hypervisor der Firma VMware® der eine Reihe leistungss starker Tools und Funktionen mitbringt.. iii, lvii, xcvi

**VRRP** VRRP ist ein Protokoll, mit welchem Fallback-Router bereitgestellt werden können. Fällt der primäre Router aus, so kommt der Fallback-Router zum Einsatz. Dank Gewichtung wird der Primäre Router wieder aktiv, sobald er wieder erreichbar ist [103, 104].. 151, 154

**Zabbix** Das 2001 veröffentlichte Open-Source Monitoring System Zabbix gilt zwar als Netzwerk-Monitoring System, allerdings kann heute nahezu jedes IT-System damit überwacht werden. Zabbix speichert die Metriken und nicht die Auswertungen, das heisst, solange die Daten vorhanden sind, können Grafiken zu jedem Zeitpunkt generiert werden. Zabbix ist grundsätzlich Open-Source, man kann allerdings Supportverträge abschliessen.. 8, 15



## **Selbstständigkeitserklärung**

Ich versichere, dass die vorliegende Arbeit von den Autoren selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt wurde. Alle Inhalte dieser Arbeit dazu gehören neben Texten auch Grafiken, Programmcode, etc., die wörtlich oder sinngemäss aus anderen Quellen stammen, sind als solche eindeutig kenntlich gemacht und korrekt im Quellenverzeichnis gelistet. Dies gilt auch für einzelne Auszüge aus fremden Quellen.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht veröffentlicht und noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

---

Ort, Datum, Unterschrift

## **Haftungsausschluss**

Der vorliegende Bericht wurde von Studierenden im Rahmen einer Diplomarbeit erarbeitet. Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Arbeit nicht im Rahmen eines Auftragsverhältnisses erstellt wurde. Weder der Ersteller noch die ibW Höhere Fachhochschule Südostschweiz können deshalb für Aktivitäten auf der Basis dieser Diplomarbeit eine Haftung übernehmen.

## **Anhang**

# **PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation**

## Disposition

### Disposition Diplomarbeit



7

### Bewilligung (wird durch die Schulleitung ausgefüllt)

Das Thema dieser Diplomarbeitsdisposition ist bewilligt.

Ort und Datum

Unterschrift Fachvorsteher

Sargans, 4.12.2023

Anmerkungen und Hinweise zur Disposition:

Auf die folgenden Punkte ist bei der Bearbeitung der Diplomarbeit Rücksicht zu nehmen:

*Legende:*

- ! Hinweis auf kleine Ungereimtheiten*
- !! Grössere Schwächen, Fehler oder Unklarheiten*
- !!! gravierende Schwäche, kann so nicht verwendet werden*

### 2 Ziele und Nutzen

!! Bei den zu erreichenden Zielen sind Tasks nach Wichtigkeit und Priorität eingestuft worden. Hier gibt es noch ungereimtheiten zwischen Wichtigkeit und Priorität. Als Beispiel wird ein Task als Tief eingestuft und gleichzeitig als Muss Priorität gesetzt.

### 3 Abgrenzungen

!! Die Systemabgrenzungsgrafik hilft nicht beim Verständnis deiner Arbeit. Die Abgrenzung deiner Arbeit sollte klar und präzise formuliert werden. Im Moment ist nicht klar, wo genau die Abgrenzungen sind. Die Grafik kann als zusätzliche Information beigefügt werden, wenn sie nicht zu überladen ist und Begriffe aufweist, die in der Arbeit nicht weiter erwähnt werden.

### 4 Abhängigkeiten und Risiken

! Wie genau hilft eine SWOT-Analyse bei der Zielerreichung? Wenn eine SWOT-Analyse eingesetzt wird, muss die Erkenntnis daraus in die Arbeit einfließen und einen klaren Mehrwert ausweisen.

## II Arbeitsrapport

Datum	Von	Bis	Dauer [h]	Phase	Subphase	Tätigkeit	Bemerkung	Schwierigkeit	Lösungen
14.02.2024	19:00	20:00	1.0	1. Expertengespräch	1. Expertengespräch				
21.02.2024	15:00	16:00	1.0	Evaluation	Anforderungskatalog	Anforderungskatalog erarbeiten			
22.02.2024	16:00	17:30	1.5	Evaluation	Anforderungskatalog	Anforderungskatalog erarbeiten			
27.02.2024	10:00	11:30	1.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern			Generator mit python pandas gebaut für alle möglichen Tabellen. Inkl. Aggregation und Pivot-Mechaniken
27.02.2024	13:00	16:00	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Viele LaTEX Tabellen.		Generator mit python pandas gebaut für alle möglichen Tabellen. Inkl. Aggregation und Pivot-Mechaniken
28.02.2024	09:00	11:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Viele LaTEX Tabellen.		Generator mit python pandas gebaut für alle möglichen Tabellen. Inkl. Aggregation und Pivot-Mechaniken
01.03.2024	07:00	09:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation Exkurs Architektur	Um Entscheidungen transparent zu machen, müssen Grundlegende Konzepte aufgezeigt werden. Nicht alle Konzepte wie z.B. Distributed SQL sind bekannt resp. das Zusammenspiel mit Kubernetes.	Konzepte wie Distributed SQL sind nicht einfach zu erklären.	
08.03.2024	07:00	09:00	2.0	Evaluation	Anforderungskatalog	Anforderungskatalog erarbeiten			pgpool II hat kein GitHub Repository.
11.03.2024	07:00	11:30	4.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Informationen Sammeln	pgpool II		pgpool II fällt somit direkt aus der Betrachtung raus, da kein Vergleich möglich ist.
11.03.2024	12:00	13:30	1.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern			
11.03.2024	16:45	17:30	0.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Stakeholder erfassen		
13.03.2024	17:45	19:45	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Stackgres und Citus analysieren	Citus row-based-sharding	Citus Dokumentation stark Textlastig. Wenig Abbildungen, viele müssen selber gezeichnet werden.	
14.03.2024	19:45	20:45	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen		Citus row-based-sharding		
14.03.2024	20:45	21:30	0.8	Dokumentation	Dokumentation	Projektcontrolling Arbeiten	Citus row-based-sharding Dokumentieren		
16.03.2024	17:45	18:30	0.8	Dokumentation	Dokumentation	Projektcontrolling Arbeiten			
17.03.2024	14:45	16:30	1.8	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Zweiter Statusbericht verfassen		
17.03.2024	19:30	20:00	0.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	ACID Exkurs erlassen		
17.03.2024	20:15	21:00	0.8	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Listings sauber machen.		
18.03.2024	14:00	16:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Neue Listing-Sprache für yaml-Files erstellt, da noch einige folgen werden.		
18.03.2024	20:20	21:50	1.5	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	pgbench analysieren	Statusbericht 2 fertig schreiben und Mail an Norman Süssstrunk senden		
19.03.2024	08:00	10:00	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb	Percona ist Dein Freund		
19.03.2024	10:00	10:30	0.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Backup Anbindungen		Veeam Kast K10 wird nicht vor Anbgabe Diplomarbeit fertig sein	Backups lokal speichern. Veeam Integration wird im Nachgang implementiert.
19.03.2024	14:00	16:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	yugabytedb		
20.03.2024	16:00	16:15	0.2	Dokumentation	Dokumentation		Termin für 2. Fachgespräch organisiert		
21.03.2024	18:00	20:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Projektcontrolling gemacht.		
22.03.2024	09:00	11:00	2.0	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	zabbix analysieren			
22.03.2024	13:00	14:30	1.5	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	Benchmark Settings setzen			
22.03.2024	14:30	15:30	1.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Projektcontrolling und Dokumentation		
22.03.2024	16:45	19:00	2.8	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren / Benchmarking		
24.03.2024	14:30	17:30	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren		
24.03.2024	19:30	22:30	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren / Arbeitsrapport		
25.03.2024	08:00	11:00	3.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	rke2 - local-path-provisioner Installieren		Anforderungen recht hoch. Es wird ein guillemot:leftprivate container registry guillemot:right verlangt. Das KSGR hat Harbor im Einsatz, allerdings ist dieses nicht für das Evaluationssetting gedacht.	
25.03.2024	13:00	14:45	2.8	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb			Eine mögliche Lösung könnte sein, rke2 als Registry zu verwenden.
26.03.2024	12:00	13:00	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb Installation			
26.03.2024	14:45	15:00	0.2	2. Expertengespräch	2. Expertengespräch		Norman verspätete sich wegen eines Privaten Notfalls.		Termin wird auf morgen verschoben
26.03.2024	15:00	16:00	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb Installation	Aus versehen YugabyteDB Anywhere (Repository yugaware) installiert. Diese Installation benötigt zwingend eine Subscription. Wäre ein No-Go		YugabyteDB (Repository yugabyte) verwenden. Dies ist nach wie vor Open-Source
27.03.2024	10:00	11:30	1.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb Installation			
27.03.2024	15:00	15:30	0.5	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	MetalLB Installation	YugabyteDB von außen nicht ansprechbar.		MetalLB installiert und eingesetzt.
27.03.2024	13:00	16:00	4.0	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	MetalLB Troubleshooting	Trotz MetalLB nicht erreichbar		L2Advertisement gesetzt.
27.03.2024	16:30	17:30	1.0	2. Expertengespräch	2. Expertengespräch				
01.04.2024	09:00	09:45	0.8	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	YugabyteDB Benchmarking	ysql_bench hat keinen Passwort-Parameter. Ist zudem zu gut geschützt um mit Tricks das Passwort zu übergeben.		Manuell alle 10min ausführen.
01.04.2024	14:00	16:00	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	YugabyteDB Benchmarking	Viel Zeit verloren für das manuelle Benchmarking		
02.04.2024	10:00	12:00	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	StackGres Installation	StackGres verfolgt ein anderes Konzept als Yugabyte.		
03.04.2024	09:00	11:30	1.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	StackGres Installation	Extension Server nicht erreichbar		

Continued on next page

Tabelle I: Arbeitsrapport

Datum	Von	Bis	Dauer [h]	Phase	Subphase	Tätigkeit	Bemerkung	Schwierigkeit	Lösungen
03.04.2024	14:00	15:30	0.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Patroni Installation	Installation von Patroni begonnen.	Foreman Repositories waren erreichbar, Internet-Repository nicht.	apt-Proxy setzen
09.04.2024	12:30	14:00	1.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	StackGres Installation		Extension Server nicht erreichbar	
10.04.2024	10:00	11:00	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Patroni Installation		etcd-Server bereitet Probleme	
12.04.2024	12:30	14:45	2.2	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	StackGres Installation		Extension Server nicht erreichbar	Proxy gesetzt und http erzwungen
15.04.2024	18:00	20:00	2.0	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	rke2 - local-path-provisioner 250GiB	Versuch, grosse Volumes einzubinden	Alles landet auf einem Node	Alles landet auf einem Node
16.04.2024	13:00	16:00	3.0	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	rke2 - local-path-provisioner 250GiB	Versuch, grosse Volumes einzubinden	Alles landet auf einem Node	Node Annotations auf local-path-provisioner und StorageClass setzen
17.04.2024	10:00	11:00	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	YugabyteDB Benchmarking / Testing	Grosse Volumes testen		
17.04.2024	12:30	19:00	6.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	StackGres Deployment / Testing		Table Distribution und Schema based Sharding nicht tauglich. Foreign-Key-Constraints werfen fehler.	Referenced Tables
19.04.2024	08:00	11:00	3.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	StackGres Benchmarking	Auch pgbench muss manuell ausgeführt werden		
19.04.2024	12:00	14:00	2.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Analyse vitabaks/postgresql_cluster / Architektur	Analyse von vitabaks/postgresql_cluster auf GitHub. Aufbau analog ursprüngliche Evaluationsplattform von Patroni. Architektur entsprechend zeichnen.		
19.04.2024	14:00	20:00	6.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Patroni Installation / Testing		etcd-Server bereitet Probleme	Vereinfachen soweit möglich
19.04.2024	20:00	21:00	1.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Basisinfrastruktur	Patroni Test Server DMT / Auftrag	DMT Einträge für Patroni Testserver erstellt. Ticket an Niculin Fürst für Foreman Job.		
20.04.2024	10:00	12:00	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Patroni Benchmarking			
20.04.2024	14:00	16:00	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Patroni Benchmarking / grosse Volumes	Auf erweiterte Disk umstellen und letzten Benchmark fahren		
22.04.2024	09:00	09:15	0.2	Evaluation	Gegenüberstellung				
22.04.2024	09:30	11:00	1.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern			
23.04.2024	13:45	14:00	0.2	Evaluation	Gegenüberstellung				
24.04.2024	15:00	17:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern			
25.04.2024	14:00	16:00	0.0	Evaluation	Gegenüberstellung				
26.04.2024	13:30	14:30	1.0	Evaluation	Variantenentscheid				
26.04.2024	14:30	17:30	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern			
							Prequeries umgesetzt.		
29.04.2024	07:00	09:00	2.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Basisinfrastruktur	Anpassungen / Passwörter	Snapshots auf VMware vSphere gesetzt. Passwörter gesetzt und im Password Secure (Safe) erfasst.		
							Ansible installation auf sks9016		
29.04.2024	11:00	11:30	0.5	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Konfigurieren	vars/main.yml und Inventory		
29.04.2024	12:30	14:00	1.5	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Konfigurieren	vars/main.yml und Inventory		
29.04.2024	14:30	15:30	1.0	Dokumentation	Dokumentation	Projektcontrolling Arbeiten			
29.04.2024	16:45	18:00	1.2	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Installation		GitHub-Repository von etcd und PostgreSQL apt-Repository nicht erreichbar.	
30.04.2024	07:00	08:30	1.5	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Installation	Mit Proxy-Settings experimentiert	GitHub-Repository von etcd und PostgreSQL apt-Repository nicht erreichbar.	
30.04.2024	10:30	11:30	1.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Installation	Mit Proxy-Settings experimentiert	GitHub-Repository von etcd und PostgreSQL apt-Repository nicht erreichbar.	
30.04.2024	15:00	16:30	1.5	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	Installation	Umstellen lassen auf Init7 ohne Proxy dafür mit Firewall Rules. GitHub verursacht Probleme.	GitHub-Repository von etcd und PostgreSQL apt-Repository nicht erreichbar.	Proxy Settings im Ansible vars/main.yml setzen
30.04.2024	17:45	18:00	1.2	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Installation	Grundsätzlich Funktionsfähig	pg_hba.conf Fehler	
01.05.2024	09:00	10:00	1.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Installation	Funktionsfähig. Installation abgeschlossen.	pg_hba.conf Fehler	PostgreSQL Passwort File erweitert. pg_hba.conf rekonfiguriert.
01.05.2024	10:00	10:15	0.2	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Installation selber läuft kaum länger als 15min		
01.05.2024	14:15	16:15	2.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Technical Review System	Review vitabaks/postgresql_cluster	Arbeitsrapport		
03.05.2024	07:00	09:00	2.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	PRTG Sensor bauen			
03.05.2024	10:30	11:30	1.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Maintenance-Tool - Bloated Tables	Beginn Bau Maintenance-Tool - Bloated Tables		
03.05.2024	12:30	13:45	1.2	Testing	Testing Testsystem	Testing vitabaks/postgresql_cluster			
03.05.2024	15:30	17:00	2.5	Testing	Testing Testsystem	Testing vitabaks/postgresql_cluster			
03.05.2024	17:00	19:00	2.0	Protokollierung	Protokollierung				
06.05.2024	07:30	10:00	2.5	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Maintenance-Tool - Bloated Tables	Bau Maintenance-Tool - Bloated Tables		
06.05.2024	10:00	11:30	1.5	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Maintenance-Tool - AUTOVACUUM	Beginn Bau Maintenance-Tool - AUTOVACUUM		
06.05.2024	13:30	14:30	1.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Maintenance-Tool - AUTOVACUUM	Bau Maintenance-Tool - AUTOVACUUM		
09.05.2024	07:00	09:00	2.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Maintenance-Tool - AUTOVACUUM	Bau Maintenance-Tool - AUTOVACUUM		
09.05.2024	12:30	15:00	2.5	Testing	Testing Testsystem	Testing Maintenance-Tool			
09.05.2024	15:00	17:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Maintenance-Tool Dokumentieren		
09.05.2024	19:00	21:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Maintenance-Tool Dokumentieren		
10.05.2024	07:00	09:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Maintenance-Tool Dokumentieren		
12.05.2024	13:00	15:15	2.2	Testing	Review und Auswertung				
12.05.2024	16:15	16:15	1.0	Resultate	Zielüberprüfung	Ziele überprüft			
12.05.2024	17:45	18:15	0.5	Resultate	Zielüberprüfung	Ziele überprüft			
12.05.2024	19:30	20:30	1.0	Resultate	Schlussfolgerung	Schlussfolgerung geschrieben			

Continued on next page

Tabelle I: Arbeitsrapport

Datum	Von	Bis	Dauer [h]	Phase	Subphase	Tätigkeit	Bemerkung	Schwierigkeit	Lösungen
12.05.2024	20:30	21:00	0.5	Resultate	Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten	Weiteres vorgehen erfasst			
12.05.2024	21:00	21:45	0.8	Resultate	Personliches Fazit	Personliches Fazit niedergeschrieben			
12.05.2024	07:30	09:30	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Arbeitsrapport / Abschlussbericht KSGR		
13.05.2024	09:30	11:30	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Design		
13.05.2024	12:30	15:00	2.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Fehlende Passagen ergänzen		
13.05.2024	20:00	22:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Fehlende Passagen ergänzen / Layout		
14.05.2024	14:00	16:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Rechtschreibprüfung			
15.05.2024	10:15	11:15	1.0	Letztes Expertengespräch	Letztes Expertengespräch				
15.05.2024	14:00	16:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Rechtschreibprüfung			
17.05.2024	14:00	16:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Rechtschreibprüfung / Layouting			
20.05.2024	13:00	16:00	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Rechtschreibprüfung / Layouting			
21.05.2024	18:00	21:00	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Rechtschreibprüfung / Layouting			
22.05.2024	18:00	21:00	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Rechtschreibprüfung / Layouting			
23.05.2024	17:00	21:00	4.0	Dokumentation	Dokumentation	Rechtschreibprüfung / Layouting / Finisch			
24.05.2024	07:00	08:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Print			

Tabelle I: Arbeitsrapport

### **III                    Protokoll - Fachgespräche**

#### **III.I                Fachgespräch 14.02.2024**

**Kantonsspital Graubünden**  
Departement ICT  
Michael Gruber  
Datenbank Administrator  
Gäuggelistrasse 7  
CH-7000 Chur

Standort Informatik  
Tel. +41 (0)81 256 68 25  
michael.gruber@ksgr.ch  
www.ksgr.ch



## **Protokoll**

### **DIPLOMARBEIT - VERNISSAGE**

**Dienstag, 14. Februar 2024**  
**18:00 – 21:15 Uhr**

**Zoom BreakoutSession Nr. 5 / 9**

Chur, 13. Mai 2024

<b>Teilnehmer</b>	<b>Bereich od. Funktion</b>	<b>Stellvertretung</b>
Norman Süsstrunk (Vorsitz)	Fachexperte	
Curdin Roffler	Studierender	
Michael Gruber	Studierender	

**Beratend ohne Stimmrecht**

**Protokoll**  
Michael Gruber

**Gäste**

## Traktanden

	<b>1.</b>	<b>Begrüssung</b>
	<b>2.</b>	<b>Termine</b>
	<b>3.</b>	<b>Coaching</b>
	<b>4.</b>	<b>Administratives</b>
	<b>5.</b>	<b>Fragen und Antworten</b>
		Vorauswahl
	<b>6.</b>	<b>Varia / Aktualitäten</b>
	6.1	Zusammenlegung Breakout Session

I = Informationen

D = Diskussion

E = Entscheid

A = Auftrag

Traktanden	Art	Verantw.	Termin
<b>1. Begrüssung</b> Kurze Vorstellungsrunde von Norman Süsstrunk, Curdin Roffler und Michael Graber	I		
<b>2. Termine</b> <b>2.1</b> Flexible Termingestaltung möglich <b>2.2</b> Norman braucht eine Woche Vorlaufszeit <b>2.3</b> Die Initiative für Expertengespräche soll von den Studenten kommen. Norman wird sich aber spätestens zur Halbzeit melden.	I I A	Curdin Michael	
<b>3. Coaching</b> <b>2.1</b> Kriterien müssen klar Aufgenommen werden und Grob gefiltert werden <b>2.2</b> Bei Fragen zur Diplomarbeit können die Studenten jederzeit um eine Coaching Session bitten <b>2.3</b> Früh genug mit dem Verfassen des Berichts anfangen. Sonst wird die Zeit zu knapp	A A	Curdin Michael Curdin Michael	
<b>4. Administratives</b> <b>4.1</b> Spätestens zur Halbzeit muss ein Status an Norman gesendet werden <b>4.2</b> Das Intervall des Statusreports muss KSGR Intern abgeklärt werden	A A	Curdin Michael Curdin Michael	
<b>5. Fragen und Antworten</b> <b>5.1</b> Darf eine Vorauswahl stattfinden, um den Aufwand zur reduzieren?  Eine Vorauswahl ist Sinnvoll und in diesem Rahmen fast zwingend Notwendig, da sonst viel Zuviel Zeit investiert werden müsste	D	Norman Michael	
<b>6. Varia / Aktualitäten</b> <b>6.1</b> Zusammenlegung Breakout Session Die Breakout Sessions 5 (mit Curdin Roffler) und 9 (mit Michael Graber) wurden der Einfachheit halber zusammengelegt.			

### Pendenzen

#### Pendenzenliste

### Nächster Termin:

Name der Sitzung	
Einreichung Traktanden inkl. Beilagen	
Versand Einladung	

Norman Süsstrunk  
Experte  
(Vorsitzender)

Michael Graber  
Qualifikant  
(Protokoll)

**Kantonsspital Graubünden**  
Departement ICT  
Michael Graber  
Datenbank Administrator  
Gäuggelistrasse 7  
CH-7000 Chur

Standort Informatik  
Tel. +41 (0)81 256 68 25  
michael.graber@ksgr.ch  
www.ksgr.ch

## Protokoll

### Sync Diplomarbeit

**Mittwoch, 27. März 2024**  
**16:30 – 17:30 Uhr**

MS Teams

Chur, 7. April 2024

---

Teilnehmer	Bereich od. Funktion	Stellvertretung
Norman Süsstrunk (Vorsitz)	Experte	
Michael Graber	Qualifikant	

---

**Beratend ohne Stimmrecht**

**Protokoll**  
Michael Graber

---

**Gäste**

---

## Traktanden

	<b>1.</b>	<b>Begrüssung</b>
	<b>2.</b>	<b>Fragen und Antworten</b>
	2.1	Muss das Protokoll des Fachgesprächs jeweils Zeitnah freigegeben werden?
	2.2	Hast Du noch Vorschläge zu PostgreSQL HA Clustern gefunden?
	2.3	Soll ich die Gewichtung mit 100 Punkten oder 1000 machen?
	2.4	Soll die Disposition in den Anhang? Diese ist über 50 Seiten lang?
	2.5	Falls ich die Diplomarbeit zwecks Gegenlesen / Rechtsschreibbeprüfung geben würde, müsste ich dies irgendwo angeben da Fremdleistung?
	<b>3.</b>	<b>Inputs Norman Süsstrunk</b>
	3.1	Siehe Details
	<b>4.</b>	<b>Varia / Aktualitäten</b>
	4.1	...

I = Informationen

D = Diskussion

E = Entscheid

A = Auftrag

Traktanden	Art	Verantw.	Termin
1. Begrüssung	I	Michael	
2. Fragen und Antworten 2.1 Frage: Muss das Protokoll des Fachgesprächs jeweils Zeitnah freigegeben werden? Gut wäre es, binnen ein bis zwei Wochen zuzusenden. 2.2 Hast Du noch Vorschläge zu PostgreSQL HA Clustern gefunden? Norman hat nicht sehr viel Erfahrung.  Hat bisher keine Erfahrung z.B. CloudNativePG.  Hat mit einem Team mit Wien auf On-Premises gearbeitet für Non-HA Lösungen  PostgreSQL bietet ja von Haus aus keine HA-Lösung 2.3 Soll ich die Gewichtung mit 100 Punkten oder 1000 machen? Mit Hundert Punkten arbeiten. Ist oft eine grobe Abschätzung.  Input / Vorschlag: Anforderungen reduzieren auf die wichtigsten. Sonst wird die Zeit knapp.  Vorschlag: Durchgehen und vereinfachen und Norman vereinfachte Version senden 2.4 Soll die Disposition in den Anhang? Diese ist über 50 Seiten lang? Disposition nicht in den Anhang setzen. Disposition ist ja Teil der Diplomarbeit 2.5 Falls ich die Diplomarbeit zwecks Gegenlesen / Rechtsschreibprüfung geben würde, müsste ich dies irgendwo angeben da Fremdleistung? Nein, muss nicht angegeben werden.  Manchmal werden Personen, die z.B. Mithilfe bei der Korrektur gemacht haben, im Vorwort mit einem Dank bedacht. Es gibt aber keine Formale Anforderungen Aufträge / Kommunikation / nächste Schritte <ul style="list-style-type: none"><li>Vereinfachen der Präferenzmatrix</li></ul>	D D D/A	Michael	
3. Inputs Norman Süsstrunk 3.1 Rechtschreibung Mit Rechtschreibprogramm Prüfen. Mehr Typos, dafür viele. Gäbe eine Ungenügend mit den Fehlern. 3.2 Sprache Nicht zu komplex geschrieben. Technisch beschrieben. 3.3 Inhalt <ul style="list-style-type: none"><li>Sehr viele Sachen drin, die nicht wirklich mit dem Thema zu tun haben</li></ul>			

Traktanden	Art	Verantw.	Termin
<p>Bei der Einleitung =&gt; Kenndaten des KSGR. Drin lassen.            Hat nichts mit dem Thema zu tun,            Nicht noch mehr rein tun, muss nicht raus.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auflisten der DBs müssten nicht rein</li> <li>• Weniger ist mehr. Mehr auf den Punkt kommen</li> <li>• Kondensiert machen mit den wichtigsten Listenings.            Es muss danach das System anhand der Doku gebaut werden können</li> <li>• Doku so machen wie man sie macht, nur etwas hübscher für die Arbeit</li> </ul> <p><b>3.4 Kurze Präsentation YugabyteDB</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurz erklärt, wie YugabyteDB funktioniert</li> <li>• Aktuellen Stand der Evaluation präsentiert</li> </ul> <p><b>Aufträge / Kommunikation / nächste Schritte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ACID aus dem Exkurs Architektur rausnehmen</li> <li>• Prüfen, ob Dokumentation etwas kompakter wird</li> </ul>		Michael	
<p><b>4. Varia / Aktualitäten</b></p> <p><b>4.1 Protokoll</b>            Protokoll verfassen</p> <p><b>Aufträge / Kommunikation / nächste Schritte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protokoll genehmigen</li> </ul>	A	Michael	
	A	Norman	

Pendenzen
<u>Pendenzenliste</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protokoll binnen 1-2 Wochen</li> <li>• Vorschlag reduzierte Präferenzmatrix</li> </ul>

Nächster Termin:	
Name der Sitzung	
Einreichung Traktanden inkl. Beilagen	
Versand Einladung	

Norman Süsstrunk  
 Experte  
 (Vorsitzender)

Michael Graber  
 Qualifikant  
 (Protokoll)

**Kantonsspital Graubünden**  
Departement ICT  
Michael Graber  
Datenbank Administrator  
Gäuggelistrasse 7  
CH-7000 Chur

Standort Informatik  
Tel. +41 (0)81 256 68 25  
michael.graber@ksgr.ch  
www.ksgr.ch

## Protokoll

### Fachgespräch Diplomarbeit

Mittwoch, 15. Mai 2024  
10:15 – 11:15 Uhr

MS Teams

Chur, 17. Mai 2024

---

Teilnehmer	Bereich od. Funktion	Stellvertretung
Norman Süsstrunk (Vorsitz)	Experte	
Michael Graber	Qualifikant	

---

**Beratend ohne Stimmrecht**

**Protokoll**  
Michael Graber

---

**Gäste**

---

## Traktanden

	<b>1.</b>	<b>Begrüssung</b>
	<b>2.</b>	<b>Fragen und Antworten</b>
	2.1	Protokoll 1. Fachgespräch vom 14.02.2024
	2.2	Gewünschte Abgabeform an Norman
	2.3	Offizielles ibW-Logo
	2.4	Management Summary
	2.5	Exkurs Architektur aus Platzgründen in den Anhang
	2.6	Präsentationsdatum und Schulvertreter
	2.7	Eigenes Kapitel für das Projektmanagement
	<b>3.</b>	<b>Inputs Norman Süsstrunk / Diskussionen</b>
		Siehe Details

I = Informationen

D = Diskussion

E = Entscheid

A = Auftrag

Traktanden	Art	Verantw.	Termin
1. Begrüssung			
2. Fragen und Antworten 2.1 Soll ich noch, zur Vollständigkeitshalber das Expertenprotokoll vom 1. Gespräch verfassen? Habe gesehen, da hatten wir noch keines Ja, bitte noch machen - einfach der Vollständigkeit halber. → Wurde vorgängig beantwortet	A	Michael	
2.2 Es muss ja eine Digitale Version im OpenOlat hochgeladen, eine physikalische Version am Sekretariat Chur/Sargans und eine Version dem Experten, also Dir abgegeben werden. Möchtest Du diese Digital oder Ausgedruckt und in beiden Fällen, wo und in welcher Form? (per Mail, Share, Ausdruck an Adresse usw.)? Du kannst mir das einfach digital per Mail schicken, ich brauche das nicht ausgedruckt → Wurde vorgängig beantwortet	A	Michael	
2.3 Bist Du darüber informiert, wo wir das aktuelle ibW-Logo erhalten? Es schwirrt die Info umher das wir ein bestimmtes zugestellt bekommen und dieses nutzen müssen. Wenn nicht, werde ich Markus Müller anfragen. Dann könnte ich das Firmenlayout um das ibW-Logo ergänzen und das Deckblatt den Vorgaben entsprechend gestalten. Nein, darüber hat Norman keine Information. Das Logo muss bei Markus Müller erfragt werden → Wurde vorgängig beantwortet	A	Michael	
2.4 Wie würde Norman das Management Summary aufbauen? Gibt es eine allgemeine Vorgabe oder sogar eine von der ibW? Bei Arbeiten für die ibW gab es jeweils unterschiedliche und Teils widersprüchliche Angaben und Rückmeldungen zum Management Summary Das Management Summary soll folgendes Verständnis aufbauen für... <ul style="list-style-type: none"><li>• Um was geht es</li><li>• Was war das Ziel</li><li>• Was wurde gemacht</li><li>• Was wurde erreicht</li></ul> Die wichtigsten Punkte des Inhaltsverzeichnisses sollten abgedeckt sein. Sollte es aber eine Vorgabe von der ibW geben, ist diese zu bevorzugen.	D		
2.5 Die Diplomarbeit hat einen grossen Umfang erreicht. Wäre es opportun, den Architekturexkurs in den Anhang zu verschieben? Obwohl die Tiefe der Beschreibungen nicht einheitlich ist, ist der Teil der Arbeit wichtig um das Verständnis für den Test zu schaffen. Daher sollte dieser Teil in der Hauptarbeit verbleiben	D		
2.6 Ist der Termin der Präsentation und des anschliessenden Fachsprächs bereits bekannt? Die Präsentation findet am 13.06.2024 um 15 Uhr in Sargans statt. Der Raum ist noch nicht bekannt. Emil Manser wird der Schulvertreter sein	I		

Traktanden	Art	Verantw.	Termin
<p>→ Die Frage wurde vorgängig beantwortet aber nochmals besprochen      → Am 16. und 17. Mai wurde von der ibW resp. Norman das Präsentationszimmer bekanntgegeben</p> <p><b>2.7 Um das Einführungskapitel nicht zu gross werden zu lassen, habe ich ein eigenes Kapitel für das Projektmanagement erstellt. Passt das auch aus Normans Sicht? Passt</b></p>	D		
<p><b>3. Inputs Norman Süsstrunk / Diskussionen</b></p> <p><b>3.1 Text und Grafiken</b> Grafiken und Abbildungen sollten nicht alleine stehen sondern brauchen Text der sich auf sie referenziert</p> <p><b>3.2 Layout</b> Das Layout muss noch aufgeräumt werden und ein einheitliches Bild abgeben. Keine leeren Blätter oder einzelne Bilder, die auf einer A3-Querformatsseite stehen.</p> <p><b>3.3 Titelblatt</b> Im Titelblatt steht nur Normans Name drin. Auch meinen Namen eintragen</p> <p><b>3.4 Protokoll</b> Protokoll des letzten Fachgesprächs bis und mit Freitag an Norman senden</p> <p><b>3.5 Rechtschreibeprüfung</b> In der heutigen Zeit lässt sich kaum eine Begründung finden, wieso dies nicht gemacht wurde. Es sind allerdings mehrere Tools im Einsatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• LaTEX Rechtschreibprüfung im JetBrain PyCharm</li> <li>• Duden Mentor</li> <li>• Word mit Duden Mentor Plugin</li> </ul>	D D D A D D	Michael	

Pendenzen
<u>Pendenzenliste</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protokoll bis und mit Freitag senden</li> <li>• Abgabe Diplomarbeit</li> </ul>

Nächster Termin:	
Name der Sitzung	Präsentation Diplomarbeit, 13.06.2024 15:00, Sargans 202
Einreichung Traktanden inkl. Beilagen	
Versand Einladung	

## IV

# Statusbericht

### IV.I

## Status Report 1

PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation		ICT Projektstatusbericht 13.02.2024	
Projektbeschreibung	Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster	Priorität	PMA
ICT veratl. Person	Michael Graber	-	
Status	Ampel	Tendenz	Begründung
Gesamtprojekt			
Zeitplanung	🔴	⬇️	Projekt ist Umfangreich und hat viele Teilspekte, die es zu planen und berücksichtigen gilt.
Ressourcen	⚠️	⬇️	Parallel läuft das Grossprojekt "Erneuerung HP UX Plattform", wo die bestehende HP-UX Plattform durch eine Oracle Exadata Cloud@Customer Plattform abgelöst wird. Ab dem Zeitpunkt der Lieferung der Hardware werden die Oracle Datenbanken der Kernapplikation auf die neue Plattform migriert. Dies über das gesamte Jahr und auch während der Diplomarbeit sehr viele Ressourcen binden.
Kosten	🟢	➡️	Kosten sind noch im Soll-Bereich
Tätigkeiten vergangene Berichtsperiode		Tätigkeiten nächste Berichtsperiode	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dokumentenstruktur erstellt</li> <li>- Projektplanung erstellt</li> <li>- Vernissage vorbereitet</li> <li>- Statusbericht erstellt</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anforderungskatalog erarbeiten</li> <li>- Vorbereitung Benchmarking</li> </ul>	
# nächste Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)	LO-001 Anforderungskatalog LO-002 Vorbereiten Benchmarking LO-003 LO-004 LO-005	Status	Erliebigungsgrad
		in arbeit	60% 23.02.2024
		in arbeit	0% 26.02.2024
# Risiken	Auswirkungsgrad	Massnahmen	Verantw.
R-001 Fehlende Ressourcen	🟡	Organisation und Selbstmanagement	
R-002 HP-UX Ablöseprojekt	🔴	Ressourcen reservieren	
R-003 Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden	🔴	Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren	
R-004 Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	🟡	Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen	
Kostenübersicht	Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt: $\frac{100 \text{ CHF}}{\text{A}} + 2000 = 24.000 \text{ CHF}$	Abhängigkeiten zu anderen Projekten	Massnahmen
		Erneuerung HP UX Plattform 60002201 KSGR Provisioning System (KPS) => Foreman Umgebung	Ressourcen reservieren Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten
Bemerkungen / Informationen		Anträge	
Eingereicht	Geprüft	Bemerkungen/Auftrag PMO	
PL:	PMO:		
Datum:	Datum:		
# erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)			

## **Status**

Dokumentenstruktur und Dokument wurde mit L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X angelegt. Aus der Disposition wurde die Ausgangslage, das Riskmanagement, die Abgrenzung, die Zieldefinition sowie Abkürzungen und das Glossar übernommen. Nicht aus der Disposition wurde die SWOT-Analyse übernommen, da diese mehr Fragen aufwerfen denn Antworten liefern würde.

Mit MS Project 2016 wurde die Projektplanung erstellt. Die Struktur richtet sich weitestgehend nach der Dokumentenstruktur.

## **Risikomanagement**

### **HP-UX Ablösung ExaCC-Projekt**

Das grösste Risiko besteht nach wie vor im Parallelen Grossprojekt der HP-UX Ablösung. Dieses Projekt wird ab Mitte-Ende Februar eine nicht unerhebliche Menge an Ressourcen für die Architektur, Planung, Migrationsplanung usw., absorbieren.

Als Lösung für dieses Problem, werden Firmenintern Ressourcen reserviert. Nichtsdesto trotz besteht gefahr bezüglich der Priorisierung der beiden Projekte.

### **Umfang der Diplomarbeit**

Ein weiteres Risiko besteht darin, das es eine relativ grosse Anzahl an Lösungen für einen PostgreSQL Cluster gibt. Die Gefahr sich hier zu verzetteln ist nicht unerheblich.

Ein möglicher Ansatz besteht darin, die gängigsten Monolithischen und Distributed SQL Systeme vorzusortieren. Daraus die besten drei (zwei Distributed SQL und ein Monolithisches) genauer zu evaluieren. Dies ist ein Thema, das beim ersten Fachgespräch von meiner Seite traktandiert wird.

## **Weiteres vorgehen**

Als nächstest steht die erarbeitung des Anforderungskatalog an.  
Diese werden bei den internen Stakeholdern abgeholt.

Anschliessend wird anhand des Anforderungskatalog das Benchmarking vorbereitet.  
So das die Evaluation mit sauberen Messdaten vonstatten gehen kann.

Anhand des Benchmarkings und der Anforderungen soll im Anschluss ein Testszenario für die Evaluation abgeleitet werden.

## IV.II

## Status Report 2

PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation		ICT Projektstatusbericht 18.03.2024	
Projektbeschreibung	Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster	Priorität	PMA
ICT vertrat. Person	Michael Graber	-	
Status	Ampel	Tendenz	Begründung
<b>Gesamtprojekt</b>			In verzögert. Grossprojekt Erneuerung HP UX Plattform nimmt viel Zeit in Anspruch. Hinzu kommt, das die Analyse gängiger PostgreSQL HA Lösungen ebenfalls viel Zeit kostet. Dokumentationsaufwand unterschätzt.
Zeitplanung			Parallel läuft das Grossprojekt Erneuerung HP UX Plattform, wo die bestehende HP-UX Plattform durch eine Oracle Exadata Cloud@Customer Plattform abgelöst wird. Ab dem Zeitpunkt der Lieferung der Hardware werden die Oracle Datenbanken der Kernapplikation auf die neue Plattform migriert. Dies über das gesamte Jahr und auch während der Diplomarbeit sehr viele Ressourcen binden.
Ressourcen			Kosten sind noch im Soll-Bereich
Kosten			
<b>Tätigkeiten vergangene Berichtsperiode</b>		<b>Tätigkeiten nächste Berichtsperiode</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anforderungskatalog erstellt</li> <li>- Parallel dokumentiert</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse der PostgreSQL HA Clusterlösungen abgeschlossen</li> <li>- Benchmarking abgeschlossen</li> <li>- Variantenentscheid getroffen</li> <li>- Basisystem für Testsystem aufgebaut</li> </ul>	
# nächste Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)		Status	Erledigungsgrad
LO-002 Vorbereiten Benchmarking LO-003 Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen LO-004 Gegenüberstellung LO-005 Variantenentscheid LO-006 Aufbau Basisinfrastruktur Testsystem		offen	
		in Arbeit	
		offen	
		offen	
		offen	
# Risiken		Auswirkungsgrad	Massnahmen
R-001	Fehlende Ressourcen		Organisation und Selbstmanagement
R-002	HP-UX Ablöseprojekt		Ressourcen reservieren
R-003	Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden		Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren
R-004	Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstorganisation		Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen
R-005	Scope Verlust während des Projekts		Ziele klar definieren
R-006	Scope Creep		Ziele SMART definieren
R-007	SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit		Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten
R-008	Foreman nicht betriebsbereit		Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten
Kostenübersicht		Abhängigkeiten zu anderen Projekten	
Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt: 100 CHF h <sup>-1</sup> * 200 = 20'000 CHF		Erneuerung HP UX Plattform 60002201 KSGR Provisioning System (KPS) => Foreman Umgebung	
Bemerkungen / Informationen		Massnahmen	
		Ressourcen reservieren	
		Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten	
Eingereicht		Geprüft	Bemerkungen/Auftrag PMO
PL:		PMO:	
Datum:		Datum:	
# erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)			
LO-001 Anforderungskatalog			

Table 1: Zweiter Statusbericht

## **Status**

Der Anforderungskatalog und die gewichtung wurde erstellt. Die Stakeholder wurden entsprechend eingebunden.

Analyse der bestehenden PostgreSQL HA Cluster lösungen begonnen. Die Analyse ist allerdings komplex und nimmt mehr Zeit in Anspruch, als erwartet.

Im Moment ist das Projekt in Verzug.

## **Risikomanagement**

### **HP-UX Ablösung ExaCC-Projekt**

Das grösste Risiko besteht nach wie vor im Parallelen Grossprojekt der HP-UX Ablösung. Dieses Projekt wird ab Mitte-Ende Februar eine nicht unerhebliche Menge an Ressourcen für die Architektur, Planung, Migrationsplanung usw., absorbieren.

Anfang April werden die beiden Nodes geliefert, entsprechend wird sich der Aufwand Ende April massiv erhöhen.

Als Lösung für dieses Problem, ist nach wie vor die Reservation von Terminen im KSGR am Zug. Dokumentationen werden aber auch am Abend und am Wochenende geschrieben.

### **Umfang der Diplomarbeit**

Ein weiteres Risiko besteht darin, das es eine relativ grosse Anzahl an Lösungen für einen PostgreSQL Cluster gibt. Die Gefahr sich hier zu verzetteln ist nicht unerheblich.

Es wurde eine vorsortierung der gängigen Methoden vorgenommen.

## **Weiteres vorgehen**

Die Analyse muss fertiggestellt werden. Die Architektur und die Server für die Evaluationssysteme stehen und sind bereit für Installation von rke2 usw. Damit müssen noch die Architektur für das Monolithische System erstellt werden und dann der Aufbau der Evaluations-DBs in Angriff genommen werden.

Anschliessend wird anhand des Anforderungskatalog das Benchmarking vorbereitet.  
So das die Evaluation mit sauberen Messdaten vonstatten gehen kann.

Anhand des Benchmarkings und der Anforderungen soll im Anschluss ein Testszenario für die Evaluation abgeleitet werden.

## IV.III

### Status Report 3

PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation		ICT Projektstatusbericht 29.04.2024	
Projektbeschreibung	Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster	Priorität	-
ICT vertrw. Person	Michael Graber	PMA	-
<b>Gesamtprojekt</b>			
Zeitplanung			Stark im Verzug. Evaluation benötigte weitaus mehr Zeit, als geplant.
Ressourcen			Parallel läuft das Grossprojekt Erneuerung HP UX Plattform, wo die bestehende HP-UX Plattform durch eine Oracle Exadata Cloud@Customer Plattform abgelöst wird. Ab dem Zeitpunkt der Lieferung der Hardware werden die Oracle Datenbanken der Kernapplikation auf die neue Plattform migriert. Dies über das gesamte Jahr und auch während der Diplomarbeit sehr viele Ressourcen binden.
Kosten			Kosten sind noch im Soll-Bereich
<b>Tätigkeiten vergangene Berichtsperiode</b>			
- Evaliert - Variantenentscheid getroffen - Parallel dokumentiert	<b>Tätigkeiten nächste Berichtsperiode</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basisystem für Testsystem aufgebaut</li> <li>- Testsystem aufgebaut</li> <li>- Testsystem geprüft und getestet</li> </ul>
# nächste Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)		Status	Friedlungsgrad Soll Datum
LO-006	Aufbau Basisinfrastruktur Testsystem	In Arbeit	
LO-007	Installation Patroni PostgreSQL Cluster	offen	
LO-008	Technical Review Testsystem	offen	
LO-009	Testing	offen	
LO-010	Resultate	offen	
# Risiken	Auswirkungsgrad	Massnahmen	Verantw.
R-001		Organisation und Selbstmanagement	
R-002		Ressourcen reservieren	
R-003		Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren	
R-004		Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen	
R-005		Ziele klar definieren	
R-006		Ziele SMART definieren	
R-007			
R-008		Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten	
<b>Kostenübersicht</b>			
Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt: $100 \text{ CHF h}^{-1} \cdot 200 = 21\,000 \text{ CHF}$		Abhängigkeiten zu anderen Projekten	Massnahmen
		Erneuerung HP UX Plattform 60002201 KSGR Provisioning System (KPS) = Foreman Umgebung	Ressourcen reservieren Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten
<b>Bemerkungen / Informationen</b>			
Eingereicht	Geprüft	Bemerkungen/Auftrag PMO	
PL:	PMO:		
Datum:	Datum:		
<b># erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)</b>			
LO-001	Anforderungskatalog		
LO-002	Vorbereiten Benchmarking		
LO-003	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen		
LO-004	Gegenüberstellung		
LO-005	Variantenentscheid		

## **Status**

Die PostgreSQL HA Lösungen wurden evaluiert.

Es wurden drei Systeme installiert:

- YugabyteDB
- StackGres - Citus
- Patroni

Die Analyse hat mehr Zeit in Anspruch genommen als geplant.

Es tauchten einige Probleme auf, welche nur bedingt mit der Arbeit zu tun haben.

Projekt stark im Verzug.

## **Risikomanagement**

### **Umfang der Diplomarbeit**

Ein weiteres Risiko besteht darin, dass es eine relativ grosse Anzahl an Lösungen für einen PostgreSQL Cluster gibt. Die Gefahr sich hier zu verzetteln ist nicht unerheblich.

Es wurde eine Vorsortierung der gängigen Methoden vorgenommen.

### **Weiteres vorgehen**

Testsystem wird installiert.

Anschliessend wird das System kurz einem Review unterzogen und getestet.

Im Anschluss wird das Projekt abgeschlossen.

## Abschlussbericht Projekt

### PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation

Projektcoach	Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.		Projektleiter/-in	<b>Michael Gruber</b>
			Co- Projektleiter	Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
Antragsteller	<b>Michael Gruber</b>		KST	P Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
Departement	Departement 10			
PM-Auftragsnr.	<b>OTRS549108</b>			Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
Projekt - Art	ICT - Hard- und Software			
Gesamtprojekt Start/Ende	Von 14.02.2024 bis 24.05.2024	<input type="checkbox"/> wie geplant <input checked="" type="checkbox"/> ursprünglich anders geplant <small>(kurze Erklärung bei Termine eingehalten)</small>		Abschluss
Initialisierung <b>AIP Board</b>	Klicken oder tippen Sie, um ein Datum einzugeben.	Start <b>Realisierung</b>	01.05.2024	Klicken oder tippen Sie, um ein Datum einzugeben.
Inbetriebnahme / Übergabe an Betrieb der Beschaffung / des Projekts				Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
Equipment-Nr. / Inventar-Nr. (anzugeben, wenn Anlagen in Betrieb genommen wurden)				
Welcher Kostenstelle wird der künftig Betriebsunterhalt belastet?				<b>10890 Informatik</b>
PMA der Betriebskosten				Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

#### Welche Ziele wurden im Projekt erarbeitet/erreicht?

Plan-Ziele	Ziele erreicht?	Begründung
• Termine eingehalten	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein	Der Endtermin wurde eingehalten. Das Restliche Projekt litt unter Verzug
• Interne Personalressourcen eingehalten	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein < 5% <input type="checkbox"/> Nein > 5%	Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
• Externe Kosten eingehalten	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein < 5% <input type="checkbox"/> Nein > 5%	Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

## **Ergebnisse**

Drei Clustersysteme analysiert.

Patroni als zu bauenden Testsystem evaluiert.

Patroni mittels vitabacks / postgresql\_cluster als Testsystem umgesetzt und getestet.

## **Erfolgserlebnisse**

Sehr viel Erfahrung mit Kubernetes / rke2 sowie Ansible gesammelt.

Herausforderungen bei Kubernetes / rke2 gemeistert.

Funktionierendes Patroni Testsystem aufgebaut.

## **Schwierigkeiten / unvorhergesehene Risiken**

- YugabyteDB kann als Open-Source DB oder als Subscription Version Yugaware installiert werden
- etcd wurde während der Evaluation auf den Patroni Nodes installiert. Es kam zu einem Namenskonflikt der etcd- und Patroni Nodes
- Der Kubernetes Load Balancer MetalLB benötigte ein L2Advertisement auf den Adresspool. Ohne waren die Evaluationsdatenbanken von aussen nicht erreichbar
- Das Persistente Storage System local-path-provisioner wurde erst falsch konfiguriert.  
Daher wurden alle Volumes auf einen Kubernetes Node geschrieben, so dass ab einer gewissen DB Grösse der Storage nicht mehr ausreichte
- Auf den Kubernetes Hosts wurden die sproxy-Zertifikate nicht installiert.  
Dadurch konnte StackGres nicht auf sein Extension GitHub Repository zugreifen.  
Auch die Maintenance-Tools mussten via Proxy ihre Dependencis installieren
- Das Benchmarking konnte nicht automatisiert werden
- Mit vitabacks / postgresql\_cluster konnte erst nicht auf Repositories von außerhalb zugreifen.  
Zum einen wurden die Server auf die Zukünftige Firewall ohne Proxy geroutet und entsprechende Firewall Rules erstellt.  
Der andere Lösungsweg bestand darin, im Zentralen yml-File (main.yml) den Proxy sauber einzubinden
- Veeam Kasten K10 stand während der Diplomarbeit nicht zur Verfügung.  
Daher konnten bei den Distributed SQL Systemen das Backup nur sehr rudimentär betrachtet werden
- Während der gesamten Diplomarbeit stand, dass KSGR Kubernetes Testsystem nicht zur Verfügung. Daher musste das Maintenance-Tool auf die Evaluationsumgebung aufgebaut werden.
- Das HP-UX Ersatzprojekt nahm während der Diplomarbeit stark an Fahrt auf.  
Entsprechend musste die Diplomarbeit immer wieder unterbrochen werden.
- Die Evaluationsphase nahm weit mehr Zeit in Anspruch als geplant.  
Entsprechend kam es zu Verzug beim Projekt

## **Offene Punkte**

- Das neue SIEM in Form von Elastic muss an das Testsystem angebunden werden
- Mittels des PKI und HashiCorp Vault muss die Testdatenbank sowie der Traffic verschlüsselt werden
- Das Testsystem muss an die Veeam Backup Infrastruktur angebunden werden
- vitabacks / postgresql\_cluster muss in die KSGR Ansible Umgebung eingebunden werden
- Die beiden Maintenance-Tools müssen in das KSGR Kubernetes Testsystem eingebunden werden
- Das Produktivsystem muss aufgebaut und in Betrieb genommen werden

## **Zukunftsprognose / Trends**

- YugabyteDB muss als Test- und Produktivsystem für die Cloud Native Applikationen aufgebaut werden
- Es muss ein Performance Warehouse für PostgreSQL konzipiert und aufgebaut werden

## **Erfahrungen / Empfehlungen**

- rke2 bietet die Möglichkeit, mit einfachen Mitteln einen Kubernetes Cluster aufzubauen.  
Allerdings braucht es zusätzliche Komponenten wie local-path-provisioner oder MetalLB um das

System für Datenbanken nutzbar zu machen.

Für Produktive Umgebung braucht es daher eine komplexere und stabilere Umgebung

- YugabyteDB hat den Vorteil, selbst grössere Datenmengen komprimiert zu speichern.  
Setzt aber ein funktionierendes und synchrones Zeitsystem voraus.  
Zudem ist nicht der neueste PostgreSQL Stand implementiert.
- StackGres - Citus benötigt Architekturbedingt grosse Ressourcenmengen.  
Das Sharding von Citus hat Grenzen, so lassen sich Foreign Key Constraints nicht ohne weiteres sharden.  
StackGres ist zudem bis zu einem gewissen Grad eine Blackbox, Fehler lassen sich dadurch nur schwer evaluieren
- Patroni ist mit vitabacks / postgresql\_cluster rasch deployt.  
Dessen Konzept birgt aber eine Schwäche, der Connection Pooler ist auf dem gleichen Server installiert wie Patroni. Dadurch wird eine Stärke des Poolers aufgehoben.  
Patroni selbst ist State oft he Art wenn es um PostgreSQL Clustering geht.

#### Was sind die Auswirkungen der Gross-Investition / des Projekts auf:

(zu jedem Stichwort ist eine Aussage zu machen, welche Auswirkungen eingetreten sind)

**Personal:**  keine Veränderung  Mehrbedarf  Mehrbedarf andere Abteilung

Erläuterung: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

**Immobilien / Räume:**  weitere Räume nötig  Umbau bestehende Räume nötig  
 wenig bauliche Massnahmen nötig  Keine

Erläuterung: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

zusätzliche Geräte nötig  bestehende Geräte mussten ersetzt werden  
 zusätzliche Büroeinrichtungen nötig

**Mobilien / Geräte:**  bestehende Büroeinrichtungen mussten ersetzt werden  
 zusätzliche ICT-Infrastruktur nötig  
 bestehende ICT-Infrastruktur musste ersetzt werden  
 Keine

Erläuterung: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

**Material (Verbrauch-):**  neues Material nötig (Bezeichnung): Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.  
 Mehrbedarf bestehendes Material nötig  
 Keine Veränderung zum IST vor Start der Gross-Investition / des Projekts

**Wartung-/Servicevertrag:**  zusätzlicher Vertrag nötig (Vertragsart): Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.  
 bestehender Vertrag wurden verlängert  
 Keine Veränderungen zum IST vor Start der Gross-Investition / des Projekts

Erläuterung: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

**Prozesse:**  Prozessanpassungen im eigenen Fachbereich nötig  
 Anpassungen bei anderen nötig  
 Keine Anpassungen nötig

Erläuterung: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

**Wirtschaftlichkeit:**  mehr Erträge  tiefere Kosten  höhere Kosten  
 Medizinischer Nutzen  betrieblicher Nutzen  
 Patienten Nutzen  keine Auswirkungen

Erläuterung: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

#### Antrag

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

---

## Beilagen

\*Auszug Projekt- / Beschaffungskosten --> Finanzauszug  \*\* Tabelle Auftragsvergaben

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

\*ist zwingend beizulegen (von Projektkoordinator/-in einfordern)

\*\* ist zwingend beizulegen, wenn im Projekt Aufträge an Externe vergeben wurden, die der Submissionspflicht unterstehen (durch Projektleiter [i.d.R. ST oder IT] auszufüllen)

---

**13.05.2024**

*Michael Graber*

---

Datum

---

Unterschrift Projektleitung

Klicken oder tippen Sie, um ein Datum einzugeben.

---

Datum

---

Unterschrift Projektcoach



Hier werden Kommentare und Anmerkungen, welche für das Fazit wichtig sein könnten, gesammelt.

Woche	Beschreibung / Event / Problem
KW10	<p>Vier ganze Tage war ich in Thalwil für die Oracle Multitenant-Schulung für das ExaCC Projekt (Ablösung HP-UX).</p> <p>Am Freitag war ich ebenfalls fast den ganzen Tag dran.</p> <p>Weitere Termine werden folgen, das Risiko durch das Projekt tritt langsam ein.</p> <p>Projekt Zeitlich im Verzug.</p>
KW11	<p>Nebst dem HP-UX Ablösungsprojekt schlagen auch diverse Betriebsthemen ein.</p> <p>Die Analyse der PostgreSQL HA Cluster nimmt ebenfalls mehr Zeit in Anspruch, als erwartet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- HP-UX Probleme am Montag.</li> <li>Backups sind über das Weekend nicht durchgelaufen.</li> </ul>
KW12	<p>Die ganze Montagsplanung wurde über den Haufen geworfen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Besprechung bezüglich Backup.</li> <li>Veeam Kasten steht noch nicht zur Verfügung.</li> <li>- Mittwochvormittag in Zürich, am Nachmittag Probleme mit dfs-Shares.</li> </ul>
KW12	<p>So wenig Zeit.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mit Norman Termin für nächste Woche Fachgespräch organisiert.</li> <li>Freue mich darauf.</li> </ul>
KW12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle Gängigen PostgreSQL HA Lösungen dokumentiert. Aufwand für die Dokumentation weit grösser als erwartet.</li> <li>- Bereits jetzt viel über Kubernetes, Ranger (rke2) und Helm gelernt.</li> </ul>
KW13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Benchmarking lässt sich nicht automatisieren,</li> <li>die Tools sind zu gut abgesichert.</li> </ul> <p>Ungeplanter Mehraufwand wegen manuellem Ausführen.</p>
KW13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Später bemerkte ich, dass man das Repo YugabyteDB auswählen muss.</li> </ul>
KW13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MetallLB benötigt zwingend L2Advertisement,</li> <li>damit Linux die Kommunikation von aussen nach innen leiten kann.</li> <li>- YugabyteDB entpuppt sich als recht fordernd.</li> </ul>
KW13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es benötigt eine «private container registry», mir fehlt die Expertise dazu.</li> <li>- Der Aufbau der Projektplanung entpuppt sich begrenzt nutzbar.</li> </ul> <p>Das erstellen der Evaluationsinfrastruktur</p>
KW13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Problem mit dem «private container registry» rührte daher,</li> </ul>
KW13	<ul style="list-style-type: none"> <li>dass das YugabyteDB Anywhere (Repository Yugaware) verwendet wurde.</li> </ul>
	<p>Kurz ein Schock, dass YugabyteDB ausgeschieden ist.</p>
KW14	<ul style="list-style-type: none"> <li>HP-UX Probleme und ExaCC Ablöseprojekt bremste stark aus.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>StackGres Extension verursachte Probleme.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Viele Termine diese Woche.</li> </ul>
KW15	<ul style="list-style-type: none"> <li>StackGres Extension Problem gelöst.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Patroni macht weiterhin Probleme mit etcd-Server</li> </ul>

Continued on next page

Tabelle II: Kommentare - Anmerkung

Woche	Beschreibung / Event / Problem
KW16	local-path-provisioner machte nochmals Probleme. Die ganze Zeit ohne Node-Annotation gearbeitet. Danach konnten auch die letzten Benchmarks gemacht werden. Gegenüberstellung fertiggestellt.
KW17	Variantenentscheid getroffen. Dokumentation die letzte Zeit vernachlässigt, das rächt sich nun. Grossen Change Dienstag auf Mittwoch, mehr oder weniger K.O.
KW18	
KW19	
KW20	

Tabelle II: Kommentare - Anmerkung

## VI Riskcontrolling

### VI.I Neu erfasste Risiken

ID	Definiert / Erkannt	Risiko	Beschreibung / Ursache	Auswirkung	WS	SM	Massnahmen notwendig	WS.1	SM.1	Massnahmen
9	19.03.2024	Veeam Kasten K10[10] nicht betriebsbereit	Abhängigkeit zum KSGR k8s Projekt. Ohne Kubernetes kein Veeam Kasten.	Keine Kubernetes-Gerechten Sicherungen von Pods usw. Sicherungen inkonsistent o.ä. Ohne Backup kann das Ziel des Projekts nicht erreicht werden	5	5	Ja	5	2	Backup auf einem nfs-Share ablegen. So können Test-DBs wenigstens gesichert werden.
10	29.04.2024	Kubernetes Testumgebung	Abhängigkeit zum KSGR k8s Projekt. Ohne Kubernetes keine YugabyteDB	Es fehlt schlicht ein k8s-Testsystem, wo YugabyteDB installiert werden könnte.	5	1	Nein	5	1	Patroni wird klassisch als Monolith installiert. Für das Projekt besteht zurzeit kein Impact.
11	29.04.2024	Verzug	Evaluationsphase dauerte wesentlich länger als geplant	Rest des Projekts hat einen nicht unerheblichen Verzug	4	5	Ja	4	5	Kaum umsetzbar. Es lässt sich nur schwer etwas streichen.

Tabelle III: Neu Erkannte / Erfasste Risiken

### VI.I.I Assessment 21.03.2024

ID	Risiko	Assessment-Datum	WS	SM	Dringlichkeit	Ergriffene Massnahmen	Wirksamkeit	Begründung
1	Fehlende Ressourcen	21.03.2024	3	4	hoch	Dokumentation ausserhalb Arbeitszeit	begrenzt	Mentale Ressourcen setzen Limits. ExaCC Server werden mitten während der Diplomarbeit geliefert.
2	HP-UX Ablöseprojekt	21.03.2024	5	4	sehr hoch	Ressourcen reserviert	begrenzt	Von KSGR Seite fehlt eine Stellvertretung. Mithilfe notwendig.
3	Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden	21.03.2024	4	4	hoch	Externe Partner sensibilisiert	wirksam	Externe Partner können meinen Teil der Aufgaben bei Problemen abfedern. Allerdings nicht vollständig
4	Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	21.03.2024	3	3	hoch	- Projektplanung erstellt. - Arbeitspakete geplant	begrenzt	Nicht an alle Tasks gedacht, wie z.B. Risikocontrolling.
5	Scope Verlust während des Projekts	21.03.2024	2	2	mittel	Ziele SMART definiert	wirksam	Ziele sind klar definiert. Allerdings gibt es zwangsläufig gewisse Unschärfen.
6	Scope Creep	21.03.2024	3	3	hoch	Ziele SMART definiert	begrenzt	Sehr viele mögliche Lösungen am Markt. SIEM wird nicht rechtzeitig stehen.
7	SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit	21.03.2024	5	1	sehr hoch	keine		Das Schadensmass ist aber zu gering, damit Massnahmen ergriffen werden müssten.
8	Foreman nicht betriebsbereit	21.03.2024	1	1	erledigt	keine		Foreman ist in Betrieb
9	Veeam Kasten K10[10] nicht betriebsbereit	21.03.2024	5	5	sehr hoch	noch keine		

Tabelle IV: Risiko-Assessment 21.03.2024

## Risiko Cockpit Projekt – Assessment 21.03.2024

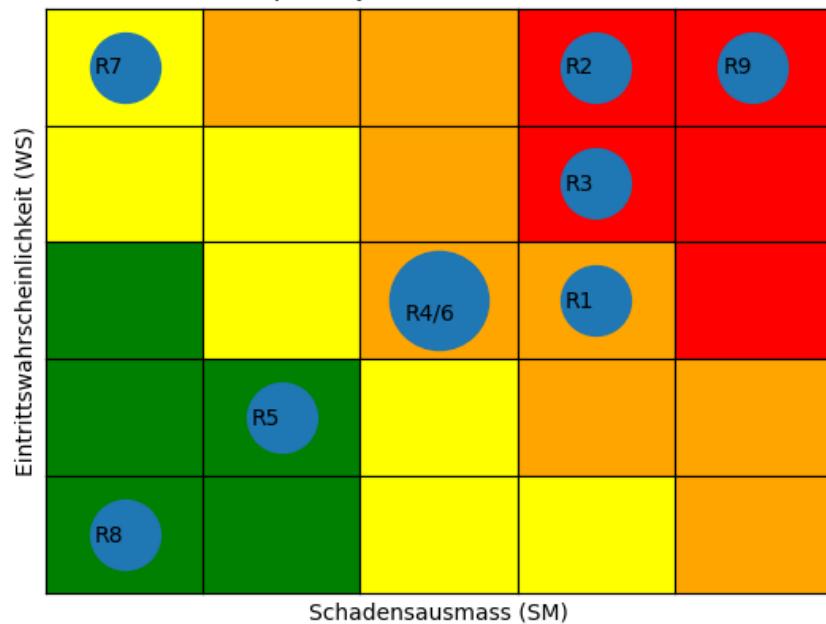


Abbildung I: Riskikomatrix - Assessment 21.03.2024

ID	Risiko	Assessment-Datum	WS	SM	Dringlichkeit	Ergriffene Massnahmen	Wirksamkeit	Begründung
1	Fehlende Ressourcen	21.03.2024	3	4	hoch	Dokumentation ausserhalb Arbeitszeit	begrenzt	Mentale Ressourcen setzen Limits. ExaCC Server werden mitten während der Diplomarbeit geliefert.
2	HP-UX Ablöseprojekt	21.03.2024	5	4	sehr hoch	Ressourcen reserviert	begrenzt	Von KSGR Seite fehlt eine Stellvertretung. Mithilfe notwendig.
3	Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden Schwächen beim	21.03.2024	4	4	hoch	Externe Partner sensibilisiert	wirksam	Externe Partner können meinen Teil der Aufgaben bei Problemen abfedern. Allerdings nicht vollständig
4	Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	21.03.2024	3	3	hoch	- Projektplanung erstellt. - Arbeitspakete geplant	begrenzt	Nicht an alle Tasks gedacht, wie z.B. Risikocontrolling.
5	Scope Verlust während des Projekts	21.03.2024	2	2	mittel	Ziele SMART definiert	wirksam	Ziele sind klar definiert. Allerdings gibt es zwangsweise gewisse Unschärfen.
6	Scope Creep	21.03.2024	2	3	hoch	Ziele SMART definiert	wirksam	Vorauswahl getroffen, nur noch drei Evaluierter. SIEM wird nicht rechtzeitig stehen.
7	SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit	21.03.2024	5	1	sehr hoch	keine		Das Schadensmass ist aber zu gering, damit Massnahmen ergriffen werden müssten.
8	Foreman nicht betriebsbereit	21.03.2024	1	1	erledigt	keine		Foreman ist in Betrieb
9	Veeam Kasten K10[10] nicht betriebsbereit	21.03.2024	5	1	sehr hoch	keine		Es muss nur ein Testsystem aufgebaut werden. Da dies Patroni ist, wird YugabyteDB später installiert.
10	Kubernetes Testumgebung	29.04.2024	5	1	sehr hoch	keine		Es muss nur ein Testsystem aufgebaut werden. Da dies Patroni ist, wird YugabyteDB später installiert.
11	Verzug	29.04.2024	4	5	sehr hoch			

Tabelle V: Risiko-Assessment 29.04.2024

### Risiko Cockpit Projekt – Assessment 29.04.2024

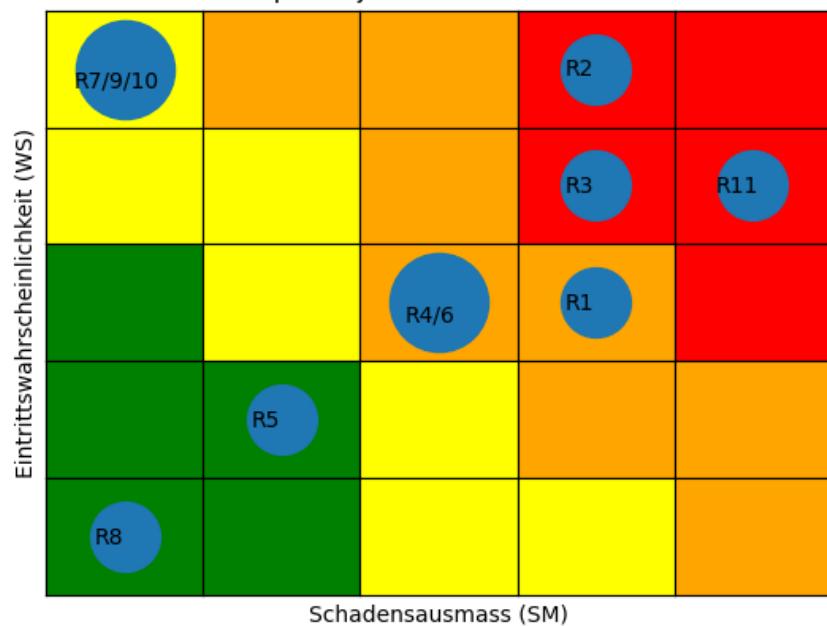


Abbildung II: Riskikomatrix - Assessment 29.04.2024

**VI.III Assessment 13.05.2024 / Abschluss**

ID	Risiko	Assessment-Datum	WS	SM	Dringlichkeit	Ergriffene Massnahmen	Wirksamkeit	Begründung
1	Fehlende Ressourcen	21.03.2024	3	4	hoch	Dokumentation ausserhalb Arbeitszeit	begrenzt	Mentale Ressourcen setzen Limits. ExaCC Server werden mitten während der Diplomarbeit geliefert.
2	HP-UX Ablöseprojekt	21.03.2024	5	4	sehr hoch	Ressourcen reserviert	begrenzt	Von KSGR Seite fehlt eine Stellvertretung. Mithilfe notwendig.
3	Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden Schwächen beim	21.03.2024	4	4	hoch	Externe Partner sensibilisiert	wirksam	Externe Partner können meinen Teil der Aufgaben bei Problemen abfedern. Allerdings nicht vollständig
4	Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	21.03.2024	3	3	hoch	- Projektplanung erstellt. - Arbeitspakete geplant	begrenzt	Nicht an alle Tasks gedacht, wie z.B. Risikocontrolling.
5	Scope Verlust während des Projekts	21.03.2024	2	2	mittel	Ziele SMART definiert	wirksam	Ziele sind klar definiert. Allerdings gibt es zwangsweise gewisse Unschärfen.
6	Scope Creep	21.03.2024	2	3	hoch	Ziele SMART definiert	wirksam	Vorauswahl getroffen, nur noch drei Evaluierter. SIEM wird nicht rechtzeitig stehen.
7	SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit	21.03.2024	5	1	sehr hoch	keine		Das Schadensmass ist aber zu gering, damit Massnahmen ergriffen werden müssten.
8	Foreman nicht betriebsbereit	21.03.2024	1	1	erledigt	keine		Foreman ist in Betrieb.
9	Veeam Kasten K10[10] nicht betriebsbereit	21.03.2024	5	1	sehr hoch	keine		Es muss nur ein Testsystem aufgebaut werden. Da dies Patroni ist, wird YugabyteDB später installiert.
10	Kubernetes Testumgebung	29.04.2024	5	1	sehr hoch	keine		Es muss nur ein Testsystem aufgebaut werden. Da dies Patroni ist, wird YugabyteDB später installiert.
11	Verzug	29.04.2024	4	5	sehr hoch			

Tabelle VI: Risiko-Assessment 13.05.2024

### Risiko Cockpit Projekt – Assessment 13.05.2024

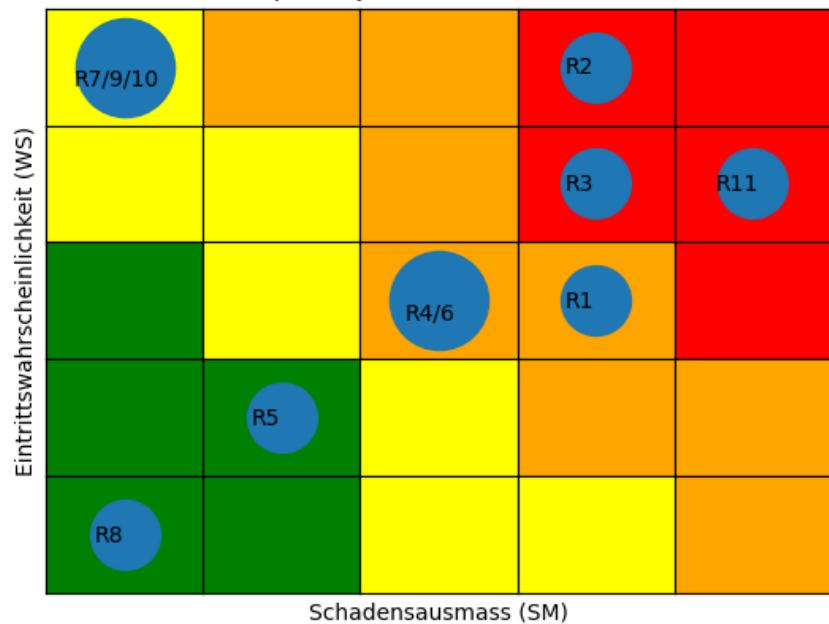


Abbildung III: Riskikomatrix - Assessment 13.05.2024

## VII

### Evaluation

#### VII.I

##### Maintenance - CloudNativePG

Das Projekt hat eine vergleichsweise hohe Anzahl an aktiven Issues, wobei viele neue dazugekommen sind:

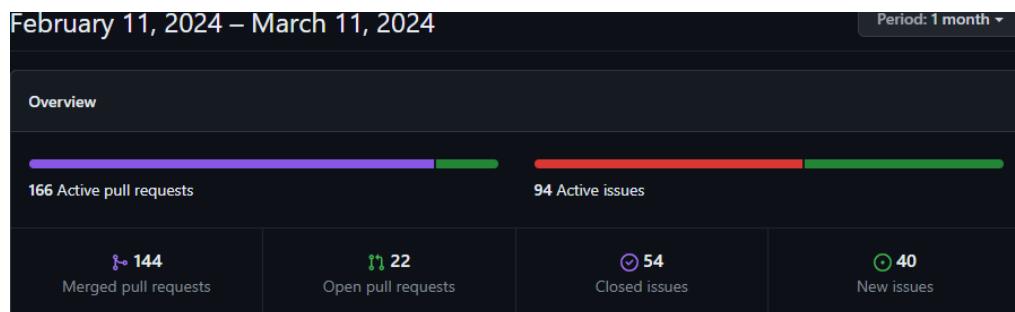


Abbildung IV: CloudNativePG - Pulse

Der Code ist aber gut gepflegt, Code wird nicht nur regelmässig hinzugefügt, sondern auch entfernt. Auffällig ist, dass im April 2022 eine grosse Menge Code entfernt wurde:

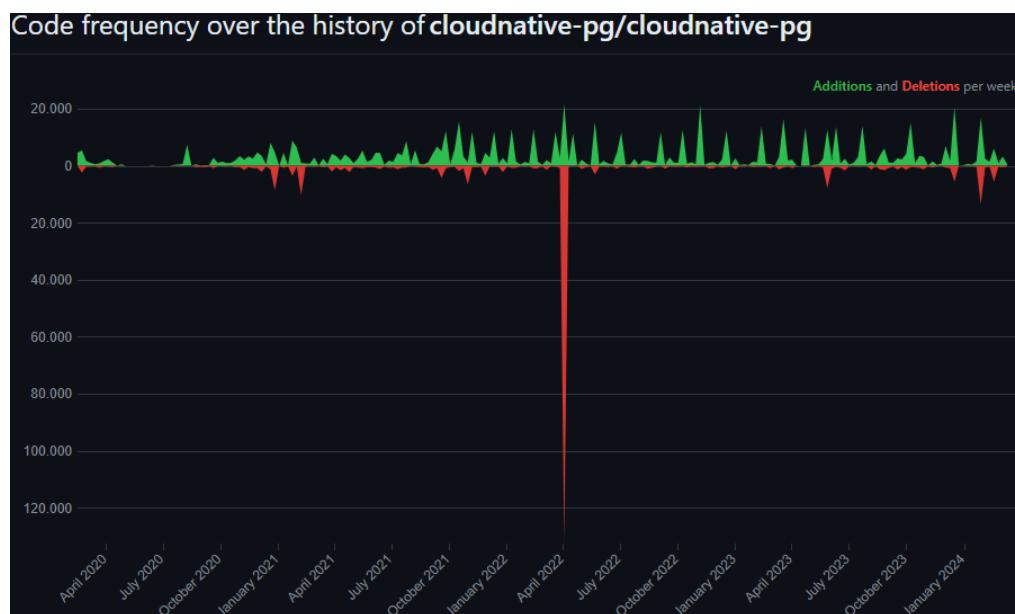


Abbildung V: CloudNativePG - Code Frequency

Das Projekt hält die meisten Standards von GitHub ein:

The screenshot shows a GitHub 'Community Standards' page. At the top, it says 'Here's how this project compares to [recommended community standards](#)'. Below this is a 'Checklist' section with a yellow progress bar. The checklist items are: ✓ Description, ✓ README, ✓ Code of conduct, ✓ Contributing, ✓ License, ✓ Security policy, ✓ Issue templates, • Pull request template, and • Repository admins accept content reports. Most items have a green checkmark, while the last two are orange circles.

Abbildung VI: CloudNativePG - Community Standards

Die Contributors committen zwar regelmässig auf das Projekt, allerdings fügen sie ungleich mehr dazu, als sie alten Code bereinigen.

Das führt dann dazu, dass es zu grösseren Aufräumarbeiten kommt wie im April 2022.

Es kann der Eindruck gewonnen werden, dass der Code wenig aufgeräumt wird und viel Ballast mit sich schlepppt,

was ein Sicherheitsrisiko darstellen kann:

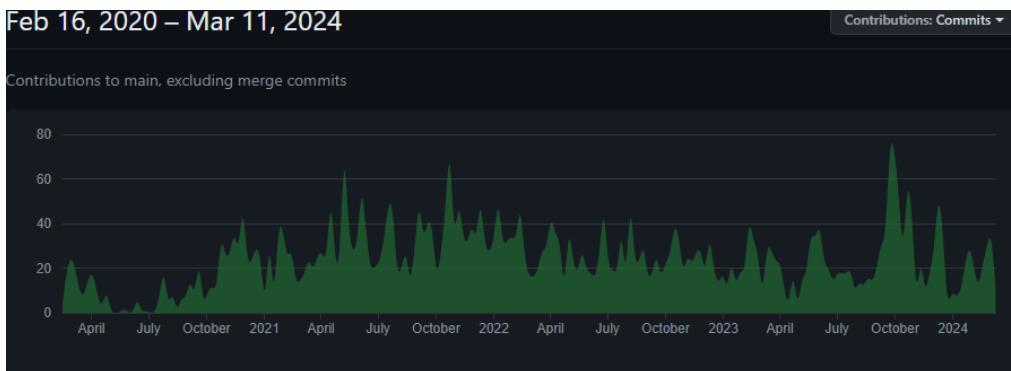


Abbildung VII: CloudNativePG - Contributors Commits



Abbildung VIII: CloudNativePG - Contributors Deletions

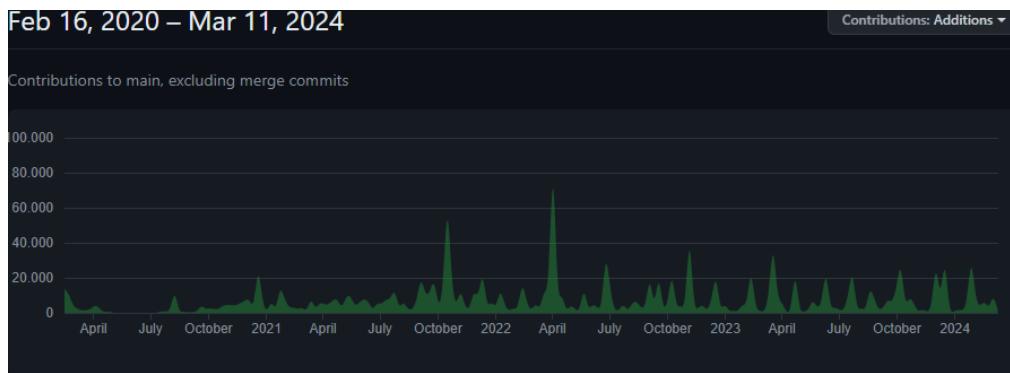


Abbildung IX: CloudNativePG - Contributors Additions

Commits werden regelmässig abgesetzt, allerdings gibt es immer wieder gehäufte Commits.  
Oft um die Monatswechsel herum:

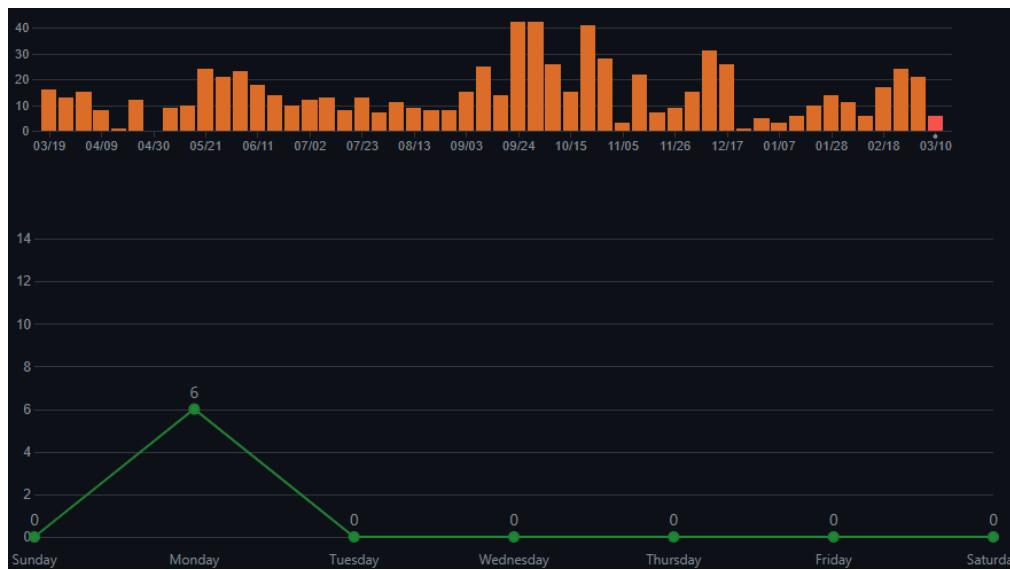


Abbildung X: CloudNativePG - Commit Activity

Nebst dem Projekt cloudnative-pg der «© The CloudNativePG Contributors» ist CloudNativePG-Gründer EDB noch immer ein grosser Contributor.

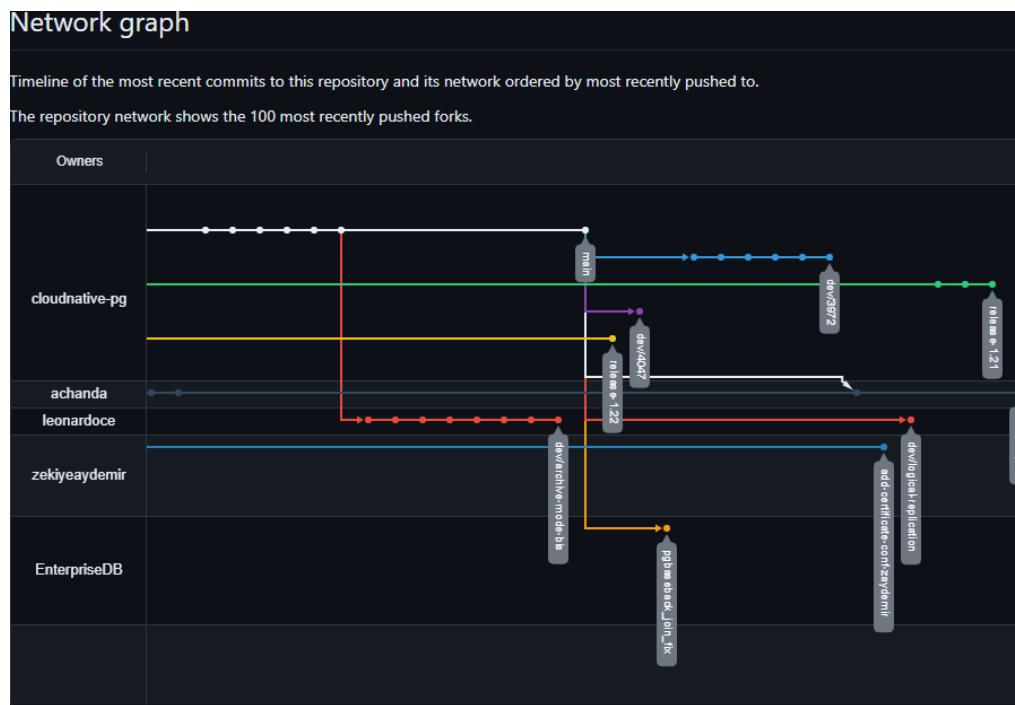


Abbildung XI: CloudNativePG - Network Graph

## VII.II

### Maintenance - Patroni

Patroni wird von Zalando regelmässig gepflegt. Das Projekt hat eine überschaubare Anzahl an Issues:

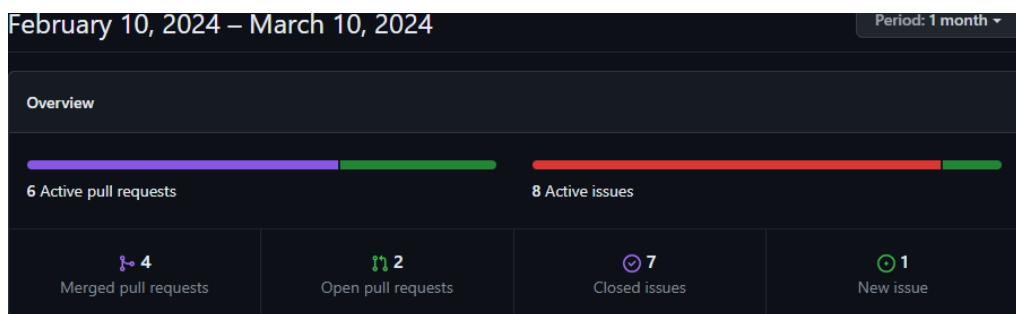


Abbildung XII: Patroni - Pulse

Code wird regelmässig hinzugefügt und entfernt:

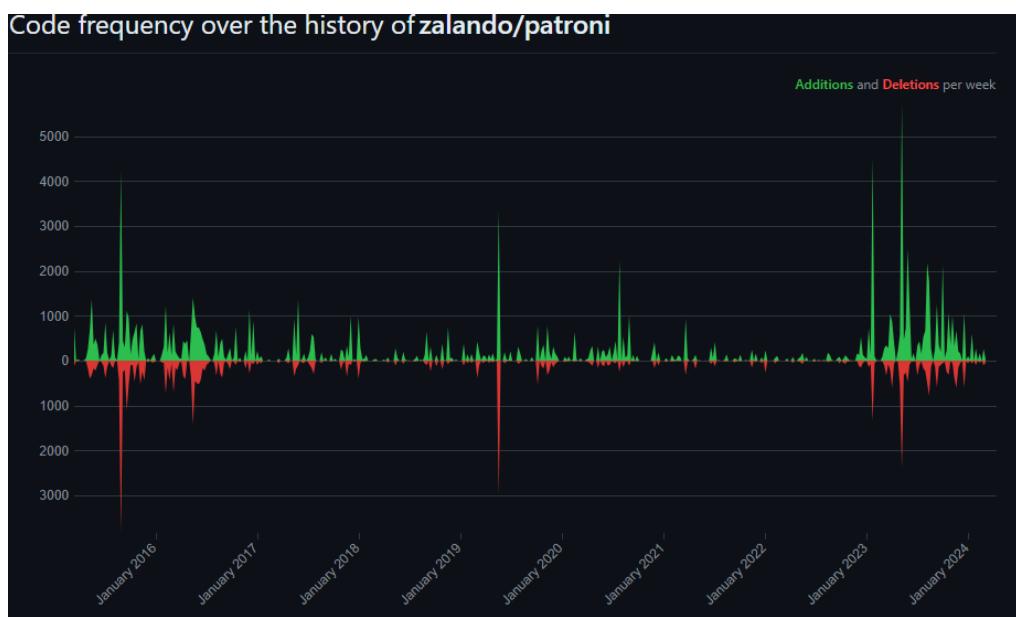


Abbildung XIII: Patroni - Code Frequency

Das Projekt hält auch die gängigen Standards auf Github ein:

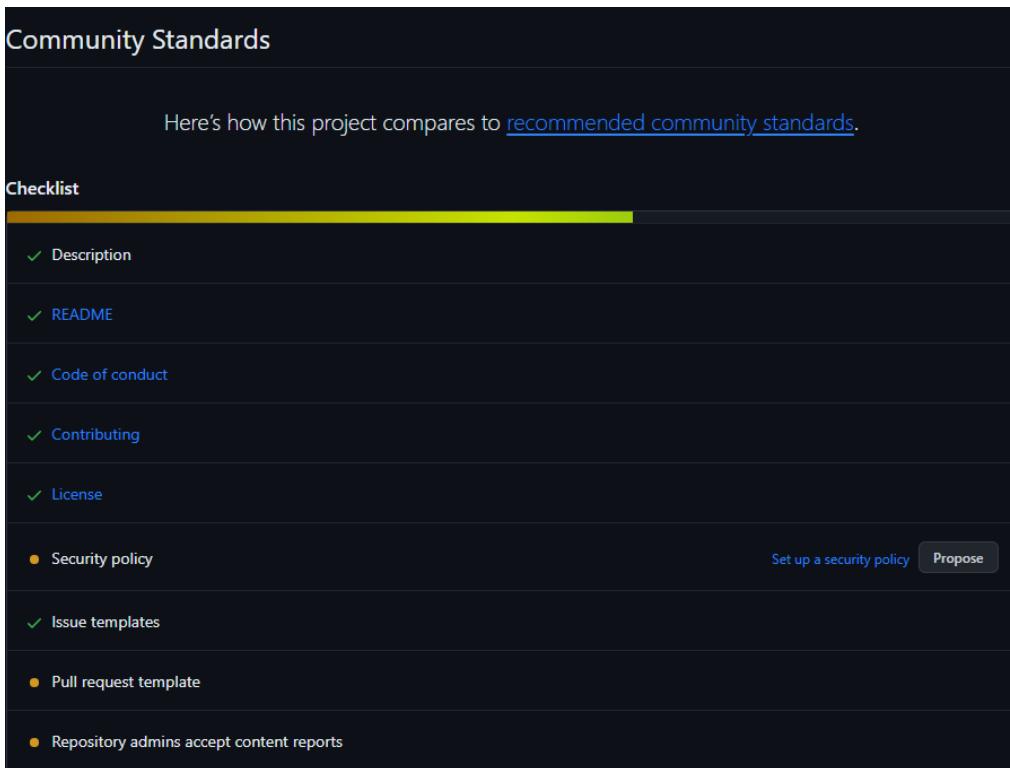


Abbildung XIV: Patroni - Community Standards

Die Contributors commiten, löschen und erweitern Patroni regelmässig:

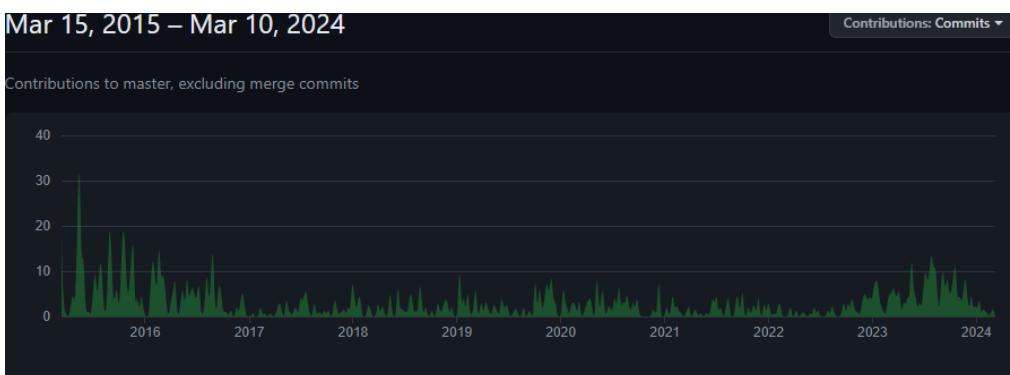


Abbildung XV: Patroni - Contributors Commits



Abbildung XVI: Patroni - Contributors Deletations



Abbildung XVII: Patroni - Contributors Additions

Commits werden nach wie vor immer noch regelmäßig eingespielt, auch wenn die Frequenz etwas nachgelassen hat:



Abbildung XVIII: Patroni - Commit Activity

Nebst Zalando selbst hat auch EnterpriseDB[105] ein grösseres Repository eingebunden. Dies, weil EnterpriseDB stark auf Patroni setzt.



Abbildung XIX: Patroni - Network Graph

## VII.III

### Maintenance - StackGres - Citus

Bei StackGres gab es im letzten Monat keine wirkliche Bewegung:

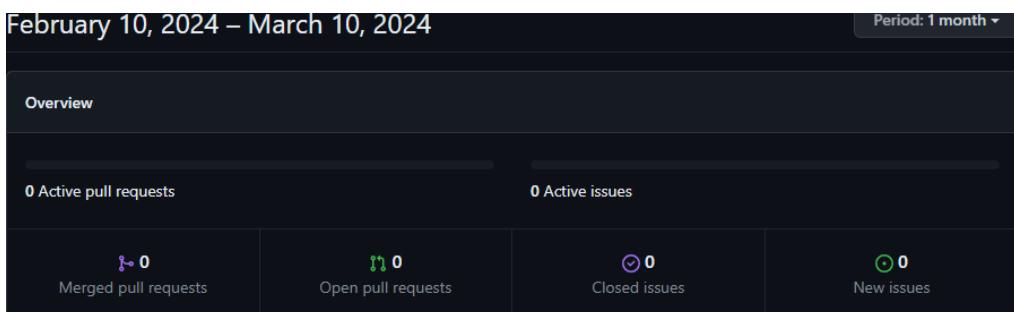


Abbildung XX: Stackgres - Pulse

Anders sieht es bei Citus aus, die Firma, die mittlerweile zu Microsoft gehört, schliesst Issues rasch und hat eine verhältnismässig hohe Requistrate:

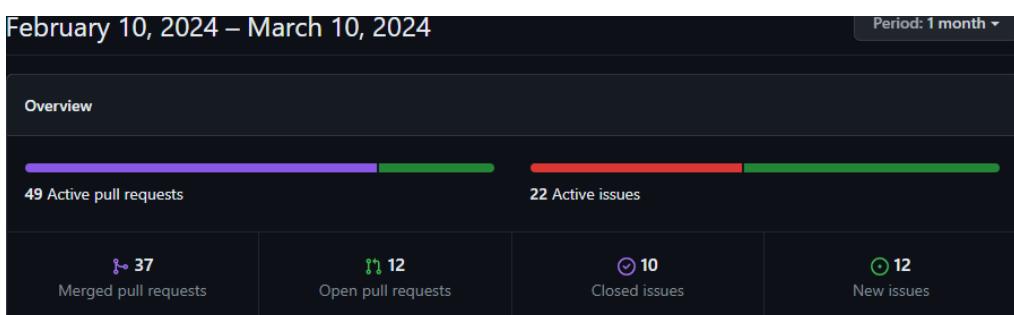


Abbildung XXI: Citus - Pulse

Bei StackGres wird sehr viel Code hinzugefügt oder gelöscht, beim älteren Citus wurden weniger Änderungen verzeichnetnet:

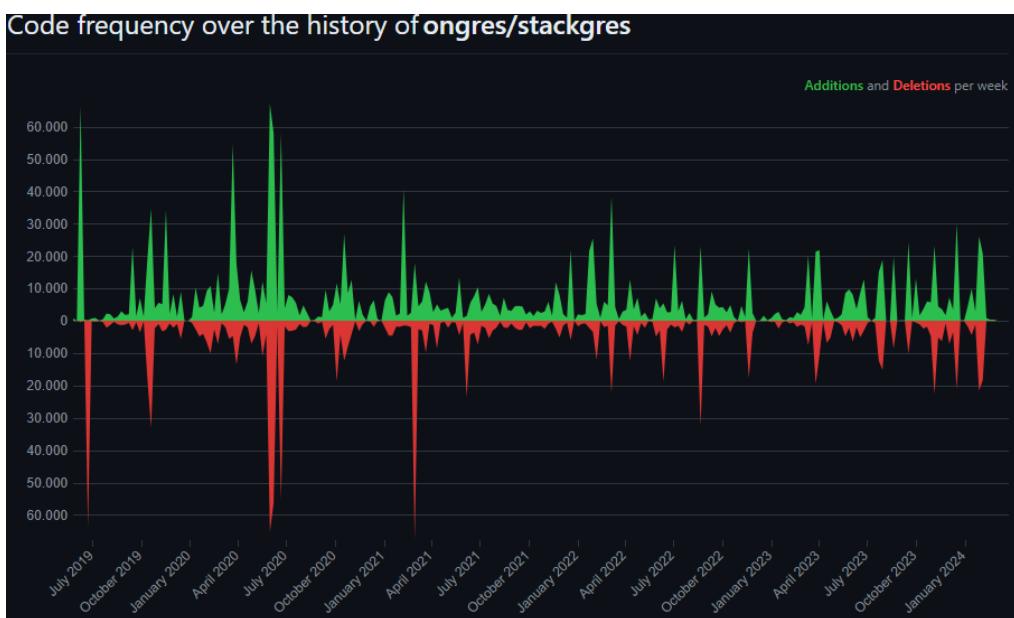


Abbildung XXII: Stackgres - Code Frequency

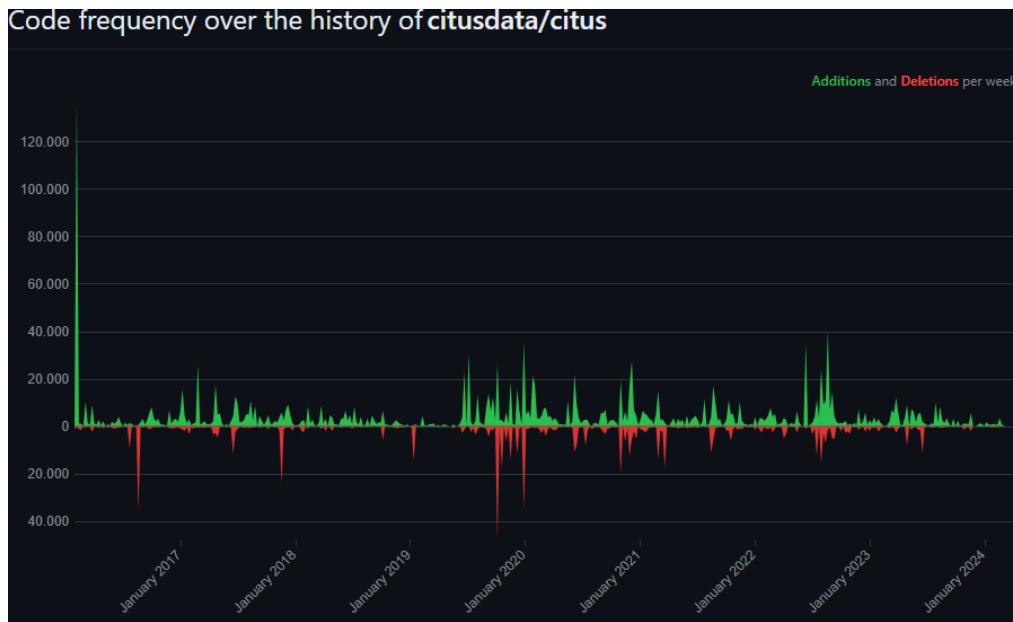


Abbildung XXIII: Citus - Code Frequency

Citus legt einen hohen Stellenwert auf die Community-Standards, StackGres selbst schneidet hier nur mittelmässig ab:

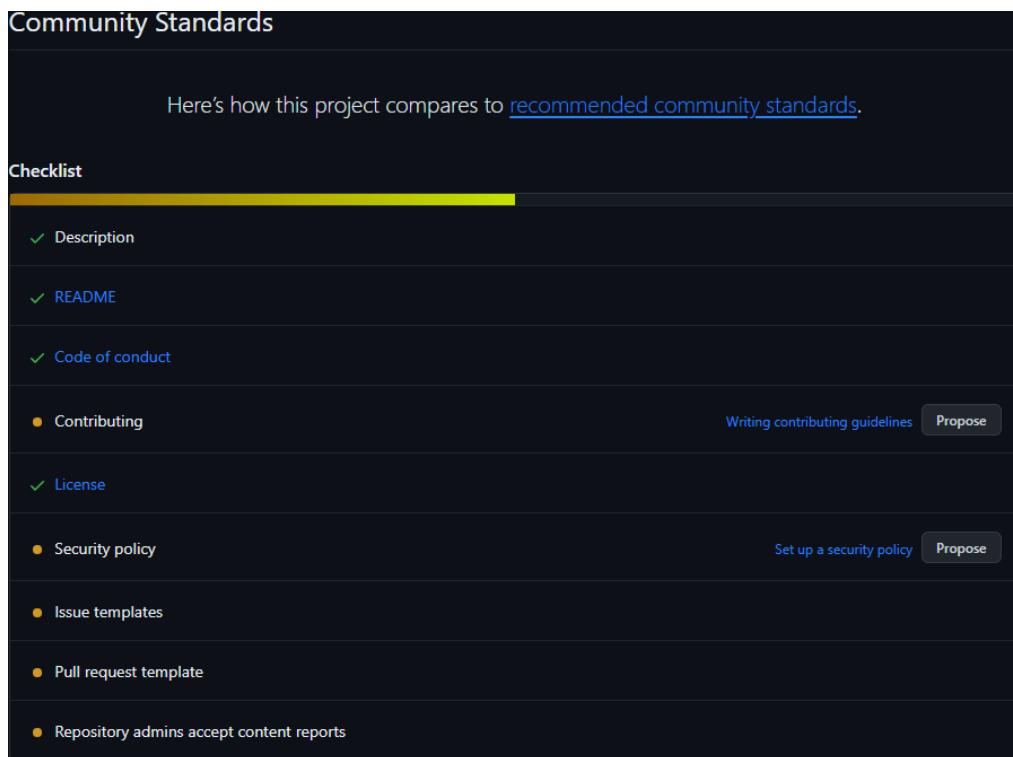


Abbildung XXIV: Stackgres - Community Standards

## Community Standards



Abbildung XXV: Citus - Community Standards

Die Stackgres Contributors pflegen aktiv Additions ein, löschen regelmäßig und commiten ebenfalls auf die main-Branch. Citus, dessen Repository länger Committed wird, hat weniger Bewegung auf die main-Branch.

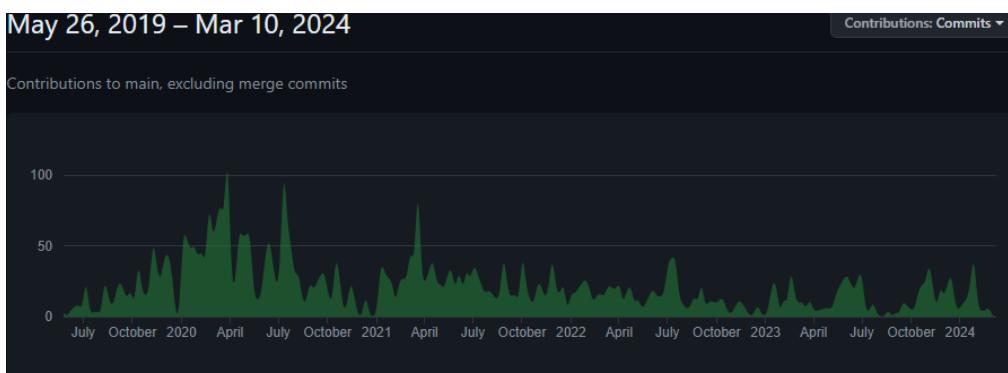


Abbildung XXVI: Stackgres - Contributors Commits

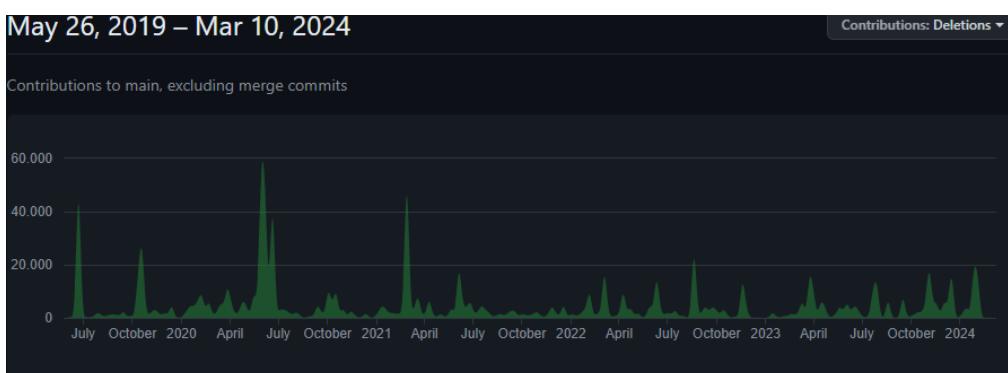


Abbildung XXVII: Stackgres - Contributors Deletations

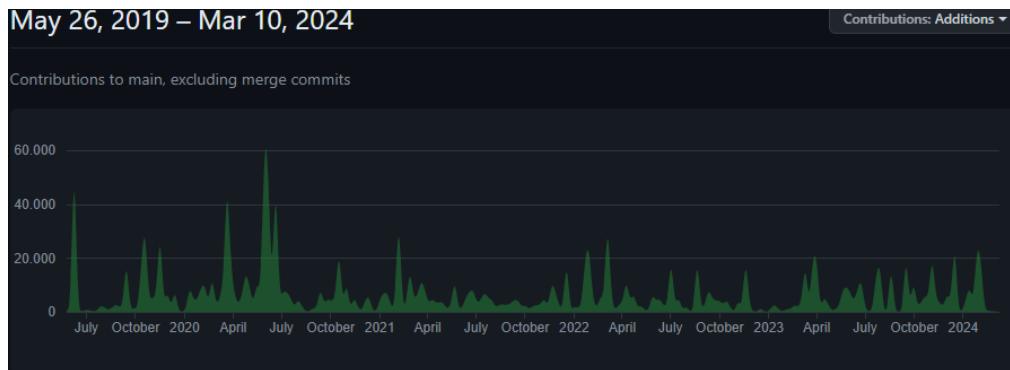


Abbildung XXVIII: Stackgres - Contributors Additions

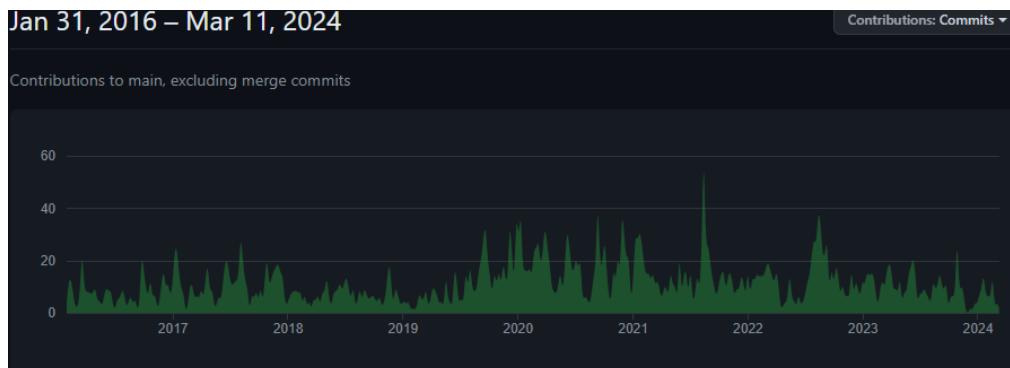


Abbildung XXIX: Citus - Contributors Commits

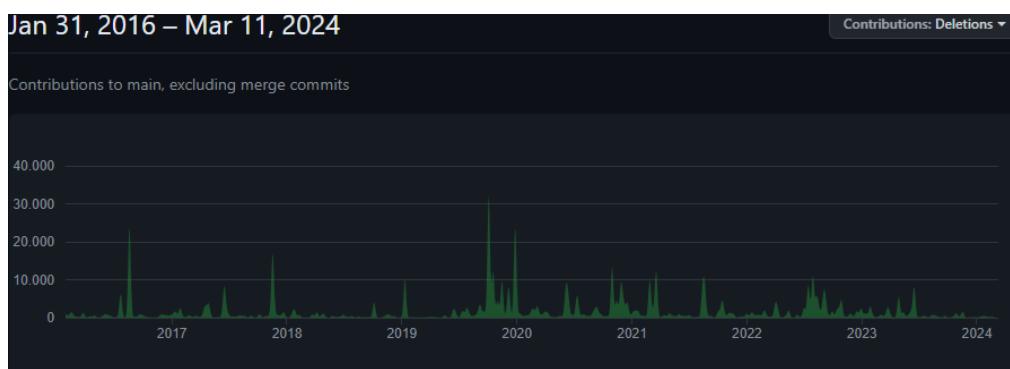


Abbildung XXX: Citus - Contributors Deletations

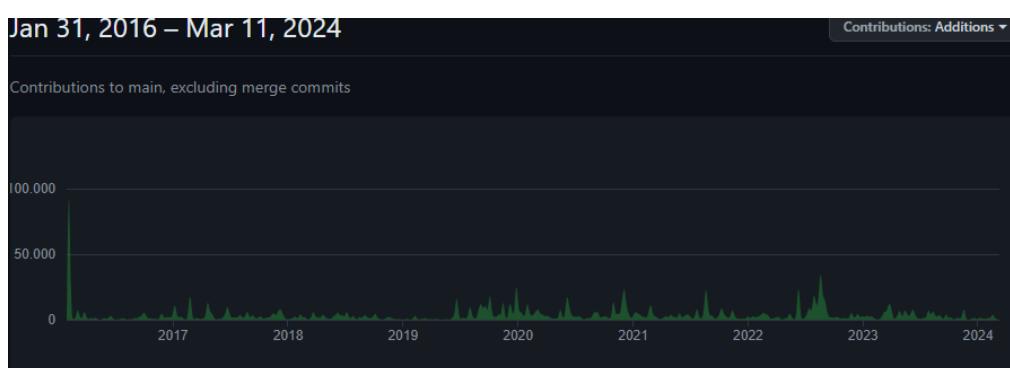


Abbildung XXXI: Citus - Contributors Additions

Gerade Ende Januar gab es bei StackGres eine grössere Anzahl Commits, anhand der Statistik wird ersichtlich, dass i. d. R. einmal pro Monat grössere Mengen an Commits eingespielt werden. Bei Citus gibt es ebenfalls regelmässig grössere Mengen an Commits, allerdings scheint bei citusdata mehr mit kürzeren Sprints gearbeitet zu werden als bei Ongres denn die Commits sind regelmässiger:

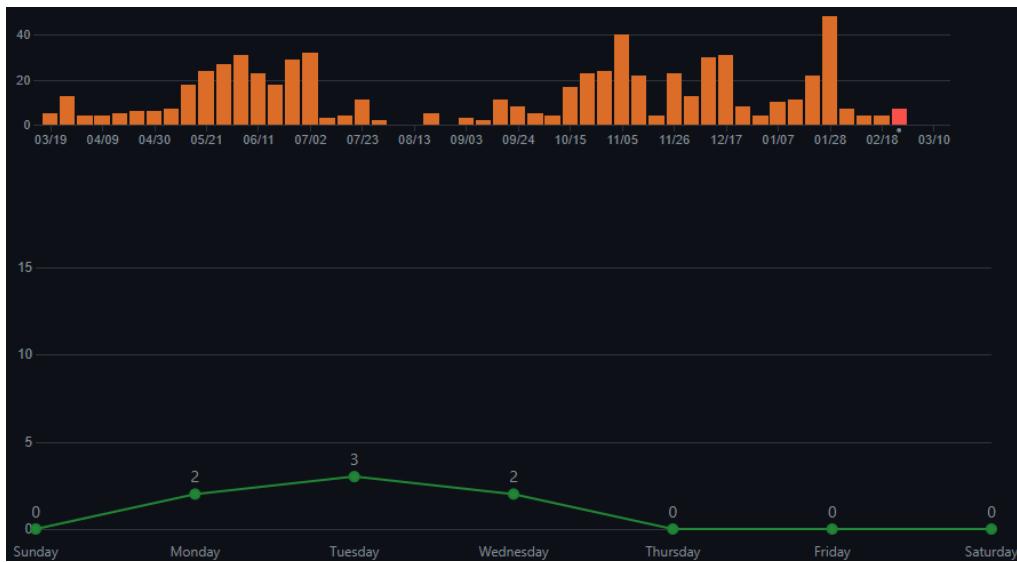


Abbildung XXXII: Stackgres - Commit Activity



Abbildung XXXIII: Citus - Commit Activity

In letzter Zeit haben nur Ongres, der Entwickler von StackGres, als auch citusdata, grössere Commits auf das Repository gefahren. Andere grössere Entwickler wie EnterpriseDB sind abwesend.

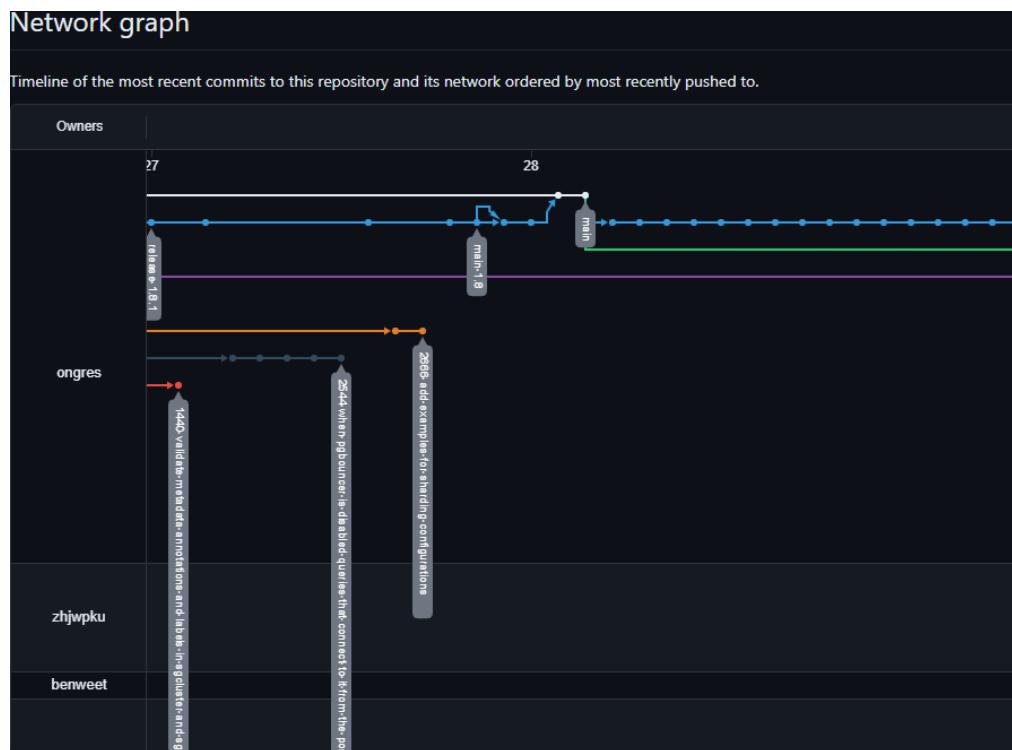


Abbildung XXXIV: Stackgres - Network Graph



Abbildung XXXV: Citus - Network Graph

## VII.IV

### Maintenance - YugabyteDB

Das Projekt hat eine sehr hohe Anzahl an aktiven Issues, wobei viele neue dazugekommen sind:

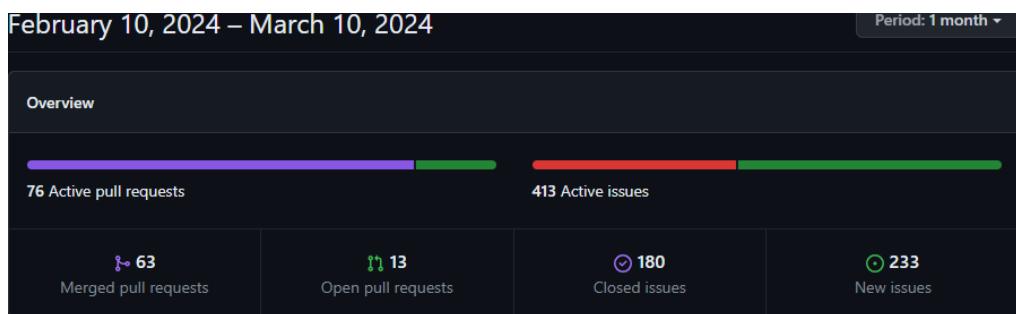


Abbildung XXXVI: YugabyteDB - Pulse

Die Code Frequency kann nicht ausgegeben werden, es gab zu viele Commits:



Abbildung XXXVII: YugabyteDB - Code Frequency

Das Projekt hält nur die wichtigsten Community Standards ein:

Community Standards

Here's how this project compares to [recommended community standards](#).

**Checklist**

- ✓ Description
- ✓ README
- Code of conduct [Propose](#)
- Contributing [Writing contributing guidelines](#) [Propose](#)
- ✓ License
- Security policy [Set up a security policy](#) [Propose](#)
- ✓ Issue templates
- Pull request template
- Repository admins accept content reports

Abbildung XXXVIII: YugabyteDB - Community Standards

Es werden immer wieder Commits abgesetzt, allerdings sind diese nicht weiter aufgeteilt in Commits, Additions und Deletations:



Abbildung XXXIX: YugabyteDB - Contributors

Die Commits wiederum werden regelmässig ausgeführt, es wird scheinbar in kurzen Sprints gearbeitet:



Abbildung XL: YugabyteDB - Commit Activity

YugabyteDB ist der Maintainer seines Produkts.

Es gibt keine anderen grossen Contributors:

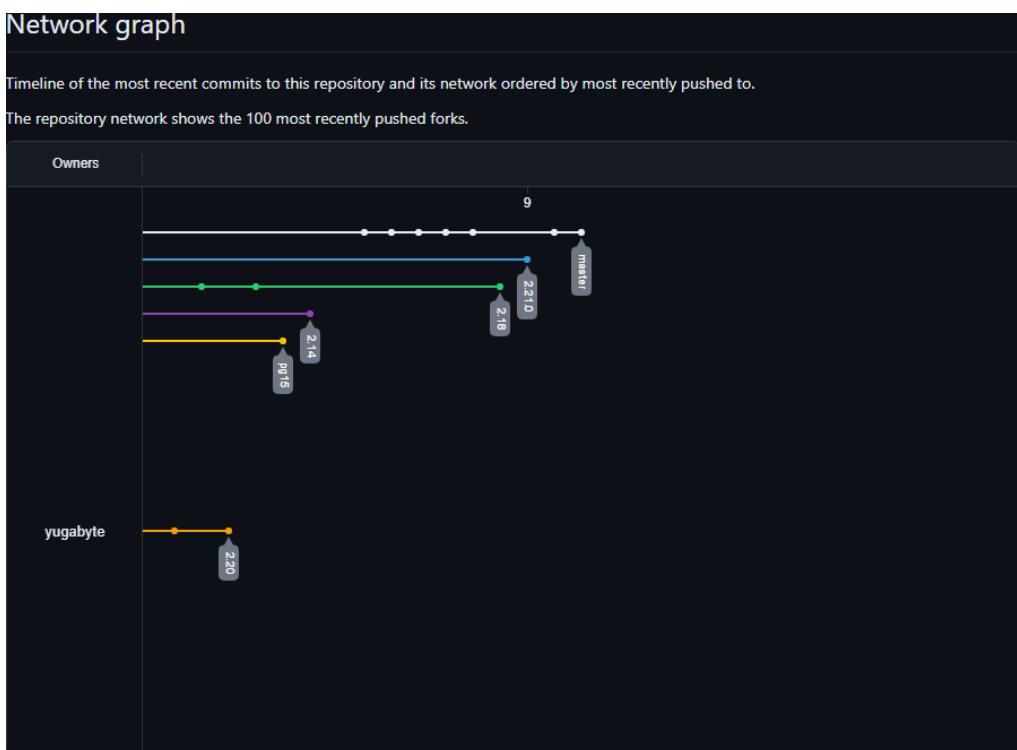


Abbildung XLI: YugabyteDB - Network Graph

## VIII Evaluationssysteme - Installation

### VIII.I rke2

#### VIII.I.I Vorbereitung

Da Package aus WAN-Repositories geladen werden, muss eine Proxy-Connection nach aussen gemacht werden können:

```
1 sudo nano /etc/profile.d/proxy.sh
2
3 export https_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
4 export HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
5 export http_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
6 export HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
7 export no_proxy=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
8 export NO_PROXY=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
9
10 source /etc/profile.d/proxy.sh
```

Listing 1: Proxy Settings

#### VIII.I.II Installation

##### VIII.I.II.I server - sks1183

Es gibt kein apt-Package. Daher muss zuerst das tarball-Package heruntergeladen werden.

Zuerst wird das Verzeichnis für rke2 erstellt:

```
1 mkdir -p /etc/rancher/rke2/
2 mkdir -p /var/lib/rancher/rke2/server/manifests/
```

Listing 2: rke2 server - Verzeichnis erstellen

```
1 # /etc/rancher/rke2/
2 cluster-cidr: "198.18.0.0/16"
3 service-cidr: "198.19.0.0/16"
4 cni:
5   - cilium
6 disable:
7   - rke2-canal
```

Listing 3: rke2 server - config.yaml

Cilium muss separat manifestiert werden:

```
1 # /var/lib/rancher/rke2/server/manifests/rke2-cilium-config.yaml
2 ---
3 apiVersion: helm.cattle.io/v1
4 kind: HelmChartConfig
5 metadata:
6   name: rke2-cilium
7   namespace: kube-system
8 spec:
9   valuesContent: |-
  eni:
```

```
11     enabled: true
```

Listing 4: rke2 server - cilium-config.yaml

Das Package kann nun installiert und aktiviert werden:

```
1 curl -sfL https://get.rke2.io | INSTALL_RKE2_VERSION=v1.29.0+rke2r1 sh -
2 systemctl enable rke2-server.service
3 systemctl start rke2-server.service
```

Listing 5: rke2 server installieren

## VIII.I.II.II agents - sks1184 / sks1185

Der Agent muss direkt heruntergeladen, installiert und aktiviert werden:

```
1 curl -sfL https://get.rke2.io | INSTALL_RKE2_TYPE="agent" INSTALL_RKE2_VERSION=v1.29.0+
      rke2r1 sh -
2 systemctl enable rke2-agent.service
3 mkdir -p /etc/rancher/rke2/
```

Listing 6: rke2 agenten installieren

Die Konfiguration muss nun konfiguriert werden. Dem Agents müssen den Server und den Server Token erhalten:

```
1 # /etc/rancher/rke2/config.yaml
2 server: https://10.0.20.97:9345
3 token: K1042bf32f28282edad37cbac4b77ccfa1cd44a26f0ea2c19111ed664013954a326::server:7
      a430a28b29501b778543f0882a156b8
```

Listing 7: rke2 agent - config.yaml

Nun muss der Dienst restarted werden:

```
1 systemctl start rke2-agent.service
```

Listing 8: -rke2 agent service restart

## VIII.I.II.III Cluster Konfiguration

### VIII.I.II.III.I server und agents

Auch für Kubernetes und die Pots müssen die Proxy-Einstellungen gemacht werden:

```
1 nano /etc/default/rke2-server
2 HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
3 HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
4 NO_PROXY=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
5
6 CONTAINERD_HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
7 CONTAINERD_HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
8 CONTAINERD_NO_PROXY=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
```

Listing 9: rke2 server proxy

Entsprechend muss die Firewall gesetzt werden:

```

1 nano /etc/iptables/rules.v4
2
3 # Generated by iptables-save v1.8.9 (nf_tables)
4 *filter
5 :INPUT DROP [0:0]:FORWARD ACCEPT [0:0]
6 :OUTPUT ACCEPT [0:0]
7 -A INPUT -m state --state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
8 -A INPUT -p udp -m udp --sport 53 -j ACCEPT
9 -A INPUT -p icmp -j ACCEPT
10 -A INPUT -i lo -j ACCEPT
11 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 22 -j ACCEPT
12 -A INPUT -s 10.0.9.115/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.115" -j ACCEPT
13 -A INPUT -s 10.0.9.76/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.76" -j ACCEPT
14 -A INPUT -s 10.0.36.147/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.36.147" -j ACCEPT
15 -A INPUT -s 10.0.9.35/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.35" -j ACCEPT
16 -A INPUT -s 10.0.9.37/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.37" -j ACCEPT
17 -A INPUT -s 10.0.9.74/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.74" -j ACCEPT
18 -A INPUT -s 10.0.9.75/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.75" -j ACCEPT
19 -A INPUT -s 10.0.9.36/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.36" -j ACCEPT
20 -A INPUT -s 10.0.9.14/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.14" -j ACCEPT
21 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p icmp -m icmp --icmp-type 8 -j ACCEPT
22 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 6443 -j ACCEPT
23 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 9345 -j ACCEPT
24 COMMIT
25 # Completed
26
27 systemctl restart iptables

```

Listing 10: iptables entries server

## VIII.I.II.IV local-path-provisioner

Zuerst mussten auf den drei Servern der Storage bereitgestellt werden:

```

1 root@sks1183:~# mkdir /var/local-path-provisioner
2 root@sks1183:~# chmod -R 777 /var/local-path-provisioner/
3
4 root@sks1184:~# mkdir /var/local-path-provisioner
5 root@sks1184:~# chmod -R 777 /var/local-path-provisioner/
6
7 root@sks1185:~# mkdir /var/local-path-provisioner
8 root@sks1185:~# chmod -R 777 /var/local-path-provisioner/

```

Listing 11: local-path-storage auf Linux Bereitstellen

Anschliessend musste rke2 entsprechend angepasst werden.

Damit automatisch der local-path auf das Verzeichnis /var/local-path-provisioner/ geht, muss dies in einem entsprechenden Manifest geschrieben werden:

```
1 kind: ConfigMap
2 apiVersion: v1
3 metadata:
4   name: local-path-config
5   namespace: local-path-storage
6 data:
7   config.json: |-
8     {
9       "nodePathMap": [
10         {
11           "node": "DEFAULT_PATH_FOR_NON_LISTED_NODES",
12           "paths": ["/var/local-path-provisioner"]
13         }
14       ]
15     }
16   setup: |-
17     #!/bin/sh
18     set -eu
19     mkdir -m 0777 -p "$VOL_DIR"
20   teardown: |-
21     #!/bin/sh
22     set -eu
23     rm -rf "$VOL_DIR"
24   helperPod.yaml: |-
25     apiVersion: v1
26     kind: Pod
27     metadata:
28       name: helper-pod
29     spec:
30       priorityClassName: system-node-critical
31       tolerations:
32         - key: node.kubernetes.io/disk-pressure
33           operator: Exists
34           effect: NoSchedule
35       containers:
36         - name: helper-pod
37           image: busybox
```

Listing 12: local-path-provisioner definieren

Zuerst mussten auf den drei Servern der Storage bereitgestellt werden:

```
1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/rke2/local-path-provisioner.yaml
```

Listing 13: local-path-storage aktualisieren

### VIII.I.II.V      MetallB - Proxy / Load Balancer

MetallB musste installiert werden:

```
1 kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/metallb/metallb/v0.14.4/config/
  manifests/metallb-native.yaml
```

Listing 14: MetallB installieren

Das Konfigurationsmanifest wurde eingespielt:

```
1 apiVersion: metallb.io/v1beta1
2 kind: IPAddressPool
3 metadata:
4   name: distributed-sql
5   namespace: metallb-system
6 spec:
7   addresses:
8     - 10.0.20.106-10.0.20.106
9     - 10.0.20.150-10.0.20.155
10---
11 apiVersion: metallb.io/v1beta1
12 kind: L2Advertisement
13 metadata:
14   name: l2adv
15   namespace: metallb-system
16 spec:
17   ipAddressPools:
18     - distributed-sql
```

Listing 15: MetallB konfigurieren

Das Manifest musste danach eingespielt werden:

```
1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/rke2/metallb-values.yaml
```

Listing 16: MetallB Konfiguration einspielen

## VIII.I.II.VI local-path-provisioner - Grosse Volumes

Sobald die neue Disk im VMware vSphere erfasst wurde, muss die Disk auf den Servern gemountet werden:

```
1 echo " - - -" | tee /sys/class/scsi_host/host*/scan && lsblk
2
3 fdisk /dev/sdb
4   n -> all default values
5   t -> 8e
6   p -> Kontrolle
7   w
8
9 pvcreate /dev/sdb1 && \
10 vgcreate vgdata /dev/sdb1 && \
11 lvcreate -l 100%FREE -n lvdata vgdata && \
12 mkfs.ext4 /dev/vgdata/lvdata && \
13 mkdir -p /srv/data && \
14 cp /etc/fstab /tmp/fstab.bak && \
15 echo "/dev/vgdata/lvdata /srv/data ext4 defaults 0 0" >> /etc/fstab && \
16 systemctl daemon-reload && mount -a && lsblk
```

Listing 17: rke2 - 250GiB Disk mount

Nun muss das Verzeichnis local-path-provisioner auf der Disk /srv/data/ erstellt und berechtigt werden:

```
1 root@sks1183:~# mkdir -p /srv/data/local-path-provisioner
2 root@sks1183:~# chmod 777 /srv/data/local-path-provisioner
3
4 root@sks1184:~# mkdir -p /srv/data/local-path-provisioner
5 root@sks1184:~# chmod 777 /srv/data/local-path-provisioner
6
7 root@sks1185:~# mkdir -p /srv/data/local-path-provisioner
8 root@sks1185:~# chmod 777 /srv/data/local-path-provisioner
```

Listing 18: local-path-storage 250GiB auf Linux Bereitstellen

Spätestens wenn über 200GiB präsentiert werden sollen, muss das Binding auf den jeweiligen Node stattfinden:

```
1 kind: ConfigMap
2 apiVersion: v1
3 metadata:
4   name: local-path-config
5   namespace: local-path-storage
6 data:
7   config.json: |-
8     {
9       "nodePathMap": [
10         {
11           "node": "DEFAULT_PATH_FOR_NON_LISTED_NODES",
12           "paths": ["/srv/data/local-path-provisioner"]
13         },
14         {
15           "node": "sks1183",
16           "paths": ["/srv/data/local-path-provisioner"]
17         },
18         {
19           "node": "sks1184",
20           "paths": ["/srv/data/local-path-provisioner"]
21         },
22         {
23           "node": "sks1185",
24           "paths": ["/srv/data/local-path-provisioner"]
25         }
26       ]
27     }
28   setup: |-
29     #!/bin/sh
30     set -eu
31     mkdir -m 0777 -p "$VOL_DIR"
32   teardown: |-
33     #!/bin/sh
34     set -eu
35     rm -rf "$VOL_DIR"
36   helperPod.yaml: |-
37     apiVersion: v1
38     kind: Pod
```

```

39     metadata:
40         name: helper-pod
41     spec:
42         priorityClassName: system-node-critical
43         tolerations:
44             - key: node.kubernetes.io/disk-pressure
45               operator: Exists
46               effect: NoSchedule
47     containers:
48         - name: helper-pod
49           image: busybox

```

Listing 19: local-path-provisioner Grosse Volumes

Zuerst mussten auf den drei Servern der Storage bereitgestellt werden:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/rke2/local-path-
    provisioner_srv_default.yaml

```

Listing 20: local-path-storage 250GiB aktualisieren

## VIII.II        **yugabyteDB**

### VIII.II.I      **Prerequisites**

#### VIII.II.I.I     **StorageClass setzen**

Zuerst muss die StorageClass und das PersistentVolume gesetzt werden:

```

1 apiVersion: storage.k8s.io/v1
2 kind: StorageClass
3 metadata:
4   name: yb-storage
5 provisioner: rancher.io/local-path
6 parameters:
7   nodePath: /var/local-path-provisioner
8 volumeBindingMode: WaitForFirstConsumer
9 reclaimPolicy: Delete
10 --
11 apiVersion: v1
12 kind: PersistentVolume
13 metadata:
14   name: yb-storage-pv
15   labels:
16     type: local
17 spec:
18   accessModes:
19     - ReadWriteOnce
20   capacity:
21     storage: 3Gi
22   storageClassName: "yb-storage"
23   hostPath:
24     path: /var/local-path-provisioner

```

Listing 21: yugabyteDB - StorageClass setzen

Die StorageClass und das PersistentVolume muss aktiviert werden:

```
1 gramic@cks4040:~$ kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/yugabytedb/
  yugabytedb/storageclass.yaml
2 storageclass.storage.k8s.io/yb-storage unchangedpersistentvolume/yb-storage-pv created
```

Listing 22: YugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren

## VIII.II.II Installation

Zuerst muss ein Namespace erstellt werden:

```
1 kubectl create namespace yb-platform
```

Listing 23: YugabyteDB - Namespace

Das vollständige helm Chart Manifest:

```
1 # Default values for Yugabyte.
2 # This is a YAML-formatted file.
3 # Declare variables to be passed into your templates.
4 Component: "yugabytedb"
5
6 fullnameOverride: ""
7 nameOverride: ""
8
9 Image:
10   repository: "yugabytedb/yugabyte"
11   tag: 2.20.2.1-b3
12   pullPolicy: IfNotPresent
13   pullSecretName: ""
14
15 storage:
16   ephemeral: false # will not allocate PVs when true
17   master:
18     count: 1
19     size: 3Gi
20     storageClass: "yb-storage"
21   tserver:
22     count: 1
23     size: 3Gi
24     storageClass: "yb-storage"
25
26 resource:
27   master:
28     requests:
29       cpu: "1"
30       memory: 2Gi
31     limits:
32       cpu: "1"
33       ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating from
34       ## these formats
35       ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes' flag.
36       ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so may lead
37       ## to
```

```

36     ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects integer
37     values.
38
39     memory: 2Gi
40
41 tserver:
42     requests:
43         cpu: "1"
44         memory: 4Gi
45
46     limits:
47         cpu: "1"
48         ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating from
49         ## these formats
50         ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes' flag.
51         ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so may lead
52         ## to
53         ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects integer
54         ## values.
55
56         memory: 4Gi
57
58 replicas:
59     master: 3
60     tserver: 3
61
62     ## Used to set replication factor when isMultiAz is set to true
63     totalMasters: 3
64
65
66 partition:
67     master: 0
68     tserver: 0
69
70 updateStrategy:
71     type: RollingUpdate
72
73 # Used in Multi-AZ setup
74 masterAddresses: ""
75
76 isMultiAz: false
77 AZ: ""
78
79 # Disable the YSQL
80 disableYsql: false
81
82 tls:
83     # Set to true to enable the TLS.
84     enabled: false
85     nodeToNode: true
86     clientToServer: true
87     # Set to false to disallow any service with unencrypted communication from joining this
88     # cluster
89     insecure: false
90     # Set enabled to true to use cert-manager instead of providing your own rootCA
91 certManager:
92     enabled: false
93     # Will create own ca certificate and issuer when set to true
94     bootstrapSelfsigned: true
95     # Use ClusterIssuer when set to true, otherwise use Issuer

```

```

85     useClusterIssuer: false
86     # Name of ClusterIssuer to use when useClusterIssuer is true
87     clusterIssuer: cluster-ca
88     # Name of Issuer to use when useClusterIssuer is false
89     issuer: Yugabyte-CA
90     certificates:
91       # The lifetime before cert-manager will issue a new certificate.
92       # The re-issued certificates will not be automatically reloaded by the service.
93       # It is necessary to provide some external means of restarting the pods.
94       duration: 2160h # 90d
95       renewBefore: 360h # 15d
96       algorithm: RSA # ECDSA or RSA
97       # Can be 2048, 4096 or 8192 for RSA
98       # Or 256, 384 or 521 for ECDSA
99       keySize: 2048
100
101   ## When certManager.enabled=false, rootCA.cert and rootCA.key are used to generate TLS
102   ## certs.
103   ## When certManager.enabled=true and bootstrapSelfSigned=true, rootCA is ignored.
104   ## When certManager.enabled=true and bootstrapSelfSigned=false, only rootCA.cert is
105   ## used
106   ## to verify TLS certs generated and signed by the external provider.
107   rootCA:
108     cert: "LS0tLS1CRUdJTiBDRVJUSUZJQOFURS0tLS0tCk1JSUM2VENDQWRHZ0F3SUJBZ01CQVRBTkJna3Foa2lHOXcwQkFRc0ZBRE"
109     =
110     key: "LS0tLS1CRUdJTiBSU0EgUFJJVkfURSBLRVktLS0tLQpNSUlFcEFJQkFBSONBUUVBdU4xYXVpZzhvalUwczQ5cXdBeGtPYU"
111     =
112   ## When tls.certManager.enabled=false
113   ## nodeCert and clientCert will be used only when rootCA.key is empty.
114   ## Will be ignored and genSignedCert will be used to generate
115   ## node and client certs if rootCA.key is provided.
116   ## cert and key are base64 encoded content of certificate and key.
117   nodeCert:
118     cert: ""
119     key: ""
120   clientCert:
121     cert: ""
122     key: ""
123
124 gflags:
125   master:
126     default_memory_limit_to_ram_ratio: 0.85
127     tserver: {}
128   # use_cassandra_authentication: false
129
130 PodManagementPolicy: Parallel
131
132 enableLoadBalancer: true
133
134 ybc:
135   enabled: false
136   ## https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/manage-resources-containers/#
```

```

        resource-requests-and-limits-of-pod-and-container
133    ## Use the above link to learn more about Kubernetes resources configuration.
134
135    # resources:
136    #   requests:
137    #     cpu: "1"
138    #     memory: 1Gi
139    #   limits:
140    #     cpu: "1"
141    #     memory: 1Gi
142
143    ybCleanup: {}
144      ## https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/manage-resources-containers/#resource-requests-and-limits-of-pod-and-container
145      ## Use the above link to learn more about Kubernetes resources configuration.
146
147      # resources:
148      #   requests:
149      #     cpu: "1"
150      #     memory: 1Gi
151      #   limits:
152
153    domainName: "cluster.local"
154
155  serviceEndpoints:
156    - name: "yb-master-ui"
157      type: LoadBalancer
158      annotations: {}
159      clusterIP: ""
160      ## Sets the Service's externalTrafficPolicy
161      externalTrafficPolicy: ""
162      app: "yb-master"
163      loadBalancerIP: ""
164      ports:
165        http-ui: "7000"
166
167    - name: "yb-tserver-service"
168      type: LoadBalancer
169      annotations:
170        metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.106
171      clusterIP: ""
172      ## Sets the Service's externalTrafficPolicy
173      externalTrafficPolicy: ""
174      app: "yb-tserver"
175      loadBalancerIP: ""
176      ports:
177        tcp-yql-port: "9042"
178        tcp-yedis-port: "6379"
179        tcp-ysql-port: "5433"
180
181  Services:
182    - name: "yb-masters"
183      label: "yb-master"
184      skipHealthChecks: false

```

```

185     memory_limit_to_ram_ratio: 0.85
186   ports:
187     http-ui: "7000"
188     tcp-rpc-port: "7100"
189
190 - name: "yb-tservers"
191   label: "yb-tserver"
192   skipHealthChecks: false
193   ports:
194     http-ui: "9000"
195     tcp-rpc-port: "9100"
196     tcp-yql-port: "9042"
197     tcp-yedis-port: "6379"
198     tcp-ysql-port: "5433"
199     http-ycql-met: "12000"
200     http-yedis-met: "11000"
201     http-ysql-met: "13000"
202     grpc-ybc-port: "18018"
203
204
205 ## Should be set to true only if Istio is being used. This also adds
206 ## the Istio sidecar injection labels to the pods.
207 ## TODO: remove this once
208 ## https://github.com/yugabyte/yugabyte-db/issues/5641 is fixed.
209 ##
210 istioCompatibility:
211   enabled: false
212
213 ## Settings required when using multicluster environment.
214 multicluster:
215   ## Creates a ClusterIP service for each yb-master and yb-tserver
216   ## pod.
217   createServicePerPod: false
218   ## creates a ClusterIP service whos name does not have release name
219   ## in it. A common service across different clusters for automatic
220   ## failover. Useful when using new naming style.
221   createCommonTserverService: false
222
223   ## Enable it to deploy YugabyteDB in a multi-cluster services enabled
224   ## Kubernetes cluster (KEP-1645). This will create ServiceExport.
225   ## GKE Ref - https://cloud.google.com/kubernetes-engine/docs/how-to/multi-cluster-
226   ## services#registering_a_service_for_export
227   ## You can use this gist for the reference to deploy the YugabyteDB in a multi-cluster
228   ## scenario.
229   ## Gist - https://gist.github.com/baba230896/78cc9bb6f4ba0b3d0e611cd49ed201bf
230   createServiceExports: false
231
232   ## Mandatory variable when createServiceExports is set to true.
233   ## Use: In case of GKE, you need to pass GKE Hub Membership Name.
234   ## GKE Ref - https://cloud.google.com/kubernetes-engine/docs/how-to/multi-cluster-
235   ## services#enabling
236   kubernetesClusterId: ""
237
238   ## mcsApiVersion is used for the MCS resources created by the

```

```

236 ## chart. Set to net.gke.io/v1 when using GKE MCS.
237 mcsApiVersion: "multicloud.x-k8s.io/v1alpha1"
238
239 serviceMonitor:
240   ## If true, two ServiceMonitor CRs are created. One for yb-master
241   ## and one for yb-tserver
242   ## https://github.com/coreos/prometheus-operator/blob/master/Documentation/api.md#
243   ## servicemonitor
244   ##
245   enabled: false
246   ## interval is the default scrape_interval for all the endpoints
247   interval: 30s
248   ## extraLabels can be used to add labels to the ServiceMonitors
249   ## being created
250   extraLabels: {}
251   # release: prom
252
253   ## Configurations of ServiceMonitor for yb-master
254   master:
255     enabled: true
256     port: "http-ui"
257     interval: ""
258     path: "/prometheus-metrics"
259
260   ## Configurations of ServiceMonitor for yb-tserver
261   tserver:
262     enabled: true
263     port: "http-ui"
264     interval: ""
265     path: "/prometheus-metrics"
266   ycql:
267     enabled: true
268     port: "http-ycql-met"
269     interval: ""
270     path: "/prometheus-metrics"
271   ysql:
272     enabled: true
273     port: "http-ysql-met"
274     interval: ""
275     path: "/prometheus-metrics"
276   yedis:
277     enabled: true
278     port: "http-yedis-met"
279     interval: ""
280     path: "/prometheus-metrics"
281
282   commonMetricRelabelings:
283   # https://git.io/JJW5p
284   # Save the name of the metric so we can group_by since we cannot by __name__ directly
285   ...
286   - sourceLabels: ["__name__"]
287     regex: "(.*)"
288     targetLabel: "saved_name"
289     replacement: "$1"

```

```

288 # The following basically retrofit the handler_latency_* metrics to label format.
289 - sourceLabels: ["__name__"]
290   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(.*"
291   targetLabel: "server_type"
292   replacement: "$1"
293 - sourceLabels: ["__name__"]
294   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(.*"
295   targetLabel: "service_type"
296   replacement: "$2"
297 - sourceLabels: ["__name__"]
298   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(_sum|_count)?"
299   targetLabel: "service_method"
300   replacement: "$3"
301 - sourceLabels: ["__name__"]
302   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(_sum|_count)?"
303   targetLabel: "__name__"
304   replacement: "rpc_latency$4"
305
306 resources: {}
307
308 nodeSelector: {}
309
310 affinity: {}
311
312 statefulSetAnnotations: {}
313
314 networkAnnotation: {}
315
316 commonLabels: {}
317
318 master:
319   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#affinity-v1-core
320   ## This might override the default affinity from service.yaml
321   # To successfully merge, we need to follow rules for merging nodeSelectorTerms that
322   # kubernentes
323   # has. Each new node selector term is ORed together, and each match expression or match
324   # field in
325   # a single selector is ANDed together.
326   # This means, if a pod needs to be scheduled on a label 'custom_label_1' with a value
327   # 'custom_value_1', we need to add this 'subterm' to each of our pre-defined node
328   # affinity
329   # terms.
330   #
331   # Pod anti affinity is a simpler merge. Each term is applied separately, and the weight
332   # is tracked.
333   # The pod that achieves the highest weight is selected.
334   ## Example.
335   # affinity:
336   #   podAntiAffinity:
337   #     requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
338   #       - labelSelector:
339   #         matchExpressions:
340   #           - key: app

```

```

337 #         operator: In
338 #         values:
339 #           - "yb-master"
340 #           topologyKey: kubernetes.io/hostname
341 #
342 # For further examples, see examples/yugabyte/affinity_overrides.yaml
343 affinity: {}

344 ## Extra environment variables passed to the Master pods.
345 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#envvar-v1-
346   core
347 ## Example:
348 # extraEnv:
349 # - name: NODE_IP
350 #   valueFrom:
351 #     fieldRef:
352 #       fieldPath: status.hostIP
353 extraEnv: []

354

355 # secretEnv variables are used to expose secrets data as env variables in the master
356 # pod.
357 # TODO Add namespace also to support copying secrets from other namespace.
358 # secretEnv:
359 # - name: MYSQL_LDAP_PASSWORD
360 #   valueFrom:
361 #     secretKeyRef:
362 #       name: secretName
363 #       key: password
364 secretEnv: []

365 ## Annotations to be added to the Master pods.
366 podAnnotations: {}

367

368 ## Labels to be added to the Master pods.
369 podLabels: {}

370

371 ## Tolerations to be added to the Master pods.
372 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#toleration-
373   -v1-core
374 ## Example:
375 # tolerations:
376 # - key: dedicated
377 #   operator: Equal
378 #   value: experimental
379 #   effect: NoSchedule
380 tolerations: []

381 ## Extra volumes
382 ## extraVolumeMounts are mandatory for each extraVolumes.
383 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volume-v1-
384   core
385 ## Example:
386 # extraVolumes:
387 # - name: custom-nfs-vol

```

```

387 #   persistentVolumeClaim:
388 #     claimName: some-nfs-claim
389 extraVolumes: []
390
391 ## Extra volume mounts
392 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volumemount-v1-core
393 ## Example:
394 # extraVolumeMounts:
395 # - name: custom-nfs-vol
396 #   mountPath: /home/yugabyte/nfs-backup
397 extraVolumeMounts: []
398
399 ## Set service account for master DB pods. The service account
400 ## should exist in the namespace where the master DB pods are brought up.
401 serviceAccount: ""
402
403 ## Memory limit hard % (between 1-100) of the memory limit.
404 memoryLimitHardPercentage: 85
405
406
407 tserver:
408 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#affinity-v1-core
409 ## This might override the default affinity from service.yaml
410 # To successfully merge, we need to follow rules for merging nodeSelectorTerms that
411 # kubernentes
412 # has. Each new node selector term is ORed together, and each match expression or match
413 # field in
414 # a single selector is ANDed together.
415 # This means, if a pod needs to be scheduled on a label 'custom_label_1' with a value
416 # 'custom_value_1', we need to add this 'subterm' to each of our pre-defined node
417 # affinity
418 # terms.
419 #
420 # Pod anti affinity is a simpler merge. Each term is applied separately, and the weight
421 # is tracked.
422 # The pod that achieves the highest weight is selected.
423 ## Example.
424 # affinity:
425 #   podAntiAffinity:
426 #     requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
427 #       - labelSelector:
428 #         matchExpressions:
429 #           - key: app
430 #             operator: In
431 #             values:
432 #               - "yb-tserver"
433 #       topologyKey: kubernetes.io/hostname
434 # For further examples, see examples/yugabyte/affinity_overrides.yaml
affinity: {}

## Extra environment variables passed to the TServer pods.
## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#envvar-v1-

```

```

        core
435  ## Example:
436  # extraEnv:
437  # - name: NODE_IP
438  #   valueFrom:
439  #     fieldRef:
440  #       fieldPath: status.hostIP
441 extraEnv: []
442
443 ## secretEnv variables are used to expose secrets data as env variables in the tserver
444 ## pods.
445 ## If namespace field is not specified we assume that user already
446 ## created the secret in the same namespace as DB pods.
447 ## Example
448 # secretEnv:
449 # - name: MYSQL_LDAP_PASSWORD
450 #   valueFrom:
451 #     secretKeyRef:
452 #       name: secretName
453 #       namespace: my-other-namespace-with-ldap-secret
454 #       key: password
455 secretEnv: []
456
457 ## Annotations to be added to the TServer pods.
458 podAnnotations: {}
459
460 ## Labels to be added to the TServer pods.
461 podLabels: {}
462
463 ## Tolerations to be added to the TServer pods.
464 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#toleration
465 -v1-core
466 ## Example:
467 # tolerations:
468 # - key: dedicated
469 #   operator: Equal
470 #   value: experimental
471 #   effect: NoSchedule
472 tolerations: []
473
474 ## Sets the --server_broadcast_addresses flag on the TServer, no
475 ## preflight checks are done for this address. You might need to add
476 ## 'use_private_ip: cloud' to the gflags.master and gflags.tserver.
477 serverBroadcastAddress: ""
478
479 ## Extra volumes
480 ## extraVolumesMounts are mandatory for each extraVolumes.
481 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volume-v1-core
482 ## Example:
483 # extraVolumes:
484 # - name: custom-nfs-vol
485 #   persistentVolumeClaim:
486 #     claimName: some-nfs-claim

```

```

485 extraVolumes: []
486
487 ## Extra volume mounts
488 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volumemount-v1-core
489 ## Example:
490 # extraVolumeMounts:
491 # - name: custom-nfs-vol
492 #   path: /home/yugabyte/nfs-backup
493 extraVolumeMounts: []
494
495 ## Set service account for tserver DB pods. The service account
496 ## should exist in the namespace where the tserver DB pods are brought up.
497 serviceAccount: ""
498
499 ## Memory limit hard % (between 1-100) of the memory limit.
500 memoryLimitHardPercentage: 85
501
502
503 helm2Legacy: false
504
505 ip_version_support: "v4_only" # v4_only, v6_only are the only supported values at the
      moment
506
507 # For more https://docs.yugabyte.com/latest/reference/configuration/yugabyted/#environment-variables
508 authCredentials:
509   ysql:
510     user: "yadmin"
511     password: "TES2&Daggerfall"
512     database: ""
513   ycql:
514     user: ""
515     password: ""
516     keyspace: ""
517
518 oldNamingStyle: true
519
520 preflight:
521   # Set to true to skip disk IO check, DNS address resolution, and
522   # port bind checks
523   skipAll: false
524   # Set to true to skip port bind checks
525   skipBind: false
526
527   ## Set to true to skip ulimit verification
528   ## SkipAll has higher priority
529   skipUlimit: false
530
531 ## Pod securityContext
532 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/kubernetes-api/workload-resources/pod-v1/#security-context
533 ## The following configuration runs YB-Master and YB-TServer as a non-root user
534 podSecurityContext:

```

```

535   enabled: false
536   ## Mark it false, if you want to stop the non root user validation
537   runAsNonRoot: true
538   fsGroup: 10001
539   runAsUser: 10001
540   runAsGroup: 10001
541
542   ## Added to handle old universe which has volume annotations
543   ## K8s universe <= 2.5 to >= 2.6
544   legacyVolumeClaimAnnotations: false

```

Listing 24: YugabyteDB - Helm Chart Manifest

Die Installation erfolgt dann wie folgt:

```

1 helm install yw-test YugabyteDB/yugabyte --version 2.19.3 -n yb-platform -f /home/gramic/
  PycharmProjects/rke2_settings/yugabytedb/yugabytedb/values.yaml

```

Listing 25: YugabyteDB - Installation

### VIII.II.III Rekonfiguration mit 250GiB Storage

#### VIII.II.III.I Bereinigen

Zuerst wurde YugabyteDB deinstalliert und alle bestehenden Daten gelöscht:

```

1 helm delete yw-evaluation -n yb-platform
2 kubectl delete pvc --namespace yb-platform -l app=yb-master
3 kubectl delete pvc --namespace yb-platform -l app=yb-tserver
4 kubectl delete namespace yb-platform
5 kubectl delete pv yb-storage-pv
6 kubectl delete storageclass yb-storage

```

Listing 26: YugabyteDB - Deinstallieren

#### VIII.II.III.II StorageClass setzen

Zuerst muss die StorageClass und das PersistentVolume gesetzt werden. Wichtig ist hier, dass die Node Affinity gesetzt wird, damit die Persistence Volumes auf den Node geschrieben werden:

```

1 # https://docs.yugabyte.com/preview/yugabyte-platform/install-yugabyte-platform/prepare-
  environment/kubernetes/#configure-storage-class
2 # https://github.com/rancher/local-path-provisioner
3 apiVersion: storage.k8s.io/v1
4 kind: StorageClass
5 metadata:
6   name: yb-storage
7 provisioner: rancher.io/local-path
8 parameters:
9   nodePath: /srv/data/local-path-provisioner
10 volumeBindingMode: WaitForFirstConsumer
11 reclaimPolicy: Delete
12 --
13 apiVersion: v1
14 kind: PersistentVolume

```

```

15 metadata:
16   name: yb-storage-pv
17   labels:
18     type: local
19 spec:
20   accessModes:
21     - ReadWriteOnce
22   capacity:
23     storage: 1Gi
24   storageClassName: "yb-storage"
25   hostPath:
26     path: /srv/data/local-path-provisioner
27   nodeAffinity:
28     required:
29       nodeSelectorTerms:
30         - matchExpressions:
31           - key: kubernetes.io/hostname
32             operator: In
33             values:
34             - sks1183
35             - sks1184
36             - sks1185

```

Listing 27: YugabyteDB - StorageClass setzen

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/yugabytedb/yugabytedb/
  storageclass_250gib.yaml

```

Listing 28: YugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume Große Volumen aktivieren

### VIII.II.III.III Installation - 250GiB

Zuerst muss wieder der Namespace erstellt werden:

```

1 kubectl create namespace yb-platform

```

Listing 29: YugabyteDB - Namespace 250GiB

Das `values.yaml` wurde für den letzten grossen Test angepasst.

Es werden nun 12GiB Memory allokiert für die tserver Nodes.

Es werden PVCs erstellt mit 240GiB Volume:

```

1 # Default values for Yugabyte.
2 # This is a YAML-formatted file.
3 # Declare variables to be passed into your templates.
4 Component: "yugabytedb"
5
6 fullnameOverride: ""
7 nameOverride: ""
8
9 Image:
10   repository: "yugabytedb/yugabyte"
11   tag: 2.20.2.1-b3
12   pullPolicy: IfNotPresent
13   pullSecretName: ""

```

```

14
15 storage:
16   ephemeral: false # will not allocate PVs when true
17   master:
18     count: 1
19     size: 2Gi
20     storageClass: "yb-storage"
21   tserver:
22     count: 1
23     size: 240Gi
24     storageClass: "yb-storage"
25
26 resource:
27   master:
28     requests:
29       cpu: "2"
30       memory: 1Gi
31     limits:
32       cpu: "2"
33       memory: 1Gi
34   tserver:
35     requests:
36       cpu: "2"
37       memory: 12Gi
38     limits:
39       cpu: "2"
40       memory: 12Gi
41
42 replicas:
43   master: 3
44   tserver: 3
45   ## Used to set replication factor when isMultiAz is set to true
46   totalMasters: 3
47
48 partition:
49   master: 0
50   tserver: 0
51
52 updateStrategy:
53   type: RollingUpdate
54
55 # Used in Multi-AZ setup
56 masterAddresses: ""
57
58 isMultiAz: false
59 AZ: ""
60
61 # Disable the YSQL
62 disableYsql: false
63
64 tls:
65   # Set to true to enable the TLS.
66   enabled: false
67   nodeToNode: true

```

```

68 clientToServer: true
69 # Set to false to disallow any service with unencrypted communication from joining this
70   cluster
71 insecure: false
72 # Set enabled to true to use cert-manager instead of providing your own rootCA
73 certManager:
74   enabled: false
75     # Will create own ca certificate and issuer when set to true
76 bootstrapSelfsigned: true
77 # Use ClusterIssuer when set to true, otherwise use Issuer
78 useClusterIssuer: false
79 # Name of ClusterIssuer to use when useClusterIssuer is true
80 clusterIssuer: cluster-ca
81 # Name of Issuer to use when useClusterIssuer is false
82 issuer: Yugabyte-ca
83 certificates:
84   duration: 2160h # 90d
85   renewBefore: 360h # 15d
86   algorithm: RSA # ECDSA or RSA
87     # Can be 2048, 4096 or 8192 for RSA
88     # Or 256, 384 or 521 for ECDSA
89   keySize: 2048
90 rootCA:
91   cert: "
92     LS0tLS1CRUdJTiBDRVJUSUZJQOFURS0tLS0tCk1JSUM2VENDQWRHZ0F3SUJBZ01CQVRBTkJna3Foa2lHOXcwQkFRc0ZBRE
93   =
94   key: "
95     LS0tLS1CRUdJTiBSU0EgUFJJVkfURSBLRVktLS0tLQpNSUlFcEFJQkFBSONBUUVBdU4xYXVpZzhvalUwczQ5cXdBeGtPYU
96   =
97 nodeCert:
98   cert: ""
99   key: ""
100 clientCert:
101   cert: ""
102   key: ""
103 gflags:
104   master:
105     default_memory_limit_to_ram_ratio: 0.85
106 tserver:
107   ysql_beta_features: true                      # gramic, wird für vacuum benötigt
108   follower_unavailable_considered_failed_sec: 300 # gramic, autobalancing auf 5 minuten
109     heruntersetzen
110 PodManagementPolicy: Parallel
111 enableLoadBalancer: true
112
113 ybc:
114   enabled: false
115
116 ybCleanup:
117   resources:

```

```

116     requests:
117       cpu: "1"
118       memory: 0.5Gi
119   limits:
120     cpu: "1"
121     memory: 0.5Gi
122
123 domainName: "cluster.local"
124
125 serviceEndpoints:
126   - name: "yb-master-ui"
127     type: LoadBalancer
128     annotations:
129       metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.151
130     clusterIP: ""
131     ## Sets the Service's externalTrafficPolicy
132     externalTrafficPolicy: "Cluster"
133     app: "yb-master"
134     loadBalancerIP: ""
135     ports:
136       http-ui: "7000"
137
138   - name: "yb-tserver-service"
139     type: LoadBalancer
140     annotations:
141       metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.106
142     clusterIP: ""
143     ## Sets the Service's externalTrafficPolicy
144     externalTrafficPolicy: "Cluster"
145     app: "yb-tserver"
146     loadBalancerIP: ""
147     ports:
148       tcp-yql-port: "9042"
149       tcp-yedis-port: "6379"
150       tcp-ysql-port: "5433"
151
152 Services:
153   - name: "yb-masters"
154     label: "yb-master"
155     skipHealthChecks: false
156     memory_limit_to_ram_ratio: 0.85
157     ports:
158       http-ui: "7000"
159       tcp-rpc-port: "7100"
160
161   - name: "yb-tservers"
162     label: "yb-tserver"
163     skipHealthChecks: false
164     ports:
165       http-ui: "9000"
166       tcp-rpc-port: "9100"
167       tcp-yql-port: "9042"
168       tcp-yedis-port: "6379"
169       tcp-ysql-port: "5433"

```

```

170     http-ycql-met: "12000"
171     http-yedis-met: "11000"
172     http-ysql-met: "13000"
173     grpc-ybc-port: "18018"
174
175
176 ## Should be set to true only if Istio is being used. This also adds
177 ## the Istio sidecar injection labels to the pods.
178 ## TODO: remove this once
179 ## https://github.com/yugabyte/yugabyte-db/issues/5641 is fixed.
180 ##
181 istioCompatibility:
182   enabled: false
183
184 ## Settings required when using multicluster environment.
185 multicluster:
186   ## Creates a ClusterIP service for each yb-master and yb-tserver
187   ## pod.
188   createServicePerPod: false
189   ## creates a ClusterIP service whos name does not have release name
190   ## in it. A common service across different clusters for automatic
191   ## failover. Useful when using new naming style.
192   createCommonTserverService: false
193
194   ## Enable it to deploy YugabyteDB in a multi-cluster services enabled
195   ## Kubernetes cluster (KEP-1645). This will create ServiceExport.
196   ## GKE Ref - https://cloud.google.com/kubernetes-engine/docs/how-to/multi-cluster-
197   ## services#registering_a_service_for_export
198   ## You can use this gist for the reference to deploy the YugabyteDB in a multi-cluster
199   ## scenario.
200   ## Gist - https://gist.github.com/baba230896/78cc9bb6f4ba0b3d0e611cd49ed201bf
201   createServiceExports: false
202
203   ## Mandatory variable when createServiceExports is set to true.
204   ## Use: In case of GKE, you need to pass GKE Hub Membership Name.
205   ## GKE Ref - https://cloud.google.com/kubernetes-engine/docs/how-to/multi-cluster-
206   ## services#enabling
207   kubernetesClusterId: ""
208
209
210 serviceMonitor:
211   ## If true, two ServiceMonitor CRs are created. One for yb-master
212   ## and one for yb-tserver
213   ## https://github.com/coreos/prometheus-operator/blob/master/Documentation/api.md#
214   ## servicemonitor
215   ##
216   enabled: false
217   ## interval is the default scrape_interval for all the endpoints
218   interval: 30s
219   ## extraLabels can be used to add labels to the ServiceMonitors
220   ## being created

```

```

220 extraLabels: {}
221   # release: prom
222
223 ## Configurations of ServiceMonitor for yb-master
224 master:
225   enabled: true
226   port: "http-ui"
227   interval: ""
228   path: "/prometheus-metrics"
229
230 ## Configurations of ServiceMonitor for yb-tserver
231 tserver:
232   enabled: true
233   port: "http-ui"
234   interval: ""
235   path: "/prometheus-metrics"
236 ycql:
237   enabled: true
238   port: "http-ycql-met"
239   interval: ""
240   path: "/prometheus-metrics"
241 ysql:
242   enabled: true
243   port: "http-ysql-met"
244   interval: ""
245   path: "/prometheus-metrics"
246 yedis:
247   enabled: true
248   port: "http-yedis-met"
249   interval: ""
250   path: "/prometheus-metrics"
251
252 commonMetricRelabelings:
253 # https://git.io/JJW5p
254 # Save the name of the metric so we can group_by since we cannot by __name__ directly
255 ...
256 - sourceLabels: ["__name__"]
257   regex: "(.*)"
258   targetLabel: "saved_name"
259   replacement: "$1"
260 # The following basically retrofit the handler_latency_* metrics to label format.
261 - sourceLabels: ["__name__"]
262   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(.*"
263   targetLabel: "server_type"
264   replacement: "$1"
265 - sourceLabels: ["__name__"]
266   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(.*"
267   targetLabel: "service_type"
268   replacement: "$2"
269 - sourceLabels: ["__name__"]
270   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(_sum|_count)?"
271   targetLabel: "service_method"
272   replacement: "$3"
273 - sourceLabels: ["__name__"]

```

```

273     regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(_sum|_count)?"
274     targetLabel: "__name__"
275     replacement: "rpc_latency$4"
276
277 resources: {}
278
279 nodeSelector: {}
280
281 affinity: {}
282
283 statefulSetAnnotations: {}
284
285 networkAnnotation: {}
286
287 commonLabels: {}
288
289 master:
290   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#affinity-v1-core
291   # For further examples, see examples/yugabyte/affinity_overrides.yaml
292   affinity: {}
293
294   ## Extra environment variables passed to the Master pods.
295   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#envvar-v1-core
296   extraEnv: []
297
298   # secretEnv variables are used to expose secrets data as env variables in the master pod.
299   # TODO Add namespace also to support copying secrets from other namespace.
300   secretEnv: []
301
302   ## Annotations to be added to the Master pods.
303   podAnnotations: {}
304
305   ## Labels to be added to the Master pods.
306   podLabels: {}
307
308   ## Tolerations to be added to the Master pods.
309   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#toleration-v1-core
310   tolerations: []
311
312   ## Extra volumes
313   ## extraVolumesMounts are mandatory for each extraVolumes.
314   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volume-v1-core
315   extraVolumes: []
316
317   ## Extra volume mounts
318   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volumemount-v1-core
319   extraVolumeMounts: []
320

```

```

321 ## Set service account for master DB pods. The service account
322 ## should exist in the namespace where the master DB pods are brought up.
323 serviceAccount: ""
324
325 ## Memory limit hard % (between 1-100) of the memory limit.
326 memoryLimitHardPercentage: 85
327
328
329 tserver:
330   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#affinity-
331   ## v1-core
332   ## This might override the default affinity from service.yaml
333   affinity: {}
334
335   ## Extra environment variables passed to the TServer pods.
336   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#envvar-v1-
337   ## core
338   extraEnv: []
339
340   ## secretEnv variables are used to expose secrets data as env variables in the tserver
341   ## pods.
342   ## If namespace field is not specified we assume that user already
343   ## created the secret in the same namespace as DB pods.
344   secretEnv: []
345
346   ## Annotations to be added to the TServer pods.
347   podAnnotations: {}
348
349   ## Labels to be added to the TServer pods.
350   podLabels: {}
351
352   ## Tolerations to be added to the TServer pods.
353   ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#toleration
354   ## -v1-core
355   tolerations: []
356
357   ## Sets the --server_broadcast_addresses flag on the TServer, no
358   ## preflight checks are done for this address. You might need to add
359   ## 'use_private_ip: cloud' to the gflags.master and gflags.tserver.
360   serverBroadcastAddress: ""
361
362   ## Extra volumes
363   ## extraVolumesMounts are mandatory for each extraVolumes.
364   extraVolumes: []
365
366   ## Extra volume mounts
367   extraVolumeMounts: []
368
369   ## Set service account for tserver DB pods. The service account
370   ## should exist in the namespace where the tserver DB pods are brought up.
371   serviceAccount: ""
372
373   ## Memory limit hard % (between 1-100) of the memory limit.
374   memoryLimitHardPercentage: 85

```

```

371
372 helm2Legacy: false
373
374 ip_version_support: "v4_only" # v4_only, v6_only are the only supported values at the
      moment
375
376 # For more https://docs.yugabyte.com/latest/reference/configuration/yugabyted/# 
      environment-variables
377 authCredentials:
378   ysql:
379     user: "yadmin"
380     password: "TES2&Daggerfall"
381     database: ""
382   ycql:
383     user: ""
384     password: ""
385     keyspace: ""
386
387 oldNamingStyle: true
388
389 preflight:
390   # Set to true to skip disk IO check, DNS address resolution, and
391   # port bind checks
392   skipAll: false
393   # Set to true to skip port bind checks
394   skipBind: false
395
396   ## Set to true to skip ulimit verification
397   ## SkipAll has higher priority
398   skipUlimit: false
399
400 ## Pod securityContext
401 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/kubernetes-api/workload-resources/pod-v1/# 
      security-context
402 ## The following configuration runs YB-Master and YB-TServer as a non-root user
403 podSecurityContext:
404   enabled: false
405   ## Mark it false, if you want to stop the non root user validation
406   runAsNonRoot: true
407   fsGroup: 10001
408   runAsUser: 10001
409   runAsGroup: 10001
410
411 ## Added to handle old universe which has volume annotations
412 ## K8s universe <= 2.5 to >= 2.6
413 legacyVolumeClaimAnnotations: false

```

Listing 30: YugabyteDB - Helm Chart Manifest 250GiB

## VIII.II.IV SQL Statements - Benchmarking

Für das Benchmarking wird die Tabelle pgbench\_eval\_bench erstellt.

Zudem wird je ein Tablespace für die Indizes (eval\_index\_tablespace) und Daten

(eval\_data\_tablespace) erstellt.

Die Tablespace werden auf die drei Tablet-Server verteilt.

Um die Tablets zu verteilen, müssen die Cloud, Region und Zone mitgegeben werden.

Dies wird folgendermassen via SQL ausgelesen:

```
1 select
2     cloud,
3     region,
4     zone
5 from yb_servers();
```

Listing 31: YugabyteDB - Cloud - Region - Zone

Mit diesen Informationen lassen sich jetzt die Replikation für die Tablets einstellen.

Es muss auf drei Replikas repliziert werden:

```
1 -- Tabelle pgbench_eval_bench erstellen
2 drop database if exists pgbench_eval_bench;
3 create database pgbench_eval_bench;
4
5 -- Tablespace für Indices
6 drop tablespace if exists eval_index_tablespace;
7 CREATE TABLESPACE eval_index_tablespace WITH (replica_placement='{"num_replicas": 3, "placement_blocks": [ {"cloud":"cloud1","region":"datacenter1","zone":"rack1","min_num_replicas":3}]}');
8
9 -- Genereller Tablespace erstellen
10 drop tablespace if exists eval_data_tablespace;
11 CREATE TABLESPACE eval_data_tablespace WITH (replica_placement='{"num_replicas": 3, "placement_blocks": [ {"cloud":"cloud1","region":"datacenter1","zone":"rack1","min_num_replicas":3}]}');
```

Listing 32: YugabyteDB - Benchmarking - DB erstellen

Die Tabellen werden automatisch von ysql\_bench beim Initialisieren erstellt,

daher sind keine weiteren Schritte notwendig.

Die Grösse der Tabellen lässt sich mit folgendem SQL auslesen:

```
1 select
2     table_name,
3     pg_size.pretty(pg_total_relation_size(quote_ident(table_name))),
4     pg_total_relation_size(quote_ident(table_name))
5 from information_schema.tables
6 where table_schema = 'public'
7 order by 3 desc;
```

Listing 33: YugabyteDB - Benchmarking - Table Size

## VIII.II.V SQL Statements - Testing

Entsprechend dem ERD müssen die Tabellen erstellt werden: Evaluation - ERD self\_healing\_test Die Tabelle heisst entsprechend self\_healing\_test. Auch hier soll ein Index-Tablespace (self\_healing\_indices\_tablespace) und ein Daten-Tablespace (self\_healing\_datas\_tablespace) erstellt werden.

Neu dazu kommt der Longtext-Tablespace `self_healing_longtexts_tablespace`. Erst werden die Rollen erstellt, gefolgt von den Usern und Schemas.

Die Schemas müssen entsprechend mittels GRANT berechtigt werden. Die Tabellen müssen entsprechend den Schemas erstellt werden, wobei einige Tabellen in 3 Tablets pro tserver gesplittet werden sollen (Also insgesamt 9). Das gesamte CREATE-Skript:

```
1 -- self-healing-Tabelle
2 create database self_healing_test;
3
4 -- Tablespace für Indices
5 drop tablespace if exists self_healing_indices_tablespace;
6 CREATE TABLESPACE self_healing_indices_tablespace WITH (replica_placement='{"num_replicas": 3, "placement_blocks": [{"cloud": "cloud1", "region": "datacenter1", "zone": "rack1", "min_num_replicas": 3}]}');
7
8 -- Genereller Tablespace erstellen
9 drop tablespace if exists self_healing_datas_tablespace;
10 CREATE TABLESPACE self_healing_datas_tablespace WITH (replica_placement='{"num_replicas": 3, "placement_blocks": [{"cloud": "cloud1", "region": "datacenter1", "zone": "rack1", "min_num_replicas": 3}]}');
11
12 -- longtext Tablespace erstellen
13 drop tablespace if exists self_healing_longtexts_tablespace;
14 CREATE TABLESPACE self_healing_longtexts_tablespace WITH (replica_placement='{"num_replicas": 3, "placement_blocks": [{"cloud": "cloud1", "region": "datacenter1", "zone": "rack1", "min_num_replicas": 3}]}');
15
16 -- Rollen erstellen
17 drop role if exists hrm;
18 create role hrm;
19 drop role if exists accountands;
20 create role accountands;
21 drop role if exists customer_service_officers;
22 create role customer_service_officers;
23 drop role if exists legal_affairs;
24 create role legal_affairs;
25
26 -- User erstellen
27 drop user if exists hrm_1;
28 drop user if exists hrm_2;
29 create user hrm_1 with password 'hrm1' role hrm;
30 create user hrm_2 with password 'hrm2' role hrm;
31
32 drop user if exists cso_1;
33 drop user if exists cso_2;
34 create user cso_1 with password 'cso1' role customer_service_officers;
35 create user cso_2 with password 'cso2' role customer_service_officers;
36
37 drop user if exists la_1;
38 drop user if exists la_2;
39 create user la_1 with password 'la1' role legal_affairs;
40 create user la_2 with password 'la2' role legal_affairs;
41
```

```

42 -- Schemas erstellen
43 drop schema if exists hrm;create schema hrm authorization hrm;
44 drop schema if exists accountands;
45 create schema accountands authorization accountands;
46 drop schema if exists customer_service_officers;
47 create schema customer_service_officers authorization customer_service_officers;
48 drop schema if exists generell;
49 create schema generell;
50
51 -- GRANTS erstellen
52 grant all on all tables in schema hrm to legal_affairs;
53 grant all on all tables in schema accountands to legal_affairs;
54 grant all on all tables in schema customer_service_officers to legal_affairs;
55 grant all on all tables in schema generell to legal_affairs;
56 grant all on all tables in schema hrm to yadmin;
57 grant all on all tables in schema accountands to yadmin;
58 grant all on all tables in schema customer_service_officers to yadmin;
59 grant all on all tables in schema generell to yadmin;
60
61 -- self_healing_accounts für Schema customer_service_officers
62 drop table if exists customer_service_officers.self_healing_accounts;
63 create table customer_service_officers.self_healing_accounts (
64     account_id int primary key,
65     firstname varchar(255) not null,
66     lastname varchar(255) not null,
67     birthday date not null,
68     postal_code varchar(50),
69     street varchar(255),
70     country_code varchar(2),
71     phone varchar(25),
72     mail varchar(255) check (mail like '%@%')
73 ) tablespace self_healing_datas_tablespace SPLIT INTO 3 TABLETS;
74 create unique index accounts_personal_mark on customer_service_officers.
    self_healing_accounts(firstname, lastname, birthday) tablespace
    self_healing_indices_tablespace;
75
76 -- self_healing_employees für Schema hrm
77 drop table if exists hrm.self_healing_employees;
78 create table hrm.self_healing_employees (
79     employees_id int primary key,
80     firstname varchar(255) not null,
81     lastname varchar(255) not null,
82     birthday date not null,
83     postal_code varchar(50),
84     street varchar(255),
85     country_code varchar(2),
86     phone varchar(25),
87     mail varchar(255) check (mail like '%@%')
88 ) tablespace self_healing_datas_tablespace SPLIT INTO 3 TABLETS;
89 create unique index employees_personal_mark on hrm.self_healing_employees(firstname,
    lastname, birthday) tablespace self_healing_indices_tablespace;
90
91 -- self_healing_accountand_protocol für Schema accountands
92 drop table if exists accountands.self_healing_accountand_protocol;

```

```

93 create table accountands.self_healing_accountand_protocol (
94     acc_protocol_id int primary key,           description varchar(100) not null,
95     protocol_date date not null,
96     employees_id int not null,
97     rapport TEXT,
98     foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on
99     update restrict on delete restrict
) tablespace self_healing_longtexts_tablespace SPLIT INTO 3 TABLETS;
100
101 -- self_healing_intranet für public Schema
102 drop table if exists generell.self_healing_intranet;
103 create table generell.self_healing_intranet (
104     intranet_id int primary key,
105     content text
106 ) tablespace self_healing_longtexts_tablespace SPLIT INTO 3 TABLETS;
107
108 -- self_healing_intranet für public Schema
109 drop table if exists generell.self_healing_intranet_users;
110 create table generell.self_healing_intranet_users (
111     intranet_user_id int primary key,
112     employees_id int not null,
113     foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on
114     update restrict on delete restrict
115 );
115 create unique index intranet_unique_combi on generell.self_healing_intranet_users(
    intranet_user_id, employees_id);

```

Listing 34: YugabyteDB - Self Healing Tests - CREATE-SQL

Es sollen aber auch gleich Daten initial geschrieben werden:

```

1 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
      lastname, birthday) VALUES (100, 'a', 'b', '01.01.2000');
2 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
      lastname, birthday) VALUES (200, 'c', 'd', '01.01.2000');
3 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
      lastname, birthday) VALUES (300, 'f', 'g', '01.01.2000');
4
5 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (100, 'a', 'b', '01.01.2000');
6 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (200, 'c', 'd', '01.01.2000');
7 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (300, 'f', 'g', '01.01.2000');
8
9 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (100, 'bla', '07.04.2024', 100, 'blabla',
      );
10 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (200, 'yada', '07.04.2024', 100, '
      ydayadyada');
11 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (300, 'something', '07.04.2024', 300, '
      something');
12

```

```

13 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (100, 'yadada');
14 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (500, 'bla bla');
    insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (1000, ,
      talking and talking');

15
16 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
  (100, 100);
17 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
  (200, 200);
18 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
  (300, 300);

19
20 select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
21 select * from hrm.self_healing_employees;
22 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
23 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 35: YugabyteDB - Self Healing Tests - Init Data

Während des Failover-Test müssen Daten beschrieben werden:

```

1 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
  lastname, birthday) VALUES (400, 'i', 'j', '01.01.2005');
2 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
  lastname, birthday) VALUES (500, 'k', 'l', '01.01.2003');
3 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
  lastname, birthday) VALUES (600, 'm', 'n', '01.01.2001');

4
5 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
  VALUES (400, 'i', 'j', '01.01.2005');
6 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
  VALUES (500, 'k', 'l', '01.01.2003');
7 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
  VALUES (600, 'm', 'n', '01.01.2001');

8
9 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
  protocol_date, employees_id, rapport) values (400, 'bla', '07.04.2024', 200, 'blabla'
  );
10 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
  protocol_date, employees_id, rapport) values (500, 'yada', '07.04.2024', 600, ,
  ydayadyada');
11 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
  protocol_date, employees_id, rapport) values (1000, 'something', '07.04.2024', 300, ,
  something');

12
13 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (200, 'yadada');
14 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (600, 'bla bla');
15 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (900, 'talking
  and talking');

16
17 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
  (400, 400);
18 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
  (500, 500);
19 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values

```

```

(600, 600);
20 select * from customer_service_officers.self_healing_accounts;select * from hrm.
    self_healing_employees;
21 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
22 select * from generell.self_healing_intranet;
23 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 36: YugabyteDB - Self Healing Tests - Failover Data

Nach dem Recovery müssen die Daten entsprechend vorhanden sein und es müssen weitere Daten beschrieben werden können:

```

1 select * from customer_service_officers.self_healing_accounts;
2 select * from hrm.self_healing_employees;
3 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
4 select * from generell.self_healing_intranet;
5 select * from generell.self_healing_intranet_users;
6
7 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (700, 'yadada');
8 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (800, 'bla bla');
9 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (1100, 'talking
    and talking');
10
11 select * from customer_service_officers.self_healing_accounts;
12 select * from hrm.self_healing_employees;
13 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
14 select * from generell.self_healing_intranet;
15 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 37: YugabyteDB - Self Healing Tests - Recovery Data

## VIII.III sks9016 - yugabyteDB

### VIII.III.I yugabyteDB - Download und Installation yugabyteDB

Ohne yugabyteDB zu installieren, lässt sich ysql\_bench nicht ausführen. Daher muss das ganze Package erst heruntergeladen werden:

```

1 root@sks9016:~# wget https://downloads.yugabyte.com/releases/2.21.0.0/yugabyte-2.21.0.0-
    b545-linux-x86_64.tar.gz
2

```

Listing 38: sks9016 - Download yugabyteDB On-Premise

Im nächsten Schritt wird es im /opt entpackt und das post\_install.sh-Skript ausgeführt:

```

1 root@sks9016:/opt# tar xvfz yugabyte-2.21.0.0-b545-linux-x86_64.tar.gz && cd yugabyte
    -2.21.0.0/
2 ...
3 root@sks9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0# ./bin/post_install.sh
4

```

Listing 39: sks9016 - Installation yugabyteDB On-Premise

Um nun zu testen, ob das Ganze funktioniert, kann eine Verbindung zum Evaluationssystem hergestellt werden:

```

1 root@sks9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0# cd /opt/yugabyte-2.21.0.0/postgres/bin/
2 root@sks9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0/postgres/bin# ./ysqlsh "host=10.0.20.106 user=yadmin"
3 Password for user yadmin:ysqlsh (11.2-YB-2.21.0.0-b0)
4 Type "help" for help.
5
6 No entry for terminal type "xterm-256color";
7 using dumb terminal settings.
8 yugabyte=# exit
9

```

Listing 40: sks9016 - Check yugabyteDB On-Premise

Damit ist der Benchmarking-Server ready.

## VIII.IV Patroni

### VIII.IV.I Prerequisites

Ganz am Anfang steht die Firewall.

Die Rules müssen auf sks1232, sks1233, sks1234 und sks9016 gesetzt werden:

```

1 # sks1232 / sks1233 / sks1234 / sks9016(10.0.28.16)
2 nano /etc/iptables/rules.v4
3 *filter
4 :INPUT ACCEPT [0:0]
5 :FORWARD ACCEPT [0:0]
6 :OUTPUT ACCEPT [0:0]
7 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 22 -j ACCEPT
8 -A INPUT -s 10.0.9.115/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.115" -j ACCEPT
9 -A INPUT -s 10.0.9.76/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
   probe 10.0.9.76" -j ACCEPT
10 -A INPUT -s 10.0.36.147/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
    probe 10.0.36.147" -j ACCEPT
11 -A INPUT -s 10.0.9.35/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
    probe 10.0.9.35" -j ACCEPT
12 -A INPUT -s 10.0.9.37/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
    probe 10.0.9.37" -j ACCEPT
13 -A INPUT -s 10.0.9.74/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
    probe 10.0.9.74" -j ACCEPT
14 -A INPUT -s 10.0.9.75/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
    probe 10.0.9.75" -j ACCEPT
15 -A INPUT -s 10.0.9.36/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
    probe 10.0.9.36" -j ACCEPT
16 -A INPUT -s 10.0.9.14/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
    probe 10.0.9.14" -j ACCEPT
17 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p icmp -m icmp --icmp-type 8 -j ACCEPT
18 # generell
19 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 443 -j ACCEPT
20 # postgres
21 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 5432 -j ACCEPT
22 # patroni
23 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 2379 -j ACCEPT
24 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 2380 -j ACCEPT
25 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 2376 -j ACCEPT

```

```

26 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 6432 -j ACCEPT
27 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 8008 -j ACCEPT-A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp
     -m tcp --dport 7000 -j ACCEPT
28 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 8080 -j ACCEPT
29 COMMIT
30 # Completed
31
32 systemctl restart iptables
33 systemctl status iptables

```

Listing 41: Patroni - Firewall Settings

Danach muss der Proxy gesetzt werden:

```

1 # sks1232 / sks1233 / sks1234
2 # Proxy setzen
3 # nano /etc/profile.d/proxy.sh
4 export https_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
5 export HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
6 export http_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
7 export HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
8 export no_proxy=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
9 export NO_PROXY=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
10 # source /etc/profile.d/proxy.sh

```

Listing 42: Patroni - Proxy Settings

Damit das PostgreSQL-Repository eingebunden werden kann,  
muss dem apt-Proxy gesetzt werden.

Da via Foreman installiert wurde, muss dieser ausgenommen werden:

```

1 # sks1232 / sks1233 / sks1234
2 # apt-Proxy setzen
3 # nano /etc/apt/apt.conf.d/proxy.conf
4 Acquire::http::Proxy "http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080";
5 Acquire::https::Proxy "http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080";
6 Acquire::http::proxy::foreman.ksgr.ch "DIRECT";

```

Listing 43: Patroni - apt-Proxy Settings

Im nächsten Schritt kann das PostgreSQL-Repository eingebunden werden.

**⚠️ Achtung,** die von PostgreSQL beschriebene Variante wurde in Debian 10 als Deprecated gesetzt, mit Debian 13 wird diese Repository-Integration zu einem Fehler werden.

```

1 # sks1232 / sks1233 / sks1234
2 # PostgreSQL Repository einbinden
3 sudo sh -c 'echo "deb https://apt.postgresql.org/pub/repos/apt $(lsb_release -cs)-pgdg
     main" > /etc/apt/sources.list.d/pgdg.list'
4 wget --quiet -O - https://www.postgresql.org/media/keys/ACCC4CF8.asc | sudo apt-key add -
5
6 # Ausloggen und wieder einloggen
7 apt update

```

Listing 44: Patroni - PostgreSQL einbinden

Nun muss der PostgreSQL Cluster, Patroni, python3-etcd und python3-psycopg2 installiert werden:

```
1 apt install postgresql-16 postgresql-server-dev-16 patroni python3-etcd python3-psycopg2
```

Listing 45: Patroni - Prerequisites installieren

Im nächsten Schritt müssen Patroni und der PostgreSQL Cluster gestoppt werden:

```
1 systemctl stop postgresql patroni
```

Listing 46: Patroni - Stop Patroni und PostgreSQL

Anschliessend muss noch vom PostgreSQL-Verzeichnis `/usr/lib/postgresql/16/bin/` ein Symlink nach `/usr/sbin/` gesetzt werden:

```
1 ln -s /usr/lib/postgresql/16/bin/* /usr/sbin/
```

Listing 47: Patroni - Symlink binaries

Zu guter Letzt sollte geprüft werden, ob alle Versionen passen und am richtigen Ort sind:

```
1 which patroni
2 which psql
3 patroni --version
```

Listing 48: Patroni - Checks

Damit kann zum etcd übergegangen werden.

## VIII.IV.II Installation etcd

Auf sks9016 sollte erst das Repository angepasst werden und anschliessend der `etcd-server` installiert werden:

```
1 apt update
2 apt install etcd-server
```

Listing 49: etcd - Installation

Die Konfiguration ist simpel.

Die IP muss gesetzt werden, ein Listener auf Localhost und IP gesetzt werden:

```
1 # nano /etc/default/etcd
2 ETCD_LISTEN_PEER_URLS="http://10.0.28.16:2380"
3 ETCD_LISTEN_CLIENT_URLS="http://localhost:2379,http://10.0.28.16:2379"
4 ETCD_INITIAL_ADVERTISE_PEER_URLS="http://10.0.28.16:2380"
5 ETCD_INITIAL_CLUSTER="default=http://10.0.28.16:2380,"
6 ETCD_ADVERTISE_CLIENT_URLS="http://10.0.28.16:2379"
7 ETCD_INITIAL_CLUSTER_TOKEN="etcd-cluster"
8 ETCD_INITIAL_CLUSTER_STATE="new"
```

Listing 50: etcd - Konfiguration

Der Service sollte neu gestartet und seine Lauffähigkeit getestet werden:

```
1 systemctl restart etcd
2 systemctl is-enabled etcd
3 systemctl status etcd
```

Listing 51: etcd - restart

Es sollte nun ein Member gelistet werden:

```
1 etcdctl member list
```

Listing 52: etcd - member list

Damit kann nun das Bootstrapping gestartet werden.

### VIII.IV.III Bootstrapping

Zuerst müssen die yml-Konfigurationen gesetzt werden.

Am besten wird das bestehende File jeweils gelöscht:

```
1 rm /etc/patroni/config.yml
2 nano /etc/patroni/config.yml
```

Listing 53: Patroni Bootstrap - Konfiguration bereinigen

Die yml-Files sehen wie folgt aus:

```
1 # Scope of PostgreSQL
2 scope: postgres
3 # Namespace for the PostgreSQL database
4 namespace: /db/
5 # Name of the PostgreSQL instance
6 name: postgres01
7 # Patroni REST API Configuration
8 restapi:
9     # The IP address and port on which the REST API should listen
10    listen: 10.0.20.110:8008
11
12    # The IP address and port to which clients should connect
13    connect_address: 10.0.20.110:8008
14 # Patroni Etcd Configuration
15 etcd3:
16     # The host address and port of the Etcd server
17     host: 10.0.28.16:2379
18 # Patroni Bootstrap Configuration
19 bootstrap:
20     # Configuration parameters for distributed configuration store (DCS)
21     dcs:
22         ttl: 30
23         loop_wait: 10
24         retry_timeout: 10
25         maximum_lag_on_failover: 1048576
26         postgresql:
27             # Use pg_rewind during bootstrap
28             use_pg_rewind: true
29             # Change pg_wal
30             create_replica_methods:
31                 - basebackup
32             basebackup:
33                 max_rate: '100M'
34                 waldir: "/srv/data/pg_wal"
35         # Initdb configuration
36         # Initdb configuration
```

```

37 initdb:
38     - auth: scram-sha-256
39     - encoding: UTF8
40     - data-checksums
41 # pg_hba.conf entries for replication and general access
42 pg_hba:
43     - host replication replicator 127.0.0.1/32 scram-sha-256
44     - host replication replicator 10.0.20.110/0 scram-sha-256
45     - host replication replicator 10.0.20.111/0 scram-sha-256
46     - host replication replicator 10.0.20.112/0 scram-sha-256
47     - host all all 0.0.0.0/0 scram-sha-256
48 # Adding default user admin with password admin
49 users:
50     admin:
51         password: admin
52         options:
53             - createrole
54             - createdb
55 # Patroni PostgreSQL Configuration
56 postgresql:
57     # PostgreSQL server listening address and port
58     listen: 10.0.20.110:5432
59     # Connect address for PostgreSQL clients
60     connect_address: 10.0.20.110:5432
61     # Data directory for PostgreSQL
62     data_dir: /var/lib/patroni
63     # Path to the pgpass file
64     pgpass: /tmp/pgpass
65     # Authentication configuration
66     authentication:
67         # Replication of user credentials
68         replication:
69             username: replicator
70             password: replicator
71         # Superuser credentials
72         superuser:
73             username: postgres
74             password: postgres
75     # Additional PostgreSQL parameters
76     parameters:
77
78         # Directory for Unix socket
79         unix_socket_directories: '.'
80         # Password encryption method
81         password_encryption: 'scram-sha-256'
82 # Patroni Tags Configuration
83 tags:
84     # Prevents a node from being promoted in case of failure
85     nofailover: false
86     # Prevents the load balancer from considering this node
87     noloadbalance: false
88     # Prevents a replica from being created by cloning
89     clonefrom: false
90     # Prevents synchronous replication from being enforced

```

```
91 nosync: false
```

Listing 54: Patroni - Konfiguration - sks1232

```
1 # Scope of PostgreSQL
2 scope: postgres
3 # Namespace for the PostgreSQL database
4 namespace: /db/
5 # Name of the PostgreSQL instance
6 name: postgres02
7 # Patroni REST API Configuration
8 restapi:
9     # The IP address and port on which the REST API should listen
10    listen: 10.0.20.111:8008
11
12    # The IP address and port to which clients should connect
13    connect_address: 10.0.20.111:8008
14 # Patroni Etcd Configuration
15 etcd3:
16    # The host address and port of the Etcd server
17    host: 10.0.28.16:2379
18 # Patroni Bootstrap Configuration
19 bootstrap:
20    # Configuration parameters for distributed configuration store (DCS)
21    dcs:
22        ttl: 30
23        loop_wait: 10
24        retry_timeout: 10
25        maximum_lag_on_failover: 1048576
26        postgresql:
27            # Use pg_rewind during bootstrap
28            use_pg_rewind: true
29            # Change pg_wal
30            create_replica_methods:
31                - basebackup
32            basebackup:
33                max_rate: '100M'
34                waldir: "/srv/data/pg_wal"
35        # Initdb configuration
36        # Initdb configuration
37        initdb:
38            - auth: scram-sha-256
39            - encoding: UTF8
40            - data-checksums
41        # pg_hba.conf entries for replication and general access
42        pg_hba:
43            - host replication replicator 127.0.0.1/32 scram-sha-256
44            - host replication replicator 10.0.20.110/0 scram-sha-256
45            - host replication replicator 10.0.20.111/0 scram-sha-256
46            - host replication replicator 10.0.20.112/0 scram-sha-256
47            - host all all 0.0.0.0/0 scram-sha-256
48        # Adding default user admin with password admin
49        users:
50            admin:
```

```

51         password: admin
52         options:
53             - createrole
54             - createdb
55 # Patroni PostgreSQL Configuration
56 postgresql:
57     # PostgreSQL server listening address and port
58     listen: 10.0.20.111:5432
59     # Connect address for PostgreSQL clients
60     connect_address: 10.0.20.111:5432
61     # Data directory for PostgreSQL
62     data_dir: /var/lib/patroni
63     # Path to the pgpass file
64     pgpass: /tmp/pgpass
65
66     # Authentication configuration
67 authentication:
68     # Replication of user credentials
69     replication:
70         username: replicator
71         password: replicator
72     # Superuser credentials
73     superuser:
74         username: postgres
75         password: postgres
76     # Additional PostgreSQL parameters
77     parameters:
78         # Directory for Unix socket
79         unix_socket_directories: '.'
80         # Password encryption method
81         password_encryption: 'scram-sha-256'
82 # Patroni Tags Configuration
83 tags:
84     # Prevents a node from being promoted in case of failure
85     nofailover: false
86     # Prevents the load balancer from considering this node
87     noloadbalance: false
88     # Prevents a replica from being created by cloning
89     clonefrom: false
90     # Prevents synchronous replication from being enforced
91     nosync: false

```

Listing 55: Patroni - Konfiguration - sks1233

```

1 # Scope of PostgreSQL
2 scope: postgres
3 # Namespace for the PostgreSQL database
4 namespace: /db/
5 # Name of the PostgreSQL instance
6 name: postgres03
7 # Patroni REST API Configuration
8 restapi:
9     # The IP address and port on which the REST API should listen
10    listen: 10.0.20.112:8008

```

```

11
12     # The IP address and port to which clients should connect
13     connect_address: 10.0.20.112:8008
14 # Patroni Etcd Configuration
15 etcd3:
16     # The host address and port of the Etcd server
17     host: 10.0.28.16:2379
18 # Patroni Bootstrap Configuration
19 bootstrap:
20     # Configuration parameters for distributed configuration store (DCS)
21     dcs:
22         ttl: 30
23         loop_wait: 10
24         retry_timeout: 10
25         maximum_lag_on_failover: 1048576
26         postgresql:
27             # Use pg_rewind during bootstrap
28             use_pg_rewind: true
29             # Change pg_wal
30             create_replica_methods:
31                 - basebackup
32             basebackup:
33                 max_rate: '100M'
34                 waldir: "/srv/data/pg_wal"
35 # Initdb configuration
36 initdb:
37     - auth: scram-sha-256
38     - encoding: UTF8
39     - data-checksums
40 # pg_hba.conf entries for replication and general access
41 pg_hba:
42     - host replication replicator 127.0.0.1/32 scram-sha-256
43     - host replication replicator 10.0.20.110/0 scram-sha-256
44     - host replication replicator 10.0.20.111/0 scram-sha-256
45     - host replication replicator 10.0.20.112/0 scram-sha-256
46     - host all all 0.0.0.0/0 scram-sha-256
47 # Adding default user admin with password admin
48 users:
49     admin:
50         password: admin
51         options:
52             - createrole
53             - createdb
54 # Patroni PostgreSQL Configuration
55 postgresql:
56     # PostgreSQL server listening address and port
57     listen: 10.0.20.112:5432
58     # Connect address for PostgreSQL clients
59     connect_address: 10.0.20.112:5432
60     # Data directory for PostgreSQL
61     data_dir: /var/lib/patroni
62     # Path to the pgpass file
63     pgpass: /tmp/pgpass
64     # Authentication configuration

```

```

65     authentication:
66         # Replication of user credentials
67     replication:
68         username: replicator
69         password: replicator
70     # Superuser credentials
71     superuser:
72         username: postgres
73         password: postgres
74     # Additional PostgreSQL parameters
75     parameters:
76         unix_socket_directories: '.'
77         # Password encryption method
78         password_encryption: 'scram-sha-256'
79 # Patroni Tags Configuration
80 tags:
81     # Prevents a node from being promoted in case of failure
82     nofailover: false
83     # Prevents the load balancer from considering this node
84     noloadbalance: false
85     # Prevents a replica from being created by cloning
86     clonefrom: false
87     # Prevents synchronous replication from being enforced
88     nosync: false

```

Listing 56: Patroni - Konfiguration - sks1234

Sehr wichtig ist, dass das pg\_hba.conf-File mitgegeben wird.

Ansonsten kann nicht auf die Datenbank zugegriffen werden.

Für den User replication müssen die IP-Adressen aller Nodes gesetzt werden.

Im Evaluations-Enviroment soll zudem der Zugriff von überall mit Passwort möglich sein.

Dies wird mit der letzten Zeile ermöglicht:

```

1 host replication replicator 127.0.0.1/32 scram-sha-256
2 host replication replicator 10.0.20.110/0 scram-sha-256
3 host replication replicator 10.0.20.111/0 scram-sha-256
4 host replication replicator 10.0.20.112/0 scram-sha-256
5 host all all 0.0.0.0/0 scram-sha-256

```

Listing 57: Patroni Bootstrap - pg\_hba

Nun muss das Verzeichnis für PostgreSQL im Patroni-Verzeichnis erstellt und berechtigt werden:

```

1 mkdir -p /var/lib/patroni
2 chown -R postgres:postgres /var/lib/patroni
3 chmod 700 /var/lib/patroni

```

Listing 58: Patroni Bootstrap - Patroni-Verzeichnis

Jetzt können die Dienste auf den Patroni-Servern neu gestartet werden, Patroni sollte nun lauffähig sein:

```

1 systemctl start patroni
2 systemctl status patroni
3 patronictl -c /etc/patroni/config.yml list

```

Listing 59: Patroni Bootstrap - Neu starten

Wenn es lauffähig ist, muss noch aufgeräumt werden.

Der bestehende PostgreSQL Cluster muss disabled werden:

```
1 sudo systemctl disable --now postgresql
```

Listing 60: Patroni Bootstrap - Disable PostgreSQL

## VIII.IV.IV Haproxy

Final kann nun HAProxy installiert werden.

Zuerst müssen die Hosts hinterlegt werden:

```
1 #nano /etc/hosts
2 10.0.20.110    postgres01
3 10.0.20.111    postgres02
4 10.0.20.112    postgres03
```

Listing 61: HAProxy - Hostliste

Nun müssen die Repositories aktualisiert werden und HAProxy installiert werden:

```
1 apt update
2 apt install haproxy
```

Listing 62: HAProxy - Installation

Mit der Installation kommt ein Konfig-File mit.

Das soll gesichert werden:

```
1 mv /etc/haproxy/haproxy.cfg /etc/haproxy/haproxy.cfg.orig
```

Listing 63: HAProxy - Safe Alte Config

Nun muss die neue Konfiguration geschrieben werden:

```
1 #nano /etc/haproxy/haproxy.cfg
2 # Global configuration settings
3 global
4     # Maximum connections globally
5     maxconn 100
6     # Logging settings
7     log 127.0.0.1 local2
8
9 # Default settings
10 defaults
11     # Global log configuration
12     log global
13     # Set mode to TCP
14     mode tcp
15     # Number of retries
16     retries 2
17     # Client timeout
18     timeout client 30m
19     # Connect timeout
20     timeout connect 4s
21     # Server timeout
22     timeout server 30m
```

```

23      # Check timeout
24      timeout check 5s
25
26 # Stats configuration listen stats
27      # Set mode to HTTP
28      mode http
29      # Bind to port 8080
30      bind *:8080
31      # Enable stats
32      stats enable
33      # Stats URI
34      stats uri /
35
36 # PostgreSQL configuration
37 listen postgres
38      # Bind to port 5432
39      bind *:5432
40      # Enable HTTP check
41      option httpchk
42      # Expect status 200
43      http-check expect status 200
44      # Server settings
45      default-server inter 3s fall 3 rise 2 on-marked-down shutdown-sessions
46      # Define PostgreSQL servers
47      server postgres01 10.0.20.110:5432 maxconn 100 check port 8008
48      server postgres02 10.0.20.111:5432 maxconn 100 check port 8008
49      server postgres03 10.0.20.112:5432 maxconn 100 check port 8008

```

Listing 64: HAProxy - Konfiguration

Nun kann HAproxy neu gestartet werden:

```

1 systemctl restart haproxy
2 systemctl status haproxy

```

Listing 65: HAProxy - Restart

Nun kann HAproxy geöffnet werden: <http://10.0.28.16:8080/>

Es sollte nun so aussehen:

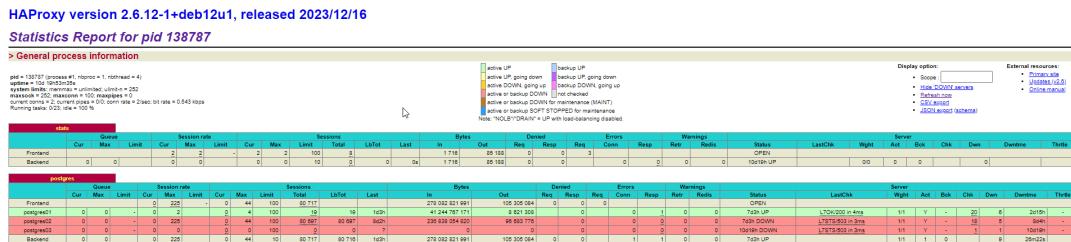


Abbildung XLII: HAProxy - Web-GUI

## VIII.IV.V Rekonfiguration mit 250GiB Storage

Sobald die neue Disk im VMware vSphere erfasst wurde, muss die Disk auf den Servern gemountet werden:

```

1 echo " - - - " | tee /sys/class/scsi_host/host*/scan && lsblk
2
3 fdisk /dev/sdb n -> all default values
4 t -> 8e
5 p -> Kontrolle
6 w
7
8 pvcreate /dev/sdb1 && \
9 vgcreate vgdata /dev/sdb1 && \
10 lvcreate -l 100%FREE -n lvdata vgdata && \
11 mkfs.ext4 /dev/vgdata/lvdata && \
12 mkdir -p /srv/data && \
13 cp /etc/fstab /tmp/fstab.bak && \
14 echo "/dev/vgdata/lvdata /srv/data ext4 defaults 0 0" >> /etc/fstab && \
15 systemctl daemon-reload && mount -a && lsblk

```

Listing 66: Patroni - 250GiB Disk mount

Nun können die Verzeichnisse angelegt werden.

Nebst dem Verzeichnis für die Indizes und Daten braucht es auch ein neues pg\_wal-Verzeichnis:

```

1 mkdir -p /srv/data/eval_index_tablespace
2 chown -R postgres:postgres /srv/data/eval_index_tablespace
3 chmod 700 /srv/data/eval_index_tablespace
4
5 mkdir -p /srv/data/eval_data_tablespace
6 chown -R postgres:postgres /srv/data/eval_data_tablespace
7 chmod 700 /srv/data/eval_data_tablespace
8
9 mkdir -p /srv/data/self_healing_test_index_tablespace
10 chown -R postgres:postgres /srv/data/self_healing_test_index_tablespace
11 chmod 700 /srv/data/self_healing_test_index_tablespace
12
13 mkdir -p /srv/data/self_healing_test_data_tablespace
14 chown -R postgres:postgres /srv/data/self_healing_test_data_tablespace
15 chmod 700 /srv/data/self_healing_test_data_tablespace
16
17 mkdir -p /srv/data/pg_wal
18 chown -R postgres:postgres /srv/data/pg_wal
19 chmod 700 /srv/data/pg_wal

```

Listing 67: Patroni - 250GiB Verzeichnisse

Um das WAL-Verzeichnis umzuhängen, muss erst die der Patroni-Cluster gestoppt werden:

```
1 patronictl -c /etc/patroni/config.yml pause
```

Listing 68: Patroni - 250GiB Cluster Pause

Wichtig ist, dass auch PostgreSQL gestoppt ist.

Da die PostgreSQL Binaries nun im Patroni-Verzeichnis liegen und auch dort das Socket-File läuft, muss das Verzeichnis zwingend als Daten-Verzeichnisparameter (-D) angegeben werden, sonst wird es zu einem Socket-Fehler kommen.

Zwingend ist zudem, das Command als postgres-User auszuführen:

```
1 sudo su - postgres
```

```
2 /usr/sbin/pg_ctl stop -D /var/lib/patroni/
```

Listing 69: Patroni - 250GiB PostgreSQL stoppen

Ganz wichtig ist nun, das ganze pg\_wal-Verzeichnis zu verschieben.

So das die WAL-Files kopiert werden.

Da ein symlink gezogen wird, muss das bestehende Verzeichnis gelöscht sein:

```
1 mv /var/lib/patroni/pg_wal/* /srv/data/pg_wal  
2 ln -s /srv/data/pg_wal /var/lib/patroni/pg_wal  
3 ls -l /var/lib/patroni/pg_wal
```

Listing 70: Patroni - 250GiB move pg\_wal

Die Berechtigung muss anschliessend wieder mit root-Rechten gesetzt werden:

```
1 chown -R postgres:postgres /var/lib/patroni/pg_wal  
2 chmod 700 /var/lib/patroni/pg_wal
```

Listing 71: Patroni - 250GiB chmod - chown pg\_wal

Jetzt muss erst PostgreSQL wieder gestartet werden.

Wenn alle Datenbanken auf allen Patroni-Nodes wieder lauffähig sind, kann der Cluster wieder aktiviert werden:

```
1 /usr/sbin/pg_ctl start -D /var/lib/patroni/  
2 patronictl -c /etc/patroni/config.yml resume
```

Listing 72: Patroni - 250GiB PostgreSQL - Patroni resume

Zum Schluss sollte noch zwingend geprüft werden, ob der Cluster funktionsfähig ist:

```
1 patronictl -c /etc/patroni/config.yml list
```

Listing 73: Patroni - 250GiB Finaler Check

Wenn Patroni nun wieder einsatzfähig ist, müssen noch die optimierten Parameter gesetzt werden.

Folgende Parameter wurden gesetzt:

#### **max\_connections**

Damit die 7000 Transaktionen sicher abgesetzt werden können.

#### **superuser\_reserved\_connections**

Mindestens 10 postgres-Verbindungen müssen gemacht werden können.

#### **max\_worker\_processes**

Damit genügend Worker vorhanden sind, um die WAL-Files abzuarbeiten, wurde deren Zahl auf 16 erhöht.

#### **wal\_log\_hints**

Stellt sicher, dass der gesamte Diskpage-Inhalt ins WAL geschrieben wird.

#### **max\_wal\_senders**

Um den Replikations-Throughput zu erhöhen, wurden 16 Sender aktiviert

#### **max\_replication\_slots**

Damit die 16 Sender auch auf der Gegenseite abgearbeitet werden, müssen die entsprechenden Slots bereitgestellt werden.

## **wal\_keep\_size**

Damit die WAL-Files nicht zu gross werden und somit auch das Replication-Lag, wurde die Grösse auf 1 GiB reduziert.

Das zwingt den Primary dazu, die WAL-Files nur bis zu maximal 1 GiB aufzubewahren, bevor sie archiviert werden.

Das ist wichtig, wenn Diskspace nicht im Überfluss vorhanden ist.

## **wal\_level**

Der Level wurde auf logical gesetzt, damit alle Informationen geschrieben werden.

## **wal\_buffers**

Der Buffer wurde auf 16 MiB erhöht.

## **wal\_writer\_delay**

Wenn der WAL-Writer einen Flush durchgeführt hat, geht er in ein Timeout.

Dies wurde auf 20 ms heruntergesetzt, damit rasch wieder geschrieben wird.

## **wal\_writer\_flush\_after**

Definiert, ab welcher Grösse der Cache des WAL-Writers auf die Disk geschrieben wird.

Wurde auf 1 MiB gesetzt um rasch auf die Disk schreiben zu können.

## **min\_wal\_size**

Damit die WAL-Files nicht zu schnell repliziert werden und die Standby-Server, aber auch der Primary-Server nicht überlastet werden,

sollen die Files mindestens 1 GiB gross werden, bevor sie repliziert werden.

## **max\_wal\_size**

Auf der anderen Seite soll trotzdem nicht zu lange gewartet werden, die maximale Grösse wurde auf 5 GiB begrenzt.

## **commit\_delay**

Maximal 20 ms soll gewartet werden, bevor ein Transactions-Commit geflushed wird.

## **commit\_siblings**

Maximal 10 Transktionen sollen offenbleiben, bevor es zu einem Flush kommt.

## **checkpoint\_timeout**

Die maximale Zeit zwischen den Checkpoints soll 5min betragen.

## **archive\_mode**

Um Diskspace zu sparen sollen die WAL-Files nicht aktiviert werden.

## **checkpoint\_completion\_target**

Ab 95% des Checkout-Timeouts soll mit dem Abschluss begonnen werden.

## **max\_standby\_archive\_delay**

Erst nach zehn Minuten sollen die Standby-Queries abgebrochen werden.

Ist notwendig, da es wegen der grossen Datenmenge und entsprechendem lag sonst schnell zum Abbruch kommen kann.

**max\_standby\_streaming\_delay**

Beim normalen Standby soll die Zeit nur 3 min sein.

**wal\_receiver\_status\_interval**

Alle 60 sekunden soll der Status ausgetauscht werden.

**max\_logical\_replication\_workers**

Acht logische Replication worker sollen zum Einsatz kommen.

**max\_sync\_workers\_per\_subscription**

Es soll die maximale Anzahl an workern (8) für das Parallelisieren verwendet werden.

**shared\_buffers**

Der gesamte Server hat 16 GiB Memory,  $\frac{1}{4}$  davon soll als Buffer dienen, also 4 GiB.

**maintenance\_work\_mem**

1 GiB soll zur Verfügung stehen für den AUTOVACUUM-Job oder Maintenance-Jobs wie das Indexieren usw.

**work\_mem**

Der ganze PostgreSQL Cluster soll 12 GiB Memory zur Verfügung haben.

**temp\_file\_limit**

Damit für das Erzeugen von Primary Keys, Foreign-Keys oder Indizes genügend Platz vorhanden ist,

sollen temporäre Tabellen 200 GiB Diskspace allokiert können.

**vacuum\_cost\_delay**

Der AUTOVACUUM-Job soll maximal 2 ms ruhen.

**vacuum\_cost\_limit**

Der gesamte Prozess darf maximal zehn Sekunden schlafen.

**bgwriter\_delay**

Der Hintergrundprozess soll nur 10 ms ruhen.

**bgwriter\_lru\_maxpages**

Maximal dürfen 800 Buffers vom Hintergrundprozess beschrieben werden.

**bgwriter\_lru\_multiplier**

Insgesamt sollen beim nächsten Schreibzyklus 5 x soviel neue Writer erzeugt werden, wie im aktuellen Zyklus benötigt werden.

Entsprechend auch hier der Command mit patronictl:

```
1 patronictl -c /etc/patroni/config.yml edit-config --apply - --force << 'JSON'
2 {
3     synchronous_mode: "on",
4     synchronous_mode_strict: "on",
5     synchronous_node_count: 2,
6     "postgresql":
7         {
```

```

8 "parameters": {
9     "synchronous_commit": "on",
10    "synchronous_standby_names": "*",
11    "max_connections": 1100,           "superuser_reserved_connections":10,
12    "max_worker_processes": 16,
13    "wal_log_hints": "on",
14    "max_wal_senders": 32,
15    "max_replication_slots": 32,
16    "wal_keep_size": "1GB",
17    "wal_level": "logical",
18    "wal_buffers": "16MB",
19    "wal_writer_delay": "20ms",
20    "wal_writer_flush_after": "1MB",
21    "min_wal_size": "1GB",
22    "max_wal_size": "5GB",
23    "commit_delay": 20,
24    "commit_siblings": 10,
25    "checkpoint_timeout": "5min",
26    "checkpoint_completion_target": 0.95,
27    "archive_mode": "off",
28    "max_standby_archive_delay": "10min",
29    "max_standby_streaming_delay": "3min",
30    "wal_receiver_status_interval": "1s",
31    "hot_standby_feedback": "on",
32    "wal_receiver_timeout": "60s",
33    "max_logical_replication_workers": 8,
34    "max_sync_workers_per_subscription": 8,
35    "shared_buffers": "4GB",
36    "maintenance_work_mem": "1GB",
37    "work_mem": "12GB",
38    "temp_file_limit": "200GB",
39    "vacuum_cost_delay": "2ms",
40    "vacuum_cost_limit": 10000,
41    "bgwriter_delay": "10ms",
42    "bgwriter_lru_maxpages": 800,
43    "bgwriter_lru_multiplier": "5.0"
44  }
45 }
46 }
47 JSON

```

Listing 74: Patroni - 250GiB set Parameter

### VIII.IV.VI SQL Statements - Benchmarking

Für das Benchmarking wird die Tabelle pgbench\_eval\_bench erstellt.

Zudem wird je ein Tablespace für die Indizes (eval\_index\_tablespace) und Daten (eval\_data\_tablespace) erstellt.

Dies muss aber zweimal gemacht werden, einmal für die normalen Benchmarks und einmal mit den grossen Volumes:

```

1 -- Datenbank pgbench_eval_bench erstellen
2 drop database if exists pgbench_eval_bench;

```

```

3 create database pgbench_eval_bench;
4 -- Tablespace für Indices drop tablespace if exists eval_index_tablespace;
5 CREATE TABLESPACE eval_index_tablespace owner postgres location '/var/lib/patroni/
   eval_index_tablespace';
6
7 -- Genereller Tablespace erstellen
8 drop tablespace if exists eval_data_tablespace;
9 CREATE TABLESPACE eval_data_tablespace owner postgres location '/var/lib/patroni/
   eval_data_tablespace';

```

Listing 75: Patroni - Benchmarking - DB erstellen

Wird auf die grossen Volumes gewechselt, müssen vorher die Tabellen bereinigt und gelöscht werden:

```

1 -- Daten löschen
2 truncate table pgbench_accounts;
3 truncate table pgbench_tellers;
4 truncate table pgbench_history;
5 truncate table pgbench_branches;
6
7 -- Tabellen löschen
8 drop table pgbench_accounts;
9 drop table pgbench_tellers;
10 drop table pgbench_history;
11 drop table pgbench_branches;

```

Listing 76: Patroni - Benchmarking - DB Cleanup

Anschliessend werden die neuen Tablespaces erzeugt:

```

1 -- Tablespace für Indices
2 drop tablespace if exists eval_index_tablespace;
3 CREATE TABLESPACE eval_index_tablespace owner postgres location '/srv/data/
   eval_index_tablespace';
4
5 -- Genereller Tablespace erstellen
6 drop tablespace if exists eval_data_tablespace;
7 CREATE TABLESPACE eval_data_tablespace owner postgres location '/srv/data/
   eval_data_tablespace';

```

Listing 77: Patroni - Benchmarking - Tablespaces erneut erstellen

## VIII.IV.VII SQL Statements - Testing

Entsprechend dem ERD müssen die Tabellen erstellt werden: Evaluation - ERD self\_healing\_test Die Tabelle heisst entsprechend self\_healing\_test. Die Tests wurden allerdings erst gemacht, als auf die grossen Volumes gewechselt war. Das gesamte CREATE-Skript:

```

1 -- self-healing-Tabelle
2 drop table if exists self_healing_test;
3 create database self_healing_test;
4
5 -- Tablespace für Indices
6 drop tablespace if exists self_healing_indices_tablespace;
7 CREATE TABLESPACE self_healing_indices_tablespace owner postgres location '/srv/data/
   self_healing_test_index_tablespace';

```

```

8
9 -- Genereller Tablespace erstellen
10 drop tablespace if exists self_healing_datas_tablespace;CREATE TABLESPACE
    self_healing_datas_tablespace owner postgres location '/srv/data/
    self_healing_test_data_tablespace';
11
12 -- Rollen erstellen
13 drop role if exists hrm;
14 create role hrm;
15 drop role if exists accountands;
16 create role accountands;
17 drop role if exists customer_service_officers;
18 create role customer_service_officers;
19 drop role if exists legal_affairs;
20 create role legal_affairs;
21
22 -- User erstellen
23 drop user if exists hrm_1;
24 drop user if exists hrm_2;
25 create user hrm_1 with password 'hrm1' role hrm;
26 create user hrm_2 with password 'hrm2' role hrm;
27
28 drop user if exists cso_1;
29 drop user if exists cso_2;
30 create user cso_1 with password 'cso1' role customer_service_officers;
31 create user cso_2 with password 'cso2' role customer_service_officers;
32
33 drop user if exists la_1;
34 drop user if exists la_2;
35 create user la_1 with password 'la1' role legal_affairs;
36 create user la_2 with password 'la2' role legal_affairs;
37
38 -- Schemas erstellen
39 drop schema if exists hrm;
40 create schema hrm authorization hrm;
41 drop schema if exists accountands;
42 create schema accountands authorization accountands;
43 drop schema if exists customer_service_officers;
44 create schema customer_service_officers authorization customer_service_officers;
45 drop schema if exists generell;
46 create schema generell;
47
48 -- GRANTS erstellen
49 grant all on all tables in schema hrm to legal_affairs;
50 grant all on all tables in schema accountands to legal_affairs;
51 grant all on all tables in schema customer_service_officers to legal_affairs;
52 grant all on all tables in schema generell to legal_affairs;
53 grant all on all tables in schema hrm to postgres;
54 grant all on all tables in schema accountands to postgres;
55 grant all on all tables in schema customer_service_officers to postgres;
56 grant all on all tables in schema generell to postgres;
57
58 -- self_healing_accounts für Schema customer_service_officers
59 drop table if exists customer_service_officers.self_healing_accounts;

```

```

60 create table customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (
61     account_id int primary key,      firstname varchar(255) not null,
62     lastname varchar(255) not null,
63     birthday date not null,
64     postal_code varchar(50),
65     street varchar(255),
66     country_code varchar(2),
67     phone varchar(25),
68     mail varchar(255) check (mail like '%@%')
69 ) tablespace self_healing_datas_tablespace;
70 create unique index accounts_personal_mark on customer_serviceOfficers.
    self_healing_accounts(firstname, lastname, birthday) tablespace
    self_healing_indices_tablespace;
71
72 -- self_healing_employees für Schema hrm
73 drop table if exists hrm.self_healing_employees;
74 create table hrm.self_healing_employees (
75     employees_id int primary key,
76     firstname varchar(255) not null,
77     lastname varchar(255) not null,
78     birthday date not null,
79     postal_code varchar(50),
80     street varchar(255),
81     country_code varchar(2),
82     phone varchar(25),
83     mail varchar(255) check (mail like '%@%')
84 ) tablespace self_healing_datas_tablespace;
85 create unique index employees_personal_mark on hrm.self_healing_employees(firstname,
    lastname, birthday) tablespace self_healing_indices_tablespace;
86
87 -- self_healing_accountand_protocol für Schema accountands
88 drop table if exists accountands.self_healing_accountand_protocol;
89 create table accountands.self_healing_accountand_protocol (
90     acc_protocol_id int primary key,
91     description varchar(100) not null,
92     protocol_date date not null,
93     employees_id int not null,
94     rapport TEXT,
95     foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on
        update restrict on delete restrict
96 ) tablespace self_healing_datas_tablespace;
97
98 -- self_healing_intranet für public Schema
99 drop table if exists generell.self_healing_intranet;
100 create table generell.self_healing_intranet (
101     intranet_id int primary key,
102     content text
103 ) tablespace self_healing_datas_tablespace;
104
105 -- self_healing_intranet für public Schema
106 drop table if exists generell.self_healing_intranet_users;
107 create table generell.self_healing_intranet_users (
108     intranet_user_id int primary key,
109     employees_id int not null,

```

```

110     foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on
111     update restrict on delete restrict
112 ) tablespace self_healing_datas_tablespace;create unique index intranet_unique_combi on
113     generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) tablespace
114     self_healing_indices_tablespace;

```

Listing 78: Patroni - Self Healing Tests - CREATE-SQL

Es sollen aber auch gleich Daten initial geschrieben werden:

```

1 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
2   lastname, birthday) VALUES (100, 'a', 'b', '01.01.2000');
3 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
4   lastname, birthday) VALUES (200, 'c', 'd', '01.01.2000');
5 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
6   lastname, birthday) VALUES (300, 'f', 'g', '01.01.2000');

7 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
8   VALUES (100, 'a', 'b', '01.01.2000');
9 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
10  VALUES (200, 'c', 'd', '01.01.2000');
11 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
12  VALUES (300, 'f', 'g', '01.01.2000');

13 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
14   protocol_date, employees_id, rapport) values (100, 'bla', '07.04.2024', 100, 'blabla',
15 );
16 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
17   protocol_date, employees_id, rapport) values (200, 'yada', '07.04.2024', 100, 'ydayadyada');
18 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
19   protocol_date, employees_id, rapport) values (300, 'something', '07.04.2024', 300, 'something');

20 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (100, 'yadada');
21 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (500, 'bla bla');
22 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (1000, 'talking
23   and talking');

24 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
25   (100, 100);
26 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
27   (200, 200);
28 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
29   (300, 300);

30 select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
31 select * from hrm.self_healing_employees;
32 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
33 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 79: Patroni - Self Healing Tests - Init Data

Während des Failover-Test müssen Daten beschrieben werden:

```

1 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
2   lastname, birthday) VALUES (400, 'i', 'j', '01.01.2005');

```

```

2 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
    lastname, birthday) VALUES (500, 'k', 'l', '01.01.2003');
3 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
    lastname, birthday) VALUES (600, 'm', 'n', '01.01.2001');
4 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
    VALUES (400, 'i', 'j', '01.01.2005');
5 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
    VALUES (500, 'k', 'l', '01.01.2003');
6 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
    VALUES (600, 'm', 'n', '01.01.2001');
7
8 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
    protocol_date, employees_id, rapport) values (400, 'bla', '07.04.2024', 200, 'blabla',
);
9 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
    protocol_date, employees_id, rapport) values (500, 'yada', '07.04.2024', 600, 'ydayadyada');
10 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
    protocol_date, employees_id, rapport) values (1000, 'something', '07.04.2024', 300, 'something');
11
12 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (200, 'yadada');
13 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (600, 'bla bla');
14 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (900, 'talking
    and talking');
15
16 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
    (400, 400);
17 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
    (500, 500);
18 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
    (600, 600);
19
20 select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
21 select * from hrm.self_healing_employees;
22 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
23 select * from generell.self_healing_intranet;
24 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 80: Patroni - Self Healing Tests - Failover Data

Nach dem Recovery müssen die Daten entsprechend vorhanden sein und es müssen weitere Daten beschrieben werden können:

```

1 select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
2 select * from hrm.self_healing_employees;
3 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
4 select * from generell.self_healing_intranet;
5 select * from generell.self_healing_intranet_users;
6
7 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (700, 'yadada');
8 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (800, 'bla bla');
9 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (1100, 'talking
    and talking');
10

```

```

11 select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
12 select * from hrm.self_healing_employees;select * from accountands.
    self_healing_accountand_protocol;
13 select * from generell.self_healing_intranet;
14 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 81: Patroni - Self Healing Tests - Recovery Data

## VIII.V Stackgres mit Citus

### VIII.V.I Prerequisites

#### VIII.V.I.I StorageClass setzen

Zuerst muss die StorageClass und das PersistentVolume gesetzt werden:

```

1 # https://docs.yugabyte.com/preview/yugabyte-platform/install-yugabyte-platform/prepare-
   environment/kubernetes/#configure-storage-class
2 # https://github.com/rancher/local-path-provisioner
3 apiVersion: storage.k8s.io/v1
4 kind: StorageClass
5 metadata:
6   name: stackgres-storage
7 provisioner: rancher.io/local-path
8 parameters:
9   nodePath: /srv/data/local-path-provisioner
10 volumeBindingMode: WaitForFirstConsumer
11 reclaimPolicy: Delete
12---
13 apiVersion: v1
14 kind: PersistentVolume
15 metadata:
16   name: stackgres-storage-pv
17   labels:
18     type: local
19 spec:
20   accessModes:
21     - ReadWriteOnce
22   capacity:
23     storage: 1Gi
24   storageClassName: "stackgres-storage"
25   hostPath:
26     path: /srv/data/local-path-provisioner
27   nodeAffinity:
28     required:
29       nodeSelectorTerms:
30         - matchExpressions:
31           - key: kubernetes.io/hostname
32             operator: In
33             values:
34               - sks1183
35               - sks1184
36               - sks1185

```

Listing 82: StackGres-Citus - StorageClass setzen

Die StorageClass und das PersistentVolume muss aktiviert werden:

```
1 gramic@cks4040:~$ kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/
  stackgres_citus/stackgres_citus/storageclass.yaml
2 storageclass.storage.k8s.io/stackgres-storage created
3 persistentvolume/stackgres-storage-pv created
```

Listing 83: StackGres-Citus - StorageClass / PersistentVolume aktivieren

## VIII.V.II Installation

Auch bei StackGres braucht es zuerst einen entsprechenden Namespace:

```
1 kubectl create namespace sg-platform
```

Listing 84: StackGres-Citus - Namespace

Das Manifest beinhaltet nur die wichtigsten Parameter.

Der Grossteil wird über das Cluster-Deployment gesetzt:

```
1 # -- The container registry host (and port) where the images will be pulled from.
2 containerRegistry: quay.io
3 # -- Image pull policy used for images loaded by the Operator
4 imagePullPolicy: "IfNotPresent"
5 # Section to configure Operator Installation ServiceAccount
6 serviceAccount:
7   # -- If 'true' the Operator Installation ServiceAccount will be created
8   create: true
9   # -- Section to configure Operator ServiceAccount annotations
10  annotations: {}
11  # -- Repositories credentials Secret names to attach to ServiceAccounts and Pods
12  repoCredentials: []
13
14 # Section to configure Operator Pod
15 operator:
16   # Section to configure Operator image
17   image:
18     # -- Operator image name
19     name: "stackgres/operator"
20     # -- Operator image tag
21     tag: "1.9.0"
22     # -- Operator image pull policy
23     pullPolicy: "IfNotPresent"
24   # -- Operator Pod annotations
25   annotations: {}
26   # -- Operator Pod resources. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/
     kubernetes-api/v1.27/#resourcerequirements-v1-core
27   # resources: {}
28   resources:
29     requests:
30       cpu: "1"
31       memory: 1Gi
32     limits:
33       cpu: "1"
34       memory: 1Gi
```

```

35 # -- Operator Pod node selector
36 nodeSelector: {}
37 # -- Operator Pod tolerations. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/
38   kubernetes-api/v1.27/#toleration-v1-core
39 tolerations: []
40 # -- Operator Pod affinity. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/
41   kubernetes-api/v1.27/#affinity-v1-core
42 affinity: {}
43 # Section to configure Operator ServiceAccount
44 serviceAccount:
45   # -- Section to configure Operator ServiceAccount annotations
46   annotations: {}
47   # -- Repositories credentials Secret names to attach to ServiceAccounts and Pods
48   repoCredentials: []
49 # Section to configure Operator Service
50 service:
51   # -- Section to configure Operator Service annotations
52   annotations: {}

# Section to configure REST API Pod
53 restapi:
54   # -- REST API Pod name
55   name: stackgres-restapi
56   # Section to configure REST API image
57   image:
58     # -- REST API image name
59     name: "stackgres/restapi"
60     # -- REST API image tag
61     tag: "1.9.0"
62     # -- REST API image pull policy
63     pullPolicy: "IfNotPresent"
64   # -- REST API Pod annotations
65   annotations: {}
66   resources:
67     requests:
68       cpu: "1"
69       memory: 1Gi
70     limits:
71       cpu: "1"
72       memory: 1Gi
73   # -- REST API Pod node selector
74   nodeSelector: {}
75   # -- REST API Pod tolerations. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/
76     kubernetes-api/v1.27/#toleration-v1-core
77   tolerations: []
78   # -- REST API Pod affinity. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/
79     kubernetes-api/v1.27/#affinity-v1-core
80   affinity: {}
81   # Section to configure REST API ServiceAccount
82   serviceAccount:
83     # -- REST API ServiceAccount annotations
84     annotations: {}
85     # -- Repositories credentials Secret names to attach to ServiceAccounts and Pods
86     repoCredentials: []

```

```

85 # Section to configure REST API Service
86 service:
87   # -- REST API Service annotations
88   annotations: {}
89
90 # Section to configure Web Console container
91 adminui:
92   # Section to configure Web Console image
93   image:
94     # -- Web Console image name
95     name: "stackgres/admin-ui"
96     # -- Web Console image tag
97     tag: "1.9.0"
98     # -- Web Console image pull policy
99     pullPolicy: "IfNotPresent"
100 resources:
101   requests:
102     cpu: "1"
103     memory: 1Gi
104   limits:
105     cpu: "1"
106     memory: 1Gi
107 # Section to configure Web Console service.
108 service:
109   # -- When set to 'true' the HTTP port will be exposed in the Web Console Service
110   exposeHTTP: true
111   # -- The type used for the service of the UI:
112   type: ClusterIP
113   # -- (string) LoadBalancer will get created with the IP specified in
114   loadBalancerIP:           # gramic, load-balancer-IP
115   # -- (array) If specified and supported by the platform,
116   loadBalancerSourceRanges:
117   # -- (integer) The HTTPS port used to expose the Service on Kubernetes nodes
118   nodePort:
119   # -- (integer) The HTTP port used to expose the Service on Kubernetes nodes
120   nodePortHTTP:
121
122 # Section to configure Operator Installation Jobs
123 jobs:
124   # Section to configure Operator Installation Jobs image
125   image:
126     # -- Operator Installation Jobs image name
127     name: "stackgres/jobs"
128     # -- Operator Installation Jobs image tag
129     tag: "1.9.0"
130     # -- Operator Installation Jobs image pull policy
131     pullPolicy: "IfNotPresent"
132   # -- Operator Installation Jobs annotations
133   annotations: {}
134   # -- Operator Installation Jobs resources. See https://kubernetes.io/docs/reference/
135     generated/kubernetes-api/v1.27/#resourcerequirements-v1-core
136   resources: {}
137   # -- Operator Installation Jobs node selector
138   nodeSelector: {}

```

```

138 # -- Operator Installation Jobs tolerations. See https://kubernetes.io/docs/reference/
139   generated/kubernetes-api/v1.27/#toleration-v1-core
140 tolerations: []
141 # -- Operator Installation Jobs affinity. See https://kubernetes.io/docs/reference/
142   generated/kubernetes-api/v1.27/#affinity-v1-core
143 affinity: {}
144
145 # Section to configure deployment aspects.
146 deploy:
147   # -- When set to 'true' the Operator will be deployed.
148   operator: true
149   # -- When set to 'true' the Web Console / REST API will be deployed.
150   restapi: true
151
152 # Section to configure the Operator, REST API and Web Console certificates and JWT RSA
153   key-pair.
154 cert:
155   # -- If set to 'true' the CertificateSigningRequest used to generate the certificate
156     used by
157   #   Webhooks will be approved by the Operator Installation Job.
158   autoapprove: true
159   # -- When set to 'true' the Operator certificate will be created.
160   createForOperator: true
161   # -- When set to 'true' the Web Console / REST API certificate will be created.
162   createForWebApi: true
163   # -- (string) The Secret name with the Operator Webhooks certificate issued by the
164     Kubernetes cluster CA
165   #   of type kubernetes.io/tls. See https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/
166     secret/#tls-secrets
167   secretName:
168     # -- When set to 'true' the Operator certificates will be regenerated if 'createForOperator' is set to 'true', and the certificate is expired or invalid.
169   regenerateCert: true
170   # -- (integer) The duration in days of the generated certificate for the Operator after
171     which it will expire and be regenerated.
172   #   If not specified it will be set to 730 (2 years) by default.
173   certDuration: 730
174   # -- (string) The Secret name with the Web Console / REST API certificate
175   #   of type kubernetes.io/tls. See https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/
176     secret/#tls-secrets
177   webSecretName:
178     # -- When set to 'true' the Web Console / REST API certificates will be regenerated if 'createForWebApi' is set to 'true', and the certificate is expired or invalid.
179   regenerateWebCert: true
180   # -- When set to 'true' the Web Console / REST API RSA key pair will be regenerated if 'createForWebApi' is set to 'true', and the certificate is expired or invalid.
181   regenerateWebRsa: true
182   # -- (integer) The duration in days of the generated certificate for the Web Console /
183     REST API after which it will expire and be regenerated.
184   #   If not specified it will be set to 730 (2 years) by default.
185   webCertDuration:
186     # -- (integer) The duration in days of the generated RSA key pair for the Web Console /
187       REST API after which it will expire and be regenerated.
188   #   If not specified it will be set to 730 (2 years) by default.

```

```

179 webRsaDuration:
180 # -- (string) The private RSA key used to create the Operator Webhooks certificate
181     issued by the
182 #   Kubernetes cluster CA.
183
184 key:
185 # -- (string) The Operator Webhooks certificate issued by Kubernetes cluster CA.
186 crt:
187 # -- (string) The private RSA key used to generate JWTs used in REST API authentication
188
189 jwtRsaKey:
190 # -- (string) The public RSA key used to verify JWTs used in REST API authentication.
191 jwtRsaPub:
192 # -- (string) The private RSA key used to create the Web Console / REST API certificate
193 webKey:
194 # -- (string) The Web Console / REST API certificate
195 webCrt:
196 # Section to configure cert-manager integration to generate Operator certificates
197 certManager:
198     # -- When set to 'true' then Issuer and Certificate for Operator and Web Console /
199         REST API
200
201     #   Pods will be generated
202     autoConfigure: false
203
204     # -- The requested duration (i.e. lifetime) of the Certificates. See https://cert-
205         manager.io/docs/reference/api-docs/#cert-manager.io%2fv1
206     duration: "2160h"
207
208     # -- How long before the currently issued 'certificates expiry cert-manager should
209         renew the certificate. See https://cert-manager.io/docs/reference/api-docs/#cert-
210         manager.io%2fv1
211     renewBefore: "360h"
212
213     # -- The private key cryptography standards (PKCS) encoding for this 'certificates
214         private key to be encoded in. See https://cert-manager.io/docs/reference/api-docs/#
215             cert-manager.io/v1.CertificatePrivateKey
216     encoding: PKCS1
217
218     # -- Size is the key bit size of the corresponding private key for this certificate.
219     See https://cert-manager.io/docs/reference/api-docs/#cert-manager.io/v1.
220     CertificatePrivateKey
221     size: 2048
222
223 # Section to configure RBAC for Web Console admin user
224 rbac:
225
226     # -- When set to 'true' the admin user is assigned the 'cluster-admin' ClusterRole by
227         creating
228     #   ClusterRoleBinding.
229     create: true
230
231 # Section to configure Web Console authentication
232 authentication:
233
234     # -- Specify the authentication mechanism to use. By default is 'jwt', see https://
235         stackgres.io/doc/latest/api/rbac#local-secret-mechanism.
236
237     #   If set to 'oidc' then see https://stackgres.io/doc/latest/api/rbac/#openid-connect-
238         provider-mechanism.
239     type: jwt
240
241     # -- (boolean) When 'true' will create the secret used to store the 'admin' user
242         credentials to access the UI.

```

```

219  createAdminSecret: true
220  # -- The admin username that will be required to access the UI
221  user: admin
222  # -- (string) The admin password that will be required to access the UI
223  #password: "TES2&Daggerfall"
224  password:
225  # Section to configure Web Console OIDC authentication
226  oidc:
227    # tlsVerification -- (string) Can be one of 'required', 'certificate-validation' or 'none'
228 # Section to configure Prometheus integration.
229 prometheus:
230
231  allowAutobind: true
232 # Section to configure Grafana integration
233 grafana:
234  # -- When set to 'true' embed automatically Grafana into the Web Console by creating
235  #   the
236  # StackGres dashboards and the read-only role used to read it from the Web Console
237  autoEmbed: false
238  # -- The schema to access Grafana. By default http. (used to embed manually and
239  #   automatically grafana)
240  schema: http
241  # -- (string) The service host name to access grafana (used to embed manually and
242  #   automatically Grafana).
243  webHost:
244  # -- The datasource name used to create the StackGres Dashboards into Grafana
245  datasourceName: Prometheus
246  # -- The username to access Grafana. By default admin. (used to embed automatically
247  #   Grafana)
248  user: admin
249  # -- The password to access Grafana. By default prom-operator (the default in for
250  #   kube-prometheus-stack helm chart). (used to embed automatically Grafana)
251  password: prom-operator
252  # -- Use following fields to indicate a secret where the grafana admin credentials are
253  #   stored (replace user/password)
254
255  # -- (string) The namespace of secret with credentials to access Grafana. (used to
256  #   embed automatically Grafana, alternative to use 'user' and 'password')
257  secretNamespace:
258  # -- (string) The name of secret with credentials to access Grafana. (used to embed
259  #   automatically Grafana, alternative to use 'user' and 'password')
260  secretName:
261  # -- (string) The key of secret with username used to access Grafana. (used to embed
262  #   automatically Grafana, alternative to use 'user' and 'password')
263  secretUserKey:
264  # -- (string) The key of secret with password used to access Grafana. (used to
265  #   embed automatically Grafana, alternative to use 'user' and 'password')
266  secretPasswordKey:
267  # -- (string) The ConfigMap name with the dashboard JSONs
268  #   that will be created in Grafana. If not set the default
269  #   StackGres dashboards will be created. (used to embed automatically Grafana)
270  dashboardConfigMap:
271  # -- (array) The URLs of the PostgreSQL dashboards created in Grafana (used to embed

```

```

    manually
270 urls:
271 # Create and copy/paste grafana API token:
272 # - Grafana > Configuration > API Keys > Add API key (for viewer) > Copy key value
273 token:
274
275 # Section to configure extensions
276 extensions:
277   repositoryUrls:
278     - https://extensions.stackgres.io/postgres/repository?proxyUrl=http%3A%2F%2Fsproxy.svc
279       .first-it.ch%3A8080?skipHostnameVerification:true&setHttpScheme:true
280   cache:
281     # -- When set to 'true' enable the extensions cache.
282     enabled: false
283   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
284   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
285   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
286   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
287   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
288   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
289   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
290   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
291   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
292   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
293   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
294   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
295   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
296   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
297   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
298   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
299   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
300   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
301   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
302   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
303   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
304   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
305   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
306   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
307   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
308   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
309   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
310   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
311   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
312   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
313   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
314   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
315   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
316   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded estensions into the extensions
317   # Section to define patches for some StackGres Pods

```

```

318 patches:
319   # Section to define volumes to be used by the operator container
320   operator:
321     # -- Pod volumes. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volume-v1-core
322     volumes: []
323     # -- Pod's container volume mounts. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volumemount-v1-core
324     volumeMounts: []
325   # Section to define volumes to be used by the restapi container
326   restapi:
327     # -- Pod volumes. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volume-v1-core
328     volumes: []
329     # -- Pod's container volume mounts. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volumemount-v1-core
330     volumeMounts: []
331   # Section to define volumes to be used by the adminui container
332   adminui:
333     # -- Pod volumes. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volume-v1-core
334     volumes: []
335     # -- Pod's container volume mounts. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volumemount-v1-core
336     volumeMounts: []
337   # Section to define volumes to be used by the jobs container
338   jobs:
339     # -- Pod volumes. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volume-v1-core
340     volumes: []
341     # -- Pod's container volume mounts. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volumemount-v1-core
342     volumeMounts: []
343   # Section to define volumes to be used by the cluster controller container
344   clusterController:
345     # -- Pod volumes. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volume-v1-core
346     volumes: []
347     # -- Pod's container volume mounts. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volumemount-v1-core
348     volumeMounts: []
349   # Section to define volumes to be used by the distributedlogs controller container
350   distributedlogsController:
351     # -- Pod volumes. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volume-v1-core
352     volumes: []
353     # -- Pod's container volume mounts. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#volumemount-v1-core
354     volumeMounts: []

```

Listing 85: StackGres-Citus - Helm Chart Manifest

Die Installation erfolgt dann wie folgt:

```
1 helm install -n sg-platform stackgres-operator stackgres-charts/stackgres-operator -f /
```

```
home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/stackgres_citus/values.yaml
```

#### Listing 86: StackGres-Citus - Installation

Damit nun aber der Cluster sauber läuft und auf den Cluster zugegriffen werden kann, müssen folgende Steps ebenfalls nachträglich ausgeführt werden:

```
1 # Check if the operator was successfully deployed and is available:  
2 kubectl describe deployment -n sg-platform stackgres-operator  
3 kubectl wait -n sg-platform deployment/stackgres-operator --for condition=Available  
4 # Check if the restapi was successfully deployed and is available:  
5 kubectl describe deployment -n sg-platform stackgres-restapi  
6 kubectl wait -n sg-platform deployment/stackgres-restapi --for condition=Available  
7 # To access StackGres Operator UI from localhost, run the below commands:  
8 POD_NAME=$(kubectl get pods --namespace sg-platform -l "stackgres.io/restapi=true" -o  
      jsonpath=".items[0].metadata.name")  
9 kubectl port-forward "$POD_NAME" 8443:9443 --namespace sg-platform
```

#### Listing 87: StackGres-Citus - Post-Installation

Jetzt kann das GUI unter folgendem Link geöffnet werden: <https://localhost:8443>

##### ☞ Port Forwarding

Wenn das Port Forwarding so gemacht wird, muss die CLI offenbleiben.  
Sonst wird die Verbindung umgehend gekappt.  
Daher empfiehlt es sich, mehrere Terminals offen zu halten.

Der Username ist admin aber das Passwort ist generisch.

Der Username liesse sich mit folgendem Command auslesen:

```
1 kubectl get secret -n sg-platform stackgres-restapi-admin --template '{{ printf "username  
= %s\\n" (.data.k8sUsername | base64decode) }}'
```

#### Listing 88: StackGres-Citus - System Username

Dieses lässt sich mit folgendem Command auslesen:

```
1 kubectl get secret -n sg-platform stackgres-restapi-admin --template '{{ printf "password  
= %s\\n" (.data.clearPassword | base64decode) }}'
```

#### Listing 89: StackGres-Citus - System Passwort

Am Schluss sollte das Passwort aber noch gesäubert werden:

```
1 kubectl patch secret --namespace sg-platform stackgres-restapi-admin --type json -p '[{"  
op": "remove", "path": "/data/clearPassword"}]',
```

#### Listing 90: StackGres-Citus - System Passwort Cleanup

### VIII.V.III Deployment - Benchmarking

Zuerst wurde das Instanz-Profil für den Coordinator und die Shards deployt:

```
1 apiVersion: stackgres.io/v1  
2 kind: SGInstanceProfile  
3 metadata:  
4   namespace: sg-platform
```

```

5   name: sg-pgbench-coordinator
6 spec:
7   cpu: "4"
8   memory: "4Gi"

```

Listing 91: StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Coordinator

```

1 apiVersion: stackgres.io/v1
2 kind: SGInstanceProfile
3 metadata:
4   namespace: sg-platform
5   name: sg-pgbench-shard
6 spec:
7   cpu: "4"
8   memory: "8Gi"

```

Listing 92: StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Shard

Deployt wird ebenfalls via kubectl:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
    stackgres_citus/SGInstanceProfile_pgbench_coord.yaml
2 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
    stackgres_citus/SGInstanceProfile_pgbench_shard.yaml

```

Listing 93: StackGres-Citus - Benchmarking - Instanz-Profil Deploy

Auf ein Deployment einer SGPostgresConfig wurde bei den ersten drei Benchmarks verzichtet, da für Patroni in den ersten drei Benchmarks keine spezifischen Anpassungen erfuhr.

Das Manifest für den Benchmark-Cluster sieht entsprechend den Vorgaben wie folgt aus:

```

1 apiVersion: stackgres.io/v1alpha1
2 kind: SGShardedCluster
3 metadata:
4   name: sg-pgbench
5   namespace: sg-platform
6 spec:
7   type: citus
8   database: pgbench_eval_bench
9   postgres:
10     version: '16'
11   coordinator:
12     instances: 1
13   pods:
14     persistentVolume:
15       #           size: '75Gi'
16       #           size: '230Gi'
17       storageClass: "stackgres-storage"
18       disableConnectionPooling: true
19       sgInstanceProfile: "sg-pgbench-coordinator"
20   shards:
21     clusters: 3
22     instancesPerCluster: 1
23     pods:
24       persistentVolume:
25         size: '75Gi'

```

```

26     storageClass: "stackgres-storage"
27     sgInstanceProfile: "sg-pgbench-shard"
28   postgresServices:
29     coordinator:
30       primary:
31         type: LoadBalancer
32       any:
33         type: LoadBalancer
34     shards:
35       primaries:
36         type: LoadBalancer
37   metadata:
38     annotations:
39       primaryService:
40         metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.106
41     replicasService:
42       metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.153
43       externalTrafficPolicy: "Cluster"
44   profile: "testing"

```

Listing 94: StackGres-Citus - Benchmarking - SGShardedCluster

Der Deploy:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
    stackgres_citus/SGShardedCluster_pgbench.yaml

```

Listing 95: StackGres-Citus - Benchmark - Cluster Deploy

Damit nun aber eine Verbindung auf die DB (IP 10.0.20.106) gemacht werden kann, muss das Passwort ausgelesen werden:

```

1 kubectl get secrets -n sg-platform sg-pgbench -o jsonpath='{.data.superuser-password}' |
    base64 -d

```

Listing 96: StackGres-Citus - Benchmark DB Passwort

## VIII.V.IV Deployment - Self Healing Tests

Auch hier wurde zuerst das Instanz-Profil für den Coordinator und die Shards deployt:

```

1 #Not needed actualy
2 apiVersion: stackgres.io/v1
3 kind: SGInstanceProfile
4 metadata:
5   namespace: sg-platform
6   name: sg-self-healing-coordinator
7 spec:
8   cpu: "1"
9   memory: "2Gi"

```

Listing 97: StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGInstanceProfile Coordinator

```

1 #Not needed actualy
2 apiVersion: stackgres.io/v1
3 kind: SGInstanceProfile

```

```

4 metadata:
5   namespace: sg-platform
6   name: sg-self-healing-shard
7 spec:
8   cpu: "1"
9   memory: "2Gi"

```

Listing 98: StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGInstanceProfile Shard

Deployt wird ebenfalls via kubectl:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
   stackgres_citus/SGInstanceProfile_self_healing_coord.yaml
2 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
   stackgres_citus/SGInstanceProfile_self_healing_shard.yaml

```

Listing 99: StackGres-Citus - Self Healing Testing - Instanz-Profil Deploy

Auch beim Self Healing Testing wurde auf ein Deployment einer SGPostgresConfig verzichtet.

Dafür wurden drei Coordinator-Instanzen und drei Shard-Instanzen pro Cluster deklariert.

Das Manifest für den Benchmark-Cluster sieht entsprechend den Vorgaben wie folgt aus:

```

1 apiVersion: stackgres.io/v1alpha1
2 kind: SGShardedCluster
3 metadata:
4   name: sg-healing-test
5   namespace: sg-platform
6 spec:
7   type: citus
8   database: self_healing_test
9   postgres:
10    version: '16'
11   coordinator:
12    syncInstances: 3
13    replication: "strict-sync"
14   pods:
15     persistentVolume:
16       size: '2Gi'
17       storageClass: "stackgres-storage"
18     sgInstanceProfile: "sg-self-healing-coordinator"
19   shards:
20     clusters: 3
21     instancesPerCluster: 3
22     pods:
23       persistentVolume:
24         size: '5Gi'
25         storageClass: "stackgres-storage"
26     sgInstanceProfile: "sg-self-healing-shard"
27   postgresServices:
28     coordinator:
29       primary:
30         type: LoadBalancer
31       any:
32         type: LoadBalancer
33     shards:
34       primaries:

```

```

35     type: LoadBalancer
36   metadata:
37     annotations:
38       primaryService:
39         metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.152
40       replicasService:
41         metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.151
42       externalTrafficPolicy: "Cluster"
43   profile: "testing"

```

Listing 100: StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGShardedCluster

Der Deploy:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
    stackgres_citus/SGShardedCluster_self_healing_test.yaml

```

Listing 101: StackGres-Citus - Self Healing Testing - Cluster Deploy

Das Passwort für den Cluster (IP 10.0.20.152) muss ebenfalls ausgelesen werden:

```

1 kubectl get secrets -n sg-platform sg-healing-test -o jsonpath='{.data.superuser-password
}' | base64 -d

```

Listing 102: StackGres-Citus - Self Healing Testing DB Passwort

## VIII.V        Rekonfiguration mit 250GiB Storage

### VIII.V.I      Bereinigen

Zuerst wurde auch hier der komplette Namespace bereinigt, wobei es zwingend ist, vorher im GUI die Cluster zu löschen und mittels CLI den Operator zu deinstallieren.

Andernfalls wird nicht alles sauber entfernt, was zu schwer nachvollziehbaren Sideeffects führt:

```

1 helm delete stackgres-operator --namespace sg-platform
2 kubectl delete namespace sg-platform
3 kubectl delete pv stackgres-storage-pv
4 kubectl delete storageclass stackgres-storage
5 kubectl delete pvc --namespace sg-platform
6 kubectl delete pvc --namespace sg-platform

```

Listing 103: StackGres-Citus - Deinstallieren

### VIII.V.II     StorageClass setzen

```

1 # https://docs.yugabyte.com/preview/yugabyte-platform/install-yugabyte-platform/prepare-
  environment/kubernetes/#configure-storage-class
2 # https://github.com/rancher/local-path-provisioner
3 apiVersion: storage.k8s.io/v1
4 kind: StorageClass
5 metadata:
6   name: stackgres-storage-big
7 provisioner: rancher.io/local-path
8 parameters:
9   nodePath: /srv/data/local-path-provisioner

```

```

10 volumeBindingMode: WaitForFirstConsumer
11 reclaimPolicy: Delete
12---
13 apiVersion: v1
14 kind: PersistentVolume
15 metadata:
16   name: stackgres-storage-pv
17   labels:
18     type: local
19 spec:
20   accessModes:
21     - ReadWriteOnce
22   capacity:
23     storage: 340Gi
24   storageClassName: "stackgres-storage"
25   hostPath:
26     path: /srv/data/local-path-provisioner

```

Listing 104: StackGres-Citus - StorageClass setzen

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
  stackgres_citus/storageclass_big.yaml

```

Listing 105: StackGres-Citus - StorageClass / PersistentVolume Grosse Volumes aktivieren

## VIII.V.V.III Installation

```

1 kubectl create namespace sg-platform

```

Listing 106: StackGres-Citus - Namespace 250GiB

Natürlich muss auch wieder das helm-Manifest deploy werden:

```

1 helm install -n sg-platform stackgres-operator stackgres-charts/stackgres-operator -f /
  home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/stackgres_citus/values.yaml

```

Listing 107: StackGres-Citus - Installation 250GiB

## VIII.V.V.IV Deployment - Benchmarking mit 250GiB

Die Ressourcen für die Shards mussten erhöht werden:

```

1 apiVersion: stackgres.io/v1
2 kind: SGInstanceProfile
3 metadata:
4   namespace: sg-platform
5   name: sg-pgbench-coordinator
6 spec:
7   cpu: "4"
8   memory: "4Gi"

```

Listing 108: StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Coordinator 250GiB

```

1 apiVersion: stackgres.io/v1
2 kind: SGInstanceProfile
3 metadata:
4   namespace: sg-platform
5   name: sg-pgbench-shard
6 spec:
7   cpu: "4"
8   memory: "12Gi"

```

Listing 109: StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Shard 250GiB

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
    stackgres_citus/SGInstanceProfile_pgbench_coord.yaml
2 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
    stackgres_citus/SGInstanceProfile_pgbench_shard.yaml

```

Listing 110: StackGres-Citus - Benchmarking - Instanz-Profil Deploy 250GiB

Nun wurde ein SGPostgresConfig erstellt.

Die Settings entsprechen der Patroni-Konfiguration.

Bei StackGres gibt es allerdings einige Parameter, die für die Konfiguration gesperrt sind.

In diesem Fall waren es folgende:

- wal\_log\_hints
- wal\_level
- archive\_mode

Das Manifest sieht folgendermassen aus:

```

1 #Not needed actually
2 apiVersion: stackgres.io/v1
3 kind: SGPostgresConfig
4 metadata:
5   namespace: sg-platform
6   name: sg-evaluation-250gib
7 spec:
8   postgresVersion: '16'
9   postgresql.conf:
10     random_page_cost: '1.5'
11     password_encryption: 'scram-sha-256'
12     log_checkpoints: 'on'
13     max_connections: '1100'
14     superuser_reserved_connections: '10'
15     max_worker_processes: '16'
16 #     wal_log_hints: 'on'
17     max_wal_senders: '32'
18     max_replication_slots: '32'
19     wal_keep_size: '1GB'
20 #     wal_level: 'logical'
21     wal_buffers: '16MB'
22     wal_writer_delay: '20ms'
23     wal_writer_flush_after: '1MB'
24     min_wal_size: '1GB'

```

```

25     max_wal_size: '5GB',
26     commit_delay: '20',
27     commit_siblings: '10',
28     checkpoint_timeout: '5min',
29     checkpoint_completion_target: '0.95',
30 #     archive_mode: 'off'
31     max_standby_archive_delay: '10min',
32     max_standby_streaming_delay: '3min',
33     wal_receiver_status_interval: '1s',
34     hot_standby_feedback: 'on',
35     wal_receiver_timeout: '60s',
36     max_logical_replication_workers: '8',
37     max_sync_workers_per_subscription: '8',
38     shared_buffers: '4GB',
39     maintenance_work_mem: '1GB',
40     work_mem: '12GB',
41     temp_file_limit: '200GB',
42     vacuum_cost_delay: '2ms',
43     vacuum_cost_limit: '10000',
44     bgwriter_delay: '10ms',
45     bgwriter_lru_maxpages: '800',
46     bgwriter_lru_multiplier: '5.0',

```

Listing 111: StackGres-Citus - Benchmarking - SGPostgresConfig

Der Deploy:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
    stackgres_citus/SGPostgresConfig.yaml

```

Listing 112: StackGres-Citus - Benchmark - Deploy SGPostgresConfig

Das Manifest für den Benchmark-Cluster wurde die Shard-Cluster Anzahl auf 2 reduziert und die PVC entsprechend dimensioniert.

Zudem wurde das SGPostgresConfig-Profil sgPostgresConfig eingebunden:

```

1 apiVersion: stackgres.io/v1alpha1
2 kind: SGShardedCluster
3 metadata:
4   name: sg-pgbench
5   namespace: sg-platform
6 spec:
7   type: citus
8   database: pgbench_eval_bench
9   postgres:
10     version: '16'
11   coordinator:
12     instances: 1
13   pods:
14     persistentVolume:
15       size: '230Gi'
16       storageClass: "stackgres-storage"
17       disableConnectionPooling: true      # gramic, 19.04.2024: create_distributed_table auf
18       pgbench_accounts älsst sich nicht üausföhren wegen pgbounceer problemen
19       sgInstanceProfile: "sg-pgbench-coordinator"
20       configurations:

```

```

20     sgPostgresConfig: "sg-evaluation-250gib"
21 shards:
22   clusters: 2 # gramic, 19.04.2024: 250GiB Tabelle
23   instancesPerCluster: 1
24 pods:
25   persistentVolume:
26     size: '230Gi'
27     storageClass: "stackgres-storage"
28 sgInstanceProfile: "sg-pgbench-shard"
29 configurations:
30   sgPostgresConfig: "sg-evaluation-250gib"
31 postgresServices:
32   coordinator:
33     primary:
34       type: LoadBalancer
35     any:
36       type: LoadBalancer
37 shards:
38   primaries:
39     type: LoadBalancer
40 metadata:
41   annotations:
42     primaryService:
43       metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.106
44     replicasService:
45       metallb.universe.tf/loadBalancerIPs: 10.0.20.153
46       externalTrafficPolicy: "Cluster"
47 profile: "testing"

```

Listing 113: StackGres-Citus - Benchmarking - SGShardedCluster 250GiB

Der Deploy:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/
    stackgres_citus/SGShardedCluster_pgbench.yaml

```

Listing 114: StackGres-Citus - Benchmark - Cluster Deploy 250GiB

## VIII.V.VI SQL Statements - Benchmarking

Für das Benchmarking wird die Tabelle pgbench\_eval\_bench bereits beim Deployment erstellt.  
Allerdings ohne Tablespaces.

Daher sind keine weiteren Schritte an dieser Stelle notwendig, die Tabellen werden von pgbench beim Initialisieren erstellt.

## VIII.V.VII SQL Statements - Testing

Auch hier wird die Tabelle bereits beim Deployment des Clusters erstellt.  
Es müssen aber natürlich noch gemäss ERD die Tabellen erstellt werden: Evaluation - ERD self\_healing\_test Auch hier wird auf Tablespaces verzichtet.  
Erst werden die Rollen erstellt, gefolgt von den Usern und Schemas.

Die Schemas müssen entsprechend mittels GRANT berechtigt werden. Die Tabellen müssen entsprechend den Schemas erstellt werden, es werden Reference Table Shards erzeugt.

Das gesamte CREATE-Skript:

```
1 -- Rollen erstellen
2 drop role if exists hrm;
3 create role hrm;
4 drop role if exists accountands;
5 create role accountands;
6 drop role if exists customer_service_officers;
7 create role customer_service_officers;
8 drop role if exists legal_affairs;
9 create role legal_affairs;
10
11 -- User erstellen
12 drop user if exists hrm_1;
13 drop user if exists hrm_2;
14 create user hrm_1 with password 'hrm1' role hrm;
15 create user hrm_2 with password 'hrm2' role hrm;
16
17 drop user if exists cso_1;
18 drop user if exists cso_2;
19 create user cso_1 with password 'cso1' role customer_service_officers;
20 create user cso_2 with password 'cso2' role customer_service_officers;
21
22 drop user if exists la_1;
23 drop user if exists la_2;
24 create user la_1 with password 'la1' role legal_affairs;
25 create user la_2 with password 'la2' role legal_affairs;
26
27 -- Schemas erstellen
28 drop schema if exists hrm;
29 create schema hrm authorization hrm;
30 drop schema if exists accountands;
31 create schema accountands authorization accountands;
32 drop schema if exists customer_service_officers;
33 create schema customer_service_officers authorization customer_service_officers;
34 drop schema if exists generell;
35 create schema generell;
36
37 -- GRANTS erstellen
38 grant all on all tables in schema hrm to legal_affairs;
39 grant all on all tables in schema accountands to legal_affairs;
40 grant all on all tables in schema customer_service_officers to legal_affairs;
41 grant all on all tables in schema generell to legal_affairs;
42 grant all on all tables in schema hrm to postgres;
43 grant all on all tables in schema accountands to postgres;
44 grant all on all tables in schema customer_service_officers to postgres;
45 grant all on all tables in schema generell to postgres;
46
47 -- self_healing_accounts für Schema customer_service_officers
48 drop table if exists customer_service_officers.self_healing_accounts;
49 create table customer_service_officers.self_healing_accounts (
    account_id int primary key,
```

```

51     firstname varchar(255) not null,
52     lastname varchar(255) not null,      birthday date not null,
53     postal_code varchar(50),
54     street varchar(255),
55     country_code varchar(2),
56     phone varchar(25),
57     mail varchar(255) check (mail like '%@%')
58 );
59 create unique index accounts_personal_mark on customer_serviceOfficers.
60   self_healing_accounts(firstname, lastname, birthday);
61 SELECT create_reference_table('customer_serviceOfficers.self_healing_accounts');
62
63 -- self_healing_employees für Schema hrm
64 drop table if exists hrm.self_healing_employees;
65 create table hrm.self_healing_employees (
66     employees_id int primary key,
67     firstname varchar(255) not null,
68     lastname varchar(255) not null,
69     birthday date not null,
70     postal_code varchar(50),
71     street varchar(255),
72     country_code varchar(2),
73     phone varchar(25),
74     mail varchar(255) check (mail like '%@%')
75 );
76 create unique index employees_personal_mark on hrm.self_healing_employees(firstname,
77   lastname, birthday);
78 SELECT create_reference_table('hrm.self_healing_employees');
79
80 -- self_healing_accountand_protocol für Schema accountands
81 drop table if exists accountands.self_healing_accountand_protocol;
82 create table accountands.self_healing_accountand_protocol (
83     acc_protocol_id int primary key,
84     description varchar(100) not null,
85     protocol_date date not null,
86     employees_id int not null,
87     rapport TEXT,
88     foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on
89       update restrict on delete restrict
90 );
91 SELECT create_reference_table('accountands.self_healing_accountand_protocol');
92
93 -- self_healing_intranet für public Schema
94 drop table if exists generell.self_healing_intranet;
95 create table generell.self_healing_intranet (
96     intranet_id int primary key,
97     content text
98 );
99 SELECT create_reference_table('generell.self_healing_intranet');
100
101 -- self_healing_intranet für public Schema
102 drop table if exists generell.self_healing_intranet_users;
103 create table generell.self_healing_intranet_users (
104     intranet_user_id int primary key,

```

```

102     employees_id int not null,
103         foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on
104         update restrict on delete restrict);
104 create unique index intranet_unique_combi on generell.self_healing_intranet_users(
105     intranet_user_id, employees_id);
105 SELECT create_reference_table('generell.self_healing_intranet_users');

```

Listing 115: StackGres-Citus - Self Healing Tests - CREATE-SQL

Es sollen aber auch gleich Daten initial geschrieben werden:

```

1 insert into customer_service_officers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
      lastname, birthday) VALUES (100, 'a', 'b', '01.01.2000');
2 insert into customer_service_officers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
      lastname, birthday) VALUES (200, 'c', 'd', '01.01.2000');
3 insert into customer_service_officers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
      lastname, birthday) VALUES (300, 'f', 'g', '01.01.2000');
4
5 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (100, 'a', 'b', '01.01.2000');
6 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (200, 'c', 'd', '01.01.2000');
7 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (300, 'f', 'g', '01.01.2000');
8
9 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (100, 'bla', '07.04.2024', 100, 'blabla',
      );
10 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (200, 'yada', '07.04.2024', 100,
      'ydayadyada');
11 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (300, 'something', '07.04.2024', 300,
      'something');
12
13 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (100, 'yadada');
14 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (500, 'bla bla');
15 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (1000, 'talking
      and talking');
16
17 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (100, 100);
18 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (200, 200);
19 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (300, 300);
20
21 select * from customer_service_officers.self_healing_accounts;
22 select * from hrm.self_healing_employees;
23 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
24 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 116: StackGres-Citus - Self Healing Tests - Init Data

Während dem Failover-Test müssen Daten beschrieben werden:

```

1 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
      lastname, birthday) VALUES (400, 'i', 'j', '01.01.2005');
2 insert into customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname,
      lastname, birthday) VALUES (500, 'k', 'l', '01.01.2003');insert into
      customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (account_id, firstname, lastname,
      birthday) VALUES (600, 'm', 'n', '01.01.2001');
3
4 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (400, 'i', 'j', '01.01.2005');
5 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (500, 'k', 'l', '01.01.2003');
6 insert into hrm.self_healing_employees (employees_id, firstname, lastname, birthday)
      VALUES (600, 'm', 'n', '01.01.2001');
7
8 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (400, 'bla', '07.04.2024', 200, 'blabla'
      );
9 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (500, 'yada', '07.04.2024', 600, ,
      ydayadyada');
10 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description,
      protocol_date, employees_id, rapport) values (1000, 'something', '07.04.2024', 300, ,
      something');
11
12 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (200, 'yadada');
13 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (600, 'bla bla');
14 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (900, 'talking
      and talking');
15
16 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (400, 400);
17 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (500, 500);
18 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (600, 600);
19
20 select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
21 select * from hrm.self_healing_employees;
22 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
23 select * from generell.self_healing_intranet;
24 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 117: StackGres-Citus - Self Healing Tests - Failover Data

Nach dem Recovery müssen die Daten entsprechend vorhanden sein und es müssen weitere Daten beschrieben werden können:

```

1 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (1000, 400);
2 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (2000, 500);
3 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values
      (3000, 600);
4
5 select count(*) from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;

```

```
6 select count(*) from hrm.self_healing_employees;
7 select count(*) from accountands.self_healing_accountand_protocol;select count(*) from
    generell.self_healing_intranet;
8 select count(*) from generell.self_healing_intranet_users;
```

Listing 118: StackGres-Citus - Self Healing Tests - Recovery Data

## IX Evaluationssysteme - Benchmarking

### IX.I YugabyteDB

Pro Lauf werden erst die Daten initialisiert werden.

Wichtig ist dabei, dass die beiden Tablespaces eval\_index\_tablespace und eval\_data\_tablespace mitgegeben werden.

Anschliessend werden die Benchmarks an sich ausgeführt.

Die Resultate werden weggeschrieben.

```
1 ######
2 # 1. Lauf      #
3 # ca. 5GiB    #
4 #####
5 # Init
6 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -i -s 400 --foreign-keys -F 100 -I dtgvpf --index-
  tablespace=eval_index_tablespace --tablespace=eval_data_tablespace -U yadmin
  pgbench_eval_bench
7
8 # Benchmarking mixed
9 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U yadmin pgbench_eval_bench >
  /home/gramic/1_1_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
10 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U yadmin pgbench_eval_bench >
  /home/gramic/1_2_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
11 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U yadmin pgbench_eval_bench >
  /home/gramic/1_3_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
12 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U yadmin pgbench_eval_bench >
  /home/gramic/1_4_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
13
14 # Benchmarking dql
15 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U yadmin
  pgbench_eval_bench > /home/gramic/1_1_yugabytedb_dql_benchmark.txt
16 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U yadmin
  pgbench_eval_bench > /home/gramic/1_2_yugabytedb_dql_benchmark.txt
17 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U yadmin
  pgbench_eval_bench > /home/gramic/1_3_yugabytedb_dql_benchmark.txt
18 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U yadmin
  pgbench_eval_bench > /home/gramic/1_3_yugabytedb_dql_benchmark.txt
19
20 #####
21 # 2. Lauf      #
22 # ca. 15GiB   #
23 #####
24 # Init
25 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -i -s 1200 --foreign-keys -F 100 -I dtgvpf --index-
  tablespace=eval_index_tablespace --tablespace=eval_data_tablespace -U yadmin
  pgbench_eval_bench
26
27 # Benchmarking mixed
28 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U yadmin pgbench_eval_bench >
  /home/gramic/2_1_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
29 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U yadmin pgbench_eval_bench >
  /home/gramic/2_2_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
30 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U yadmin pgbench_eval_bench >
```

```

    /home/gramic/2_3_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
31 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U yadmin pgbench_eval_bench >
    /home/gramic/2_4_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
32 # Benchmarking dql
33 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/2_1_yugabytedb_dql_benchmark.txt
34 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/2_2_yugabytedb_dql_benchmark.txt
35 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/2_3_yugabytedb_dql_benchmark.txt
36 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/2_4_yugabytedb_dql_benchmark.txt
37
38 #####
39 # 3. Lauf #
40 # ca. 50GiB #
41 #####
42 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -i -s 3999 --foreign-keys -F 100 -I dtgvpf --index-
    tablespace=eval_index_tablespace --tablespace=eval_data_tablespace -U yadmin
    pgbench_eval_bench
43
44 # Benchmarking mixed
45 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 100 -C -j 4 -v -t 50 -U yadmin pgbench_eval_bench
    > /home/gramic/3_1_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
46 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 100 -C -j 4 -v -t 50 -U yadmin pgbench_eval_bench
    > /home/gramic/3_2_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
47 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 100 -C -j 4 -v -t 50 -U yadmin pgbench_eval_bench
    > /home/gramic/3_3_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
48 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 100 -C -j 4 -v -t 50 -U yadmin pgbench_eval_bench
    > /home/gramic/3_4_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
49
50 # Benchmarking dql
51 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 100 -C -j 4 -v -t 50 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/3_1_yugabytedb_dql_benchmark.txt
52 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 100 -C -j 4 -v -t 50 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/3_2_yugabytedb_dql_benchmark.txt
53 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 100 -C -j 4 -v -t 50 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/3_3_yugabytedb_dql_benchmark.txt
54 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 100 -C -j 4 -v -t 50 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/3_4_yugabytedb_dql_benchmark.txt
55
56
57 #####
58 # 4. Lauf #
59 # ca. 250GiB #
60 #####
61 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -i -s 16784 --foreign-keys -F 100 -I dtgvpf --index-
    tablespace=eval_index_tablespace --tablespace=eval_data_tablespace -U yadmin
    pgbench_eval_bench
62
63 # Benchmarking mixed
64 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U yadmin pgbench_eval_bench
    > /home/gramic/4_1_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
65 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U yadmin pgbench_eval_bench

```

```

> /home/gramic/4_2_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
66 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U yadmin pgbench_eval_bench
    > /home/gramic/4_3_yugabytedb_mixed_benchmark.txt./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p
        5433 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U yadmin pgbench_eval_bench > /home/gramic/4
            _4_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
67
68 # Benchmarking dql
69 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/4_1_yugabytedb_dql_benchmark.txt
70 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/4_2_yugabytedb_dql_benchmark.txt
71 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/4_3_yugabytedb_dql_benchmark.txt
72 ./ysql_bench -h 10.0.20.106 -p 5433 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U yadmin
    pgbench_eval_bench > /home/gramic/4_4_yugabytedb_dql_benchmark.txt

```

Listing 119: YugabyteDB - Benchmarking-Commands

Die Grösse der Tabellen lässt sich wie folgt auslesen:

```

1 select
2   table_name ,
3   pg_size.pretty(pg_total_relation_size(quote_ident(table_name))),
4   pg_total_relation_size(quote_ident(table_name))
5 from information_schema.tables
6 where table_schema = 'public'
7 order by 3 desc;

```

Listing 120: YugabyteDB - Benchmarking - Table Size SQL

## IX.II Patroni

Pro Lauf werden erst die Daten initialisiert werden.

Wichtig ist dabei, dass die beiden Tablespaces eval\_index\_tablespace und eval\_data\_tablespace mitgegeben werden.

Anschliessend werden die Benchmarks an sich ausgeführt.

Die Resultate werden weggeschrieben.

```

1 #####
2 # 1. Lauf      #
3 # ca. 5GiB     #
4 #####
5 # Init
6 pgbench --host=10.0.28.16 --port=5432 --initialize --scale=400 --foreign-keys --
    fillfactor=100 --username=dtgvpf --index-tablespace=eval_index_tablespace --tablespace
    =eval_data_tablespace --username=postgres pgbench_eval_bench
7
8 # Benchmarking mixed
9 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/1_1_patroni_mixed_benchmark.txt
10 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/1_2_patroni_mixed_benchmark.txt
11 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/1_3_patroni_mixed_benchmark.txt

```

```

12 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/1_4_patroni_mixed_benchmark.txt
13 # Benchmarking dql pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/1_1_patroni_dql_benchmark.txt
14 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/1_2_patroni_dql_benchmark.txt
15 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/1_3_patroni_dql_benchmark.txt
16 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/1_4_patroni_dql_benchmark.txt
17 #####
18 #####2. Lauf#####
19 # 2. Lauf #
20 # ca. 15GiB #
21 #####
22 # Init
23 pgbench --host=10.0.28.16 --port=5432 --initialize --scale=1200 --foreign-keys --
    fillfactor=100 --username=dtgvpf --index-tablespace=eval_index_tablespace --tablespace
    =eval_data_tablespace --username=postgres pgbench_eval_bench
24
25 # Benchmarking mixed
26 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/2_1_patroni_mixed_benchmark.txt
27 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/2_2_patroni_mixed_benchmark.txt
28 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/2_3_patroni_mixed_benchmark.txt
29 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/2_4_patroni_mixed_benchmark.txt
30 # Benchmarking dql
31 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/2_1_patroni_dql_benchmark.txt
32 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/2_2_patroni_dql_benchmark.txt
33 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/2_3_patroni_dql_benchmark.txt
34 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/2_4_patroni_dql_benchmark.txt
35 #####
36 #####3. Lauf#####
37 # 3. Lauf #
38 # ca. 50GiB #
39 #####
40 pgbench --host=10.0.28.16 --port=5432 --initialize --scale=3999 --foreign-keys --
    fillfactor=100 --username=dtgvpf --index-tablespace=eval_index_tablespace --tablespace
    =eval_data_tablespace --username=postgres pgbench_eval_bench
41
42 # Benchmarking mixed
43 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/3_1_patroni_mixed_benchmark.txt
44 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/3_2_patroni_mixed_benchmark.txt
45 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -U postgres pgbench_eval_bench > /home/itgramic/3_3_patroni_mixed_benchmark.txt

```

```

46 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/3_4_patroni_mixed_benchmark.txt
47 # Benchmarking dql pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -S -U postgres
    pgbench_eval_bench > /home/itgramic/3_1_patroni_dql_benchmark.txt
48 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
    /home/itgramic/3_2_patroni_dql_benchmark.txt
49 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
    /home/itgramic/3_3_patroni_dql_benchmark.txt
50 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
    /home/itgramic/3_4_patroni_dql_benchmark.txt
51
52
53 ######
54 # 4. Lauf #
55 # ca. 250GiB #
56 #####
57 pgbench --host=10.0.28.16 --port=5432 --initialize --scale=16784 --foreign-keys --
    fillfactor=100 --username=dtgvpf --index-tablespace=eval_index_tablespace --tablespace
    =eval_data_tablespace --username=postgres pgbench_eval_bench
58
59 # Benchmarking mixed
60 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/4_1_patroni_mixed_benchmark.txt
61 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/4_2_patroni_mixed_benchmark.txt
62 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/4_3_patroni_mixed_benchmark.txt
63 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/4_4_patroni_mixed_benchmark.txt
64 # Benchmarking dql
65 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
    /home/itgramic/4_1_patroni_dql_benchmark.txt
66 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
    /home/itgramic/4_2_patroni_dql_benchmark.txt
67 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
    /home/itgramic/4_3_patroni_dql_benchmark.txt
68 pgbench -h 10.0.28.16 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
    /home/itgramic/4_4_patroni_dql_benchmark.txt

```

Listing 121: Patroni - Benchmarking-Commands

Die Grösse der Tabellen lässt sich wie folgt auslesen:

```
1 SELECT pg_size.pretty( pg_database_size('pgbench_eval_bench') );
```

Listing 122: Patroni - Benchmarking - Table Size SQL

### IX.III StackGres - Citus

Pro Lauf werden erst die Daten initialisiert werden.

Wichtig ist dabei, dass keine Tablespace mitgegeben werden, da diese nicht existieren.

Anschliessend werden die Benchmarks an sich ausgeführt.

Die Resultate werden weggeschrieben.

```

1 ##########
2 #   1. Lauf      ##  ca. 5GiB      #
3 #########
4 # Init
5 pgbench --host=10.0.20.106 --port=5432 --initialize --scale=400 --foreign-keys --
   fillfactor=100 --username=dtgvpf --username=postgres pgbench_eval_bench
6
7 # Benchmarking mixed
8 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U postgres pgbench_eval_bench > /
  home/itgramic/1_1_stackgresmixed_benchmark.txt
9 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U postgres pgbench_eval_bench > /
  home/itgramic/1_2_stackgresmixed_benchmark.txt
10 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U postgres pgbench_eval_bench > /
  home/itgramic/1_3_stackgresmixed_benchmark.txt
11 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -U postgres pgbench_eval_bench > /
  home/itgramic/1_4_stackgresmixed_benchmark.txt
12
13 # Benchmarking dql
14 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
  /home/itgramic/1_1_stackgresdql_benchmark.txt
15 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
  /home/itgramic/1_2_stackgresdql_benchmark.txt
16 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
  /home/itgramic/1_3_stackgresdql_benchmark.txt
17 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 10 -C -j 4 -v -t 10 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
  /home/itgramic/1_4_stackgresdql_benchmark.txt
18
19 #########
20 #   2. Lauf      #
21 #  ca. 15GiB     #
22 #########
23 # Init
24 pgbench --host=10.0.20.106 --port=5432 --initialize --scale=1200 --foreign-keys --
   fillfactor=100 --username=dtgvpf --username=postgres pgbench_eval_bench
25
26 # Benchmarking mixed
27 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U postgres pgbench_eval_bench > /
  home/itgramic/2_1_stackgres_mixed_benchmark.txt
28 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U postgres pgbench_eval_bench > /
  home/itgramic/2_2_stackgres_mixed_benchmark.txt
29 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U postgres pgbench_eval_bench > /
  home/itgramic/2_3_stackgres_mixed_benchmark.txt
30 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -U postgres pgbench_eval_bench > /
  home/itgramic/2_4_stackgres_mixed_benchmark.txt
31 # Benchmarking dql
32 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
  /home/itgramic/2_1_stackgres_dql_benchmark.txt
33 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
  /home/itgramic/2_2_stackgres_dql_benchmark.txt
34 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
  /home/itgramic/2_3_stackgres_dql_benchmark.txt
35 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 50 -S -U postgres pgbench_eval_bench >
  /home/itgramic/2_4_stackgres_dql_benchmark.txt
36

```

```

37 #####
38 #   3. Lauf      ##  ca. 50GiB      #
39 #####
40 pgbench --host=10.0.20.106 --port=5432 --initialize --scale=3999 --foreign-keys --
    fillfactor=100 --username=dtgvpf --username=postgres pgbench_eval_bench
41
42 # Benchmarking mixed
43 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/3_1_stackgres_mixed_benchmark.txt
44 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/3_2_stackgres_mixed_benchmark.txt
45 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/3_3_stackgres_mixed_benchmark.txt
46 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/3_4_stackgres_mixed_benchmark.txt
47 # Benchmarking dql
48 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -S -U postgres pgbench_eval_bench
    > /home/itgramic/3_1_stackgres_dql_benchmark.txt
49 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -S -U postgres pgbench_eval_bench
    > /home/itgramic/3_2_stackgres_dql_benchmark.txt
50 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -S -U postgres pgbench_eval_bench
    > /home/itgramic/3_3_stackgres_dql_benchmark.txt
51 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 50 -C -j 4 -v -t 100 -S -U postgres pgbench_eval_bench
    > /home/itgramic/3_4_stackgres_dql_benchmark.txt
52
53
54 #####
55 #   4. Lauf      #
56 #  ca. 250GiB   #
57 #####
58 pgbench --host=10.0.20.106 --port=5432 --initialize --scale=16784 --foreign-keys --
    fillfactor=100 --username=dtgvpf --username=postgres pgbench_eval_bench
59
60 # Benchmarking mixed
61 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/4_1_stackgresmixed_benchmark.txt
62 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/4_2_stackgresmixed_benchmark.txt
63 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/4_3_stackgresmixed_benchmark.txt
64 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -U postgres pgbench_eval_bench > /
    home/itgramic/4_4_stackgresmixed_benchmark.txt
65 # Benchmarking dql
66 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U postgres pgbench_eval_bench
    > /home/itgramic/4_1_stackgresdql_benchmark.txt
67 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U postgres pgbench_eval_bench
    > /home/itgramic/4_2_stackgresdql_benchmark.txt
68 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U postgres pgbench_eval_bench
    > /home/itgramic/4_3_stackgresdql_benchmark.txt
69 pgbench -h 10.0.20.106 -p 5432 -c 25 -C -j 4 -v -t 280 -S -U postgres pgbench_eval_bench
    > /home/itgramic/4_4_stackgresdql_benchmark.txt

```

Listing 123: StackGres-Citus - Benchmarking-Commands

Die Grösse der Tabellen lässt sich wie folgt auslesen:

```
1 SELECT * FROM citus_tables;
```

Listing 124: StackGres-Citus - Benchmarking - Table Size SQL

Das Resultat ist aber an sich zu gross, da bei den Reference Tables alle Shards und die Coordinators zusammengerechnet werden.

Die korrekte Grösse muss wie folgt kalkuliert werden:

$$realSize = \frac{size}{[coordinator_{syncInstances} + (shard_{clusters} \times shard_{instancesPerCluster})]}$$

# X Evaluationssysteme - Testing

## X.I StackGres - Citus

Der Node ging down, als der Server sks1184 heruntergefahren wurde:

```
Context: default
Cluster: default
User: default
K9s Rev: v0.31.8 ⚡ v0.32.4
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1
CPU: 11x†
MEM: 22%
NAME STATUS ROLE TAINTS VERSION PODS CPU MEM %CPU %MEM CPU/A MEM/A AGE
sks1183 Ready control-plane,etcd,master 0 v1.29.0+rke2r1 25 3105 5685 25 35 12000 15958 82d
sks1184 NotReady worker 3 v1.29.0+rke2r1 14 0 8 8 12000 15958 82d
sks1185 Ready worker 0 v1.29.0+rke2r1 15 934 5310 7 33 12000 15958 82d
```

Abbildung XLIII: StackGres Testing - Node sks1184 down

Entsprechend wurden die Pods ebenfalls auf terminating gesetzt:

NAME	PF	READY	STATUS	RESTARTS	CPU	MEM	%CPU/R	%MEM/R	%MEM/L	IP	NODE	AGE
sg-healing-test-coord-0	6/6	Terminating		0	0	0	n/a	0	n/a	198.18.1.60	sks1184	3h8m
sg-healing-test-coord-1	6/6	Running		7	25	363	2	n/a	17	n/a 198.18.0.59	sks1183	3h7m
sg-healing-test-coord-2	6/6	Running		0	305	394	30	n/a	19	n/a 198.18.2.90	sks1185	3h7m
sg-healing-test-shard0-0	6/6	Running		7	444	359	22	n/a	17	n/a 198.18.0.106	sks1183	3h7m
sg-healing-test-shard0-1	6/6	Terminating		0	0	0	n/a	0	n/a	198.18.0.213	sks1184	3h7m
sg-healing-test-shard0-2	6/6	Running		0	378	414	18	n/a	20	n/a 198.18.2.23	sks1185	3h7m
sg-healing-test-shard1-0	6/6	Terminating		0	0	0	n/a	0	n/a	198.18.1.227	sks1184	3h7m
sg-healing-test-shard1-1	6/6	Running		7	574	348	28	n/a	17	n/a 198.18.0.163	sks1183	3h7m
sg-healing-test-shard1-2	6/6	Running		0	38	421	1	n/a	20	n/a 198.18.2.253	sks1185	3h7m
sg-healing-test-shard2-0	6/6	Running		0	29	445	1	n/a	21	n/a 198.18.2.31	sks1185	3h7m
sg-healing-test-shard2-1	6/6	Running		7	251	349	12	n/a	17	n/a 198.18.0.186	sks1183	3h7m
sg-healing-test-shard2-2	6/6	Terminating		0	0	0	n/a	0	n/a	198.18.1.105	sks1184	3h7m
stackgres-operator-845db7c47-6tcqb	1/1	Running		0	44	214	4	4	20	20 198.18.0.18	sks1183	3m56s
stackgres-operator-845db7c47-prk0k	1/1	Terminating		1	0	0	0	0	0	0 198.18.1.105	sks1184	3h11m
stackgres-restapi-685c4688b5-pks79	2/2	Running		0	44	401	2	2	19	19 198.18.2.243	sks1185	3h11m

Abbildung XLIV: StackGres Testing - Pods Down

Der Patroni-Leader des Coordinators, aber auch die der Shards wurden einem Failover ausgeführt:

```
gramic@cks4040: $ kubectl exec -it sg-healing-test-coord-0 -n sg-platform -c patroni -- patronictl list
+ Citus cluster: sg-healing-test --+
| Group | Member | Host | Role | State | TL | Lag in MB |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0 | sg-healing-test-coord-0 | 198.18.1.60:7433 | Leader | running | 2 | |
| 0 | sg-healing-test-coord-1 | 198.18.0.59:7433 | Sync Standby | streaming | 2 | 0 |
| 0 | sg-healing-test-coord-2 | 198.18.2.90:7433 | Sync Standby | streaming | 2 | 0 |
| 1 | sg-healing-test-shard0-0 | 198.18.0.106:7433 | Replica | streaming | 2 | 0 |
| 1 | sg-healing-test-shard0-1 | 198.18.1.213:7433 | Leader | running | 2 |
| 1 | sg-healing-test-shard0-2 | 198.18.2.3:7433 | Replica | streaming | 2 | 0 |
| 2 | sg-healing-test-shard1-0 | 198.18.1.227:7433 | Replica | streaming | 2 | 0 |
| 2 | sg-healing-test-shard1-1 | 198.18.0.163:7433 | Replica | streaming | 2 | 0 |
| 2 | sg-healing-test-shard1-2 | 198.18.2.253:7433 | Leader | running | 2 |
| 3 | sg-healing-test-shard2-0 | 198.18.2.31:7433 | Replica | streaming | 2 | 0 |
| 3 | sg-healing-test-shard2-1 | 198.18.0.186:7433 | Replica | streaming | 2 | 0 |
| 3 | sg-healing-test-shard2-2 | 198.18.1.105:7433 | Leader | running | 2 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
gramic@cks4040: $ kubectl exec -it sg-healing-test-coord-0 -n sg-platform -c patroni -- patronictl list
Error from server: error dialing backend: proxy error from 127.0.0.1:9345 while dialing 10.0.20.104:10250, code 502: 502 Bad Gateway
gramic@cks4040: $ kubectl exec -it sg-healing-test-coord-1 -n sg-platform -c patroni -- patronictl list
+ Citus cluster: sg-healing-test --+
| Group | Member | Host | Role | State | TL | Lag in MB |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0 | sg-healing-test-coord-0 | 198.18.1.60:7433 | Replica | running | 2 | 0 |
| 0 | sg-healing-test-coord-1 | 198.18.0.59:7433 | Sync Standby | streaming | 3 | 0 |
| 0 | sg-healing-test-coord-2 | 198.18.2.90:7433 | Leader | running | 3 |
| 1 | sg-healing-test-shard0-0 | 198.18.0.106:7433 | Replica | streaming | 3 | 0 |
| 1 | sg-healing-test-shard0-1 | 198.18.1.213:7433 | Replica | running | 2 | 0 |
| 1 | sg-healing-test-shard0-2 | 198.18.2.3:7433 | Leader | running | 3 |
| 2 | sg-healing-test-shard1-0 | 198.18.1.227:7433 | Replica | streaming | 2 | 0 |
| 2 | sg-healing-test-shard1-1 | 198.18.0.163:7433 | Replica | streaming | 2 | 0 |
| 2 | sg-healing-test-shard1-2 | 198.18.2.253:7433 | Leader | running | 2 |
| 3 | sg-healing-test-shard2-0 | 198.18.2.31:7433 | Leader | running | 3 |
| 3 | sg-healing-test-shard2-1 | 198.18.0.186:7433 | Replica | streaming | 3 | 0 |
| 3 | sg-healing-test-shard2-2 | 198.18.1.105:7433 | Replica | running | 2 | 0 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Abbildung XLV: StackGres Testing - Patroni Übersicht

Während dieser Zeit ist die DB immer erreichbar:

	intranet_user_id	employees_id
1	100	100
2	200	200
3	300	300
4	400	400
5	500	500
6	600	600
7	700	400
8	800	500
9	900	600

Abbildung XLVI: StackGres Testing - DB Zugriff

Allerdings werden längere Transaktionen geschlossen:

```
gramic@cks4040:~$ kubectl exec -it sg-healing-test-coord-1 -n sg-platform -c patroni -- patronictl list
+-----+-----+-----+-----+-----+
| Group | Member | Host           | Role      | State    | TL | Lag in MB |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0     | sg-healing-test-coord-0 | 198.18.1.106:7433 | Sync Standby | streaming | 3 | 0 |
| 0     | sg-healing-test-coord-1 | 198.18.0.59:7433  | Sync Standby | streaming | 3 | 0 |
| 0     | sg-healing-test-coord-2 | 198.18.2.90:7433  | Leader      | running   | 3 | - |
| 1     | sg-healing-test-shard0-0 | 198.18.0.106:7433 | Replica    | streaming | 3 | 0 |
| 1     | sg-healing-test-shard0-1 | 198.18.1.71:7433  | Replica    | streaming | 3 | 0 |
| 1     | sg-healing-test-shard0-2 | 198.18.2.3:7433   | Leader      | running   | 3 | - |
| 2     | sg-healing-test-shard1-0 | 198.18.1.155:7433 | Replica    | streaming | 2 | 0 |
| 2     | sg-healing-test-shard1-1 | 198.18.0.163:7433 | Replica    | streaming | 2 | 0 |
| 2     | sg-healing-test-shard1-2 | 198.18.2.253:7433 | Leader      | running   | 2 | - |
| 3     | sg-healing-test-shard2-0 | 198.18.2.31:7433  | Leader      | running   | 3 | - |
| 3     | sg-healing-test-shard2-1 | 198.18.0.186:7433 | Replica    | streaming | 3 | 0 |
| 3     | sg-healing-test-shard2-2 | 198.18.1.163:7433 | Replica    | streaming | 3 | 0 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Abbildung XLVII: StackGres Testing - Connection Timeout

## X.II YugabyteDB

Zum einen kann der Fehler irgendwann auftreten.

In diesem Fall wird erst im Log die Fehlermeldung geworfen, dass die Zeitdifferenz zu gross ist:

```

Context: default <0> tall <6> lh <shift-c> Clear <f> Toggle Timestamp
Cluster: default <1> head <c> Copy <w> Toggle Wrap
User: default <2> ln <np> Mark
K8s Rev: v0.31.8 v0.32.4 <3> rm <ctrl-s> Save
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1 <4> 15m <4> Toggle AutoScroll
CPU: 1% <5> 30m <4> Toggle FullScreen
MEM: 36%
Autoscroll:On FullScreen:Off Timestamps:Off Wrap:off
Logs(yb-platform/yb-tserver-1)[tail]
yb-cleanup Permitted disk usage for core dump files in kb: 25691590
yb-cleanup Disk usage by core dump files in kb: 4
yb-cleanup Permitted disk usage for yb-tserver*log.* files in kb: 5000000
yb-cleanup Disk usage by yb-tserver*log.* files in kb: 126952
yb-cleanup Permitted disk usage for postgres*log.* files in kb: 100000
yb-cleanup Disk usage by postgres*log files in kb: 9235
yb-cleanup Permitted disk usage for core dump files in kb: 25691590
yb-cleanup Disk usage by core dump files in kb: 4
yb-cleanup Permitted disk usage for yb-tserver*log.* files in kb: 5000000
yb-cleanup Disk usage by yb-tserver*log.* files in kb: 126953
yb-tserver bash: chronyc: command not found
yb-cleanup Permitted disk usage for postgres*log.* files in kb: 100000
yb-tserver bash: chronyc: command not found
yb-tserver Fatal failure details written to /mnt/disk0/yb-data/tserver/logs/yb-tserver.FATAL.details.2024-04-16T18_23_18.pid28.txt
yb-tserver F20240416 18:23:18 .../src/yb/server/hybrid_clock.cc:177] Too big clock skew is detected: 0.500s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver @ 0x55e8dc4c46377 google::LogMessage::SendToLog()
yb-tserver @ 0x55e8dc4c472dd google::LogMessage::Flush()
yb-tserver @ 0x55e8dc4c47959 google::LogMessageFatal::~LogMessageFatal()
yb-tserver @ 0x55e8dde9756c yb::server::HybridClock::NowWithError()
yb-tserver @ 0x55e8dde95661 yb::server::HybridClock::NowRange()
yb-tserver @ 0x55e8ddfb8e39 yb::tablet::TransactionCoordinator::Impl::Poll()
yb-tserver @ 0x55e8ddda0d3 yb::rpc::Poller::Poll()
yb-tserver @ 0x55e8dddd5d6e _ZN5boost4astodetail18completion_handlerIZN2yb3rpc9Scheduler4Impl11HandleTimerERKNs_6system10error_codeEUlxE_NS0_10io_context19basic_executor_typeInst3__1allocat
yb-tserver @ 0x55e8dd9d3a34 boost::asio::detail::scheduler::run()
yb-tserver @ 0x55e8dd9d2f57 yb::rpc::IOThreadPool::Impl::Execute()
yb-tserver @ 0x55e8dde61ac4 yb::Thread::SuperviseThread()
yb-tserver @ 0x7f1de2421694 start_thread
yb-tserver @ 0x7f1de271e41d __clone

```

Abbildung XLVIII: YugabyteDB - Too big clock skew is detected

Eine Folge ist, dass kein neuer Leader bestimmt werden kann:

localhost:7000/tablet?id=00004000000030008000000000000400b					
Tablet ID	Partition	SplitDepth	State	Hidden	Message
a2c249ed8ebc4f068c00735c9acc40c5	hash_split:[0xAAAA, 0xFFFF]	0	Running	0	Tablet reported with an active leader
ada5becc50e948588337990cf0f61bf8	hash_split:[0x5555, 0xAAC9]	0	Running	0	Tablet reported with an active leader
a6609fe063354432bc38b435fe1413d	hash_split:[0x0000, 0x5554]	0	Running	0	Tablet reported with an active leader

Abbildung XLIX: YugabyteDB - Tablet Leader - No Lease

Als nächstes wird der komplette tserver in einem CrashLoopBackOff fallen:

```

Context: default <0> all <1> yb-platform <2> kube-public <3> local-path-storage <4> metallb-system <5> kube-system <6> pods(yb-platform)[6]
Cluster: default <1> head <2> Edit <3> Sanitize <4> Help <5> Shell <6> Show Node
User: default <3> PortForward <4> Transfer <5> YAML
K8s Rev: v0.31.8 v0.32.4 <4> Describe <5> Shift-f <6> Port-Forward
CPU: 1% <5> Kill <6> Show Node
MEM: 36%
NAME T PF READY STATUS RESTARTS CPU MEM %CPU/R %MEM/L %MEM/L IP NODE AGE
yb-master-0 2/2 Running 0 11 238 0 n/a 23 n/a 198.18.1.68 sks1184 34h
yb-master-1 2/2 Running 0 5 154 0 n/a 15 n/a 198.18.0.31 sks1183 34h
yb-master-0 2/2 Running 0 4 210 0 n/a 20 n/a 198.18.2.180 sks1185 7m54s
yb-tserver-0 2/2 Running 0 8 1101 0 n/a 8 n/a 198.18.2.207 sks1185 7m54s
yb-tserver-1 1/2 CrashLoopBackOff 5 1 1 0 n/a 0 n/a 198.18.1.77 sks1184 34h
yb-tserver-2 2/2 Running 0 27 7591 1 n/a 61 n/a 198.18.0.136 sks1183 34h

```

Abbildung L: YugabyteDB - CrashLoopBackOff

Der ganze Cluster an sich aber bleibt arbeitsfähig.

Anders sieht es aus, wenn auch tmaster-Nodes von Start weg betroffen sind.



## XI Testsystem - Installation

### XI.I Ansible - Installation

Auf sks1000 wurde zuerst Ansible installiert:

```
1 sudo apt update && sudo apt install -y python3-pip sshpass git  
2 pip3 install ansible  
3
```

Listing 125: Ansible - Installation

Das GitHub Repository von vitabacks / postgresql\_cluster muss lokal geklont werden:

```
1 git clone https://github.com/vitabaks/postgresql_cluster.git  
2
```

Listing 126: Ansible - Repository Clone

Das Verzeichnis ist postgresql\_cluster beinhaltet die Playbooks und Ressourcen.

```
1 cd postgresql_cluster/  
2
```

Listing 127: Ansible - cd Repository

Die wichtigen Files liegen nun an folgenden Verzeichnissen:

- **inventory:** postgresql\_cluster/inventory
- **main.yml:** postgresql\_cluster/vars/main.yml
- **inventory:** postgresql\_cluster/deploy\_pgcluster.yml
- **inventory:** postgresql\_cluster/config\_pgcluster.yml
- **inventory:** postgresql\_cluster/add\_balancer.yml
- **inventory:** postgresql\_cluster/add\_pgnode.yml

### XI.I Prequenteries

Auf allen Hosts müssen die Firewalls angepasst werden:

```
1 # nano /etc/iptables/rules.v4  
2 # Generated by iptables-save v1.8.9 (nf_tables)  
3 *filter  
4 :INPUT ACCEPT [0:0]  
5 :FORWARD ACCEPT [0:0]  
6 :OUTPUT ACCEPT [0:0]  
7 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 22 -j ACCEPT  
8 -A INPUT -s 10.0.9.115/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for  
probe 10.0.9.115" -j ACCEPT  
9 -A INPUT -s 10.0.9.76/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for  
probe 10.0.9.76" -j ACCEPT  
10 -A INPUT -s 10.0.36.147/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for  
probe 10.0.36.147" -j ACCEPT  
11 -A INPUT -s 10.0.9.35/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for  
probe 10.0.9.35" -j ACCEPT
```

```

12 -A INPUT -s 10.0.0.9.37/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
  probe 10.0.0.9.37" -j ACCEPT
13 -A INPUT -s 10.0.0.9.74/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
  probe 10.0.0.9.74" -j ACCEPT
14 -A INPUT -s 10.0.0.9.75/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
  probe 10.0.0.9.75" -j ACCEPT-A INPUT -s 10.0.0.9.36/32 -p udp -m udp --dport 161 -m
  comment --comment "Allow SNMP for probe 10.0.0.9.36" -j ACCEPT
15 -A INPUT -s 10.0.0.9.14/32 -p udp -m udp --dport 161 -m comment --comment "Allow SNMP for
  probe 10.0.0.9.14" -j ACCEPT
16 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p icmp -m icmp --icmp-type 8 -j ACCEPT
17 # generell
18 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 443 -j ACCEPT
19 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 8080 -j ACCEPT
20 # postgres
21 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 5432 -j ACCEPT
22 # pgbounder
23 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 6432 -j ACCEPT
24 # etcd
25 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 2379 -j ACCEPT
26 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 2380 -j ACCEPT
27 # patroni
28 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 8008 -j ACCEPT
29 # haproxy
30 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 5000 -j ACCEPT
31 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 5001 -j ACCEPT
32 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 5002 -j ACCEPT
33 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 5003 -j ACCEPT
34 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 7000 -j ACCEPT
35 COMMIT
36 # Completed
37 # systemctl restart iptables
38

```

Listing 128: Testsystem - Firewall Settings

Als nächstes muss der Proxy gesetzt werden:

```

1 # nano /etc/profile.d/proxy.sh
2 export http_proxy="http://xksgr_vks0041_inet:<Password Secure / Safe>@webproxy.sivc.first
  -it.ch:9090";
3 export https_proxy="https://xksgr_vks0041_inet:<Password Secure / Safe>@webproxy.sivc.
  first-it.ch:9090";
4 export no_proxy="127.0.0.1,localhost,10.0.0.0/8,.ksgr.ch,.sivc.first-it.ch"
5
6 export HTTP_PROXY="http://xksgr_vks0041_inet:<Password Secure / Safe>@webproxy.sivc.first
  -it.ch:9090";
7 export HTTPS_PROXY="https://xksgr_vks0041_inet:<Password Secure / Safe>@webproxy.sivc.
  first-it.ch:9090";
8 export NO_PROXY="127.0.0.1,localhost,10.0.0.0/8,.ksgr.ch,.sivc.first-it.ch"
9 # source /etc/profile.d/proxy.sh
10

```

Listing 129: Testsystem - Proxy Settings

Auch der apt-Proxy muss gesetzt werden:

```

1 # nano /etc/apt/apt.conf.d/proxy.conf
2 Acauire::http::Proxy "http://xksgr_vks0041_inet:<Password Secure / Safe>@webproxy.sivc.
   first-it.ch:9090";
3 Acauire::https::Proxy "http://xksgr_vks0041_inet<Password Secure / Safe>@webproxy.sivc.
   first-it.ch:9090";Acquire::http::proxy::foreman.ksgr.ch "DIRECT";
4

```

Listing 130: Testsystem - apt-Proxy Settings

## XI.II Deployment

Zuerst muss das Inventory angepasst werden:

```

1 # if dcs_exists: false and dcs_type: "etcd"
2 [etcd_cluster] # recommendation: 3, or 5-7 nodes
3 10.0.22.170
4 10.0.22.171
5 10.0.22.172
6
7 # if dcs_exists: false and dcs_type: "consul"
8 [consul_instances] # recommendation: 3 or 5-7 nodes
9
10 # if with_haproxy_load_balancing: true
11 [balancers]
12 10.0.22.176
13 10.0.22.177
14
15 # PostgreSQL nodes
16 [master]
17 10.0.22.173 postgresql_exists=false
18
19 [replica]
20 10.0.22.174 postgresql_exists=false
21 10.0.22.175 postgresql_exists=false
22
23 [postgres_cluster:children]
24 master
25 replica
26
27 # if pgbackrest_install: true and "repo_host" is set
28 [pgbackrest] # optional (Dedicated Repository Host)
29
30
31 # Connection settings
32 [all:vars]
33 ansible_connection='ssh'
34 ansible_ssh_port='22'
35 ansible_user='itgramic'
36 ansible_ssh_pass='<Secret ;->' # "sshpass" package is required for use "
   ansible_ssh_pass"
37 #ansible_ssh_private_key_file=
38 ansible_python_interpreter='/usr/bin/env python3'
39
40 [pgbackrest:vars]

```

### Listing 131: Testsystem - Deployment - inventory

Nun muss das `main.yml` dran. Wichtig sind folgende Einstellungen.

```

1-----
2#
3# Proxy variables (optional) for download packages using a proxy server
4proxy_env: {} # yamllint disable rule:braces
5#
6#proxy_env:
7#   http_proxy: "http://xksgr_vks0041_inet:<Password Secure / Safe>@webproxy.sivc.first-it
8#   .ch:9090"
9#
10# Cluster variables
11#cluster_vip: "" # IP address for client access to the databases in the cluster (
12#   optional).
12cluster_vip: "10.0.22.178" # IP address for client access to the databases in the
13#   cluster (optional).
13vip_interface: "{{ ansible_default_ipv4.interface }}" # interface name (e.g., "ens32").
14# Note: VIP-based solutions such as keepalived or vip-manager may not function correctly
14#       in cloud environments like AWS.
15#
16#patroni_cluster_name: "postgres-cluster" # the cluster name (must be unique for each
16#   cluster)
17patroni_cluster_name: "k8s-core-psql" # the cluster name (must be unique for each
17#   cluster)
18patroni_install_version: "3.3.0" # or 'latest'
19#
20patroni_superuser_username: "postgres"
21patroni_superuser_password: "<Password Secure / Safe>"
22patroni_replication_username: "replicator"
23patroni_replication_password: "<Password Secure / Safe>"
24#
25#synchronous_mode: false # or 'true' for enable synchronous database replication
26synchronous_mode: true # or 'true' for enable synchronous database replication
27synchronous_mode_strict: false # if 'true' then block all client writes to the master,
27#   when a synchronous replica is not available
28#synchronous_node_count: 1 # number of synchronous standby databases
29synchronous_node_count: 2 # number of synchronous standby databases
30#
31# Load Balancing
32with_haproxy_load_balancing: true # or 'true' if you want to install and configure the
32#   load-balancing
33haproxy_listen_port:
34  master: 5000
35  replicas: 5001
36  replicas_sync: 5002
37  replicas_async: 5003
38# The following ('_direct') ports are used for direct connections to the PostgreSQL
38#   database,

```

```

39 # bypassing the PgBouncer connection pool (if 'pgbouncer_install' is 'true').
40 # Uncomment the relevant lines if you need to set up direct connections.
41 stats: 7000
42 haproxy_maxconn:
43   global: 100000
44   master: 10000
45   replica: 10000
46 haproxy_timeout:
47   client: "60m"
48   server: "60m"
49
50 # keepalived (if 'cluster_vip' is specified and 'with_haproxy_load_balancing' is 'true')
51 keepalived_virtual_router_id: "{{ cluster_vip.split('.')[3] | int }}" # The last octet of
      'cluster_vip' IP address is used by default.
52 # virtual_router_id - must be unique in the network (available values are 0..255).
53
54 # vip-manager (if 'cluster_vip' is specified and 'with_haproxy_load_balancing' is 'false'
      ')
55 vip_manager_version: "2.4.0" # version to install
56 vip_manager_conf: "/etc/patroni/vip-manager.yml"
57 vip_manager_interval: "1000" # time (in milliseconds) after which vip-manager wakes up
      and checks if it needs to register or release ip addresses.
58 vip_manager_iface: "{{ vip_interface }}" # interface to which the virtual ip will be
      added
59 vip_manager_ip: "{{ cluster_vip }}" # the virtual ip address to manage
60 vip_manager_mask: "24" # netmask for the virtual ip
61
62
63 # DCS (Distributed Consensus Store)
64 dcs_exists: false # or 'true' if you don't want to deploy a new etcd cluster
65 dcs_type: "etcd" # or 'consul'
66
67 # if dcs_type: "etcd" and dcs_exists: false
68 etcd_version: "3.5.11" # version for deploy etcd cluster
69 etcd_data_dir: "/var/lib/etcd"
70 etcd_cluster_name: "etcd-{{ patroni_cluster_name }}" # ETCD_INITIAL_CLUSTER_TOKEN
71
72 # if dcs_type: "etcd" and dcs_exists: true
73 patroni_etcd_hosts: [] # list of servers of an existing etcd cluster
74
75 patroni_etcd_namespace: "service" # (optional) etcd namespace (prefix)
76 patroni_etcd_username: "" # (optional) username for etcd authentication
77 patroni_etcd_password: "" # (optional) password for etcd authentication
78 patroni_etcd_protocol: "" # (optional) http or https, if not specified http is used
79
80 # if dcs_type: "consul"
81 consul_version: "1.15.8"
82 consul_config_path: "/etc/consul"
83 consul_configd_path: "{{ consul_config_path }}/conf.d"
84 consul_data_path: "/var/lib/consul"
85 consul_domain: "consul" # Consul domain name
86 consul_datacenter: "dc1" # Datacenter label (can be specified for each host in the
      inventory)
87 consul_disable_update_check: true # Disables automatic checking for security bulletins

```

```

        and new version releases
88 consul_enable_script_checks: true # This controls whether health checks that execute
      scripts are enabled on this agent
89 consul_enable_local_script_checks: true # Enable them when they are defined in the local
      configuration files
90 consul_ui: false # Enable the consul UI?
91 consul_syslog_enable: true # Enable logging to syslog
92 consul_iface: "{{ ansible_default_ipv4.interface }}" # specify the interface name with a
      Private IP (ex. "enp7s0")
93 # TLS
94 # You can enable TLS encryption by dropping a CA certificate, server certificate, and
      server key in roles/consul/files/
95 consul_tls_enable: false
96 consul_tls_ca_crt: "ca.crt"
97 consul_tls_server_crt: "server.crt"
98 consul_tls_server_key: "server.key"
99 # DNS
100 consul_recursors: [] # List of upstream DNS servers
101 consul_dnsmasq_enable: true # Enable DNS forwarding with Dnsmasq
102 consul_dnsmasq_cache: 0 # dnsmasq cache-size (0 - disable caching)
103 consul_dnsmasq_servers: "{{ nameservers }}" # Upstream DNS servers used by dnsmasq
104 consul_join: [] # List of LAN servers of an existing consul cluster, to join.
105
106 # https://developer.hashicorp.com/consul/docs/discovery/services
107 consul_services:
108   - name: "{{ patroni_cluster_name }}"
109     id: "{{ patroni_cluster_name }}-master"
110     tags: ['master', 'primary']
111     port: "{{ pgbouncer_listen_port }}" # or "{{ postgresql_port }}" if
      pgbouncer_install: false
112     checks:
113       - { http: "http://{{ inventory_hostname }}:{{ patroni_restapi_port }}/primary",
      interval: "2s" }
114       - { args: ["systemctl", "status", "pgbouncer"], interval: "5s" } # comment out
      this check if pgbouncer_install: false
115   - name: "{{ patroni_cluster_name }}"
116     id: "{{ patroni_cluster_name }}-replica"
117     tags: ['replica']
118     port: "{{ pgbouncer_listen_port }}"
119     checks:
120       - { http: "http://{{ inventory_hostname }}:{{ patroni_restapi_port }}/replica?lag
      ={{ patroni_maximum_lag_on_replica }}", interval: "2s" }
121       - { args: ["systemctl", "status", "pgbouncer"], interval: "5s" }
122
123 # PostgreSQL variables
124 postgresql_version: "16"
125 # postgresql_data_dir: see vars/Debian.yml or vars/RedHat.yml
126 postgresql_listen_addr: "0.0.0.0" # Listen on all interfaces. Or use "{{
      inventory_hostname }},127.0.0.1" to listen on a specific IP address.
127 postgresql_port: "5432"
128 postgresql_encoding: "UTF8" # for bootstrap only (initdb)
129 postgresql_locale: "en_US.UTF-8" # for bootstrap only (initdb)
130 postgresql_data_checksums: true # for bootstrap only (initdb)
131 postgresql_password_encryption_algorithm: "scram-sha-256" # or "md5" if your clients do

```

```

        not work with passwords encrypted with SCRAM-SHA-256
132
133 # (optional) list of users to be created (if not already exists)
134 postgresql_users:
135   - { name: "{{ pgbouncer_auth_username }}", password: "{{ pgbouncer_auth_password }}",
136     flags: "LOGIN", role: "" }
136   - { name: "xksgr_sks1160_gitlab", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "
137     SUPERUSER" }
137   - { name: "xksgr_sks1172_harbor", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "
138     SUPERUSER" }
138   - { name: "xksgr_sks1195_kcso", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "SUPERUSER
139     " }
139   - { name: "xksgr_k8s_core_psql_monitor", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "
140     LOGIN", role: "pg_monitor" }
140   - { name: "xksgr_k8s_core_psql_backup", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "
141     SUPERUSER" }

141 # (optional) list of databases to be created (if not already exists)
142 #postgresql_databases: []
143 postgresql_databases:
144   - { db: "k8s_core_gitlab_prod", encoding: "UTF8", lc_collate: "en_US.UTF-8", lc_ctype: "
145     en_US.UTF-8", owner: "xksgr_sks1160_gitlab" }
146   - { db: "k8s_core_harbor_prod", encoding: "UTF8", lc_collate: "en_US.UTF-8", lc_ctype: "
147     en_US.UTF-8", owner: "xksgr_sks1172_harbor" }
148   - { db: "k8s_core_keycloak_prod", encoding: "UTF8", lc_collate: "en_US.UTF-8", lc_ctype
149     : "en_US.UTF-8", owner: "xksgr_sks1195_kcso" }
150   - { db: "gramic_test", encoding: "UTF8", lc_collate: "en_US.UTF-8", lc_ctype: "en_US.UTF
151     -8", owner: "postgres" }

152 # (optional) list of schemas to be created (if not already exists)
153 postgresql_schemas: []
154 # - { schema: "myschema", db: "mydatabase", owner: "mydb-user" }

155 # (optional) list of database extensions to be created (if not already exists)
156 #postgresql_extensions: []
157 postgresql_extensions:
158   - { ext: "pgstattuple", db: "postgres" }
159   - { ext: "pgstattuple", db: "k8s_core_gitlab_prod" }
160   - { ext: "pgstattuple", db: "k8s_core_harbor_prod" }
161   - { ext: "pgstattuple", db: "k8s_core_keycloak_prod" }
162   - { ext: "pgstattuple", db: "gramic_test" }

163 # postgresql parameters to bootstrap dcs (are parameters for example)
164 postgresql_parameters:
165   - { option: "max_connections", value: "500" }
166   - { option: "superuser_reserved_connections", value: "5" }
167   - { option: "password_encryption", value: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm
168     }}" }
168   - { option: "max_locks_per_transaction", value: "512" }
169   - { option: "max_prepared_transactions", value: "0" }
170   - { option: "huge_pages", value: "try" } # or "on" if you set "vm_nr_hugepages" in
171     kernel parameters
171   - { option: "shared_buffers", value: "{{ (ansible_memtotal_mb * 0.25) | int }}MB" } # by default, 25% of RAM

```

```

172 - { option: "effective_cache_size", value: "{{ (ansible_memtotal_mb * 0.75) | int }}MB"
173   } # by default, 75% of RAM
174 - { option: "work_mem", value: "128MB" } # please change this value
175 - { option: "maintenance_work_mem", value: "256MB" } # please change this value
176 - { option: "checkpoint_timeout", value: "15min" }
177 - { option: "checkpoint_completion_target", value: "0.9" }
178 - { option: "min_wal_size", value: "2GB" }
179 - { option: "max_wal_size", value: "8GB" } # or 16GB/32GB
180 - { option: "wal_buffers", value: "32MB" }
181 - { option: "default_statistics_target", value: "1000" }
182 - { option: "seq_page_cost", value: "1" }
183 - { option: "random_page_cost", value: "1.1" } # or "4" for HDDs with slower random
184   access
185 - { option: "effective_io_concurrency", value: "200" } # or "2" for traditional HDDs
186   with lower I/O parallelism
187 - { option: "synchronous_commit", value: "on" } # or 'off' if you can you lose single
188   transactions in case of a crash
189 - { option: "autovacuum", value: "on" } # never turn off the autovacuum!
190 - { option: "autovacuum_max_workers", value: "5" }
191 - { option: "autovacuum_vacuum_scale_factor", value: "0.01" } # or 0.005/0.001
192 - { option: "autovacuum_analyze_scale_factor", value: "0.01" }
193 - { option: "autovacuum_vacuum_cost_limit", value: "500" } # or 1000/5000
194 - { option: "autovacuum_vacuum_cost_delay", value: "2" }
195 - { option: "autovacuum_naptime", value: "1s" }
196 - { option: "max_files_per_process", value: "4096" }
197 - { option: "archive_mode", value: "on" }
198 - { option: "archive_timeout", value: "1800s" }
199 - { option: "archive_command", value: "cd ." } # not doing anything yet with WAL-s
200 - { option: "wal_level", value: "logical" }
201 - { option: "wal_keep_size", value: "2GB" }
202 - { option: "max_wal_senders", value: "10" }
203 - { option: "max_replication_slots", value: "10" }
204 - { option: "hot_standby", value: "on" }
205 - { option: "wal_log_hints", value: "on" }
206 - { option: "wal_compression", value: "on" }
207 - { option: "shared_preload_libraries", value: "pg_stat_statements,auto_explain" }
208 - { option: "pg_stat_statements.max", value: "10000" }
209 - { option: "pg_stat_statements.track", value: "all" }
210 - { option: "pg_stat_statements.track_utility", value: "false" }
211 - { option: "pg_stat_statements.save", value: "true" }
212 - { option: "auto_explain.log_min_duration", value: "10s" } # enable auto_explain for
213   10-second logging threshold. Decrease this value if necessary
214 - { option: "auto_explain.log_analyze", value: "true" }
215 - { option: "auto_explain.log_buffers", value: "true" }
216 - { option: "auto_explain.log_timing", value: "false" }
217 - { option: "auto_explain.log_triggers", value: "true" }
218 - { option: "auto_explain.log_verbose", value: "true" }
219 - { option: "auto_explain.log_nested_statements", value: "true" }
220 - { option: "auto_explain.sample_rate", value: "0.01" } # enable auto_explain for 1%
221   of queries logging threshold
222 - { option: "track_io_timing", value: "on" }
223 - { option: "log_lock_waits", value: "on" }
224 - { option: "log_temp_files", value: "0" }
225 - { option: "track_activities", value: "on" }

```

```

220 - { option: "track_activity_query_size", value: "4096" }
221 - { option: "track_counts", value: "on" }
222 - { option: "track_functions", value: "all" }
223 - { option: "log_checkpoints", value: "on" }
224 - { option: "logging_collector", value: "on" }
225 - { option: "log_truncate_on_rotation", value: "on" }
226 - { option: "log_rotation_age", value: "1d" }
227 - { option: "log_rotation_size", value: "0" }
228 - { option: "log_line_prefix", value: "'%t [%p-%l] %r %q%u%d '" }
229 - { option: "log_filename", value: "postgresql-%a.log" }
230 - { option: "log_directory", value: "{{ postgresql_log_dir }}" }
231 - { option: "hot_standby_feedback", value: "on" } # allows feedback from a hot standby
      to the primary that will avoid query conflicts
232 - { option: "max_standby_streaming_delay", value: "30s" }
233 - { option: "wal_receiver_status_interval", value: "10s" }
234 - { option: "idle_in_transaction_session_timeout", value: "10min" } # reduce this
      timeout if possible
235 - { option: "jit", value: "off" }
236 - { option: "max_worker_processes", value: "24" }
237 - { option: "max_parallel_workers", value: "8" }
238 - { option: "max_parallel_workers_per_gather", value: "2" }
239 - { option: "max_parallel_maintenance_workers", value: "2" }
240 - { option: "tcp_keepalives_count", value: "10" }
241 - { option: "tcp_keepalives_idle", value: "300" }
242 - { option: "tcp_keepalives_interval", value: "30" }

243
244 # Set this variable to 'true' if you want the cluster to be automatically restarted
245 # after changing the 'postgresql_parameters' variable that requires a restart in the '
      config_pgcluster.yml' playbook.
246 # By default, the cluster will not be automatically restarted.
247 pending_restart: false
248
249 # specify additional hosts that will be added to the pg_hba.conf
250 postgresql_pg_hba:
251   - { type: "local", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: "",
      method: "trust" }
252   - { type: "local", database: "all", user: "{{ pgbouncer_auth_username }}", address: "", method:
      "trust" } # required for pgbouncer auth_user
253   - { type: "local", database: "replication", user: "all", address: "", method: "trust" }
254   - { type: "host", database: "replication", user: "all", address: "127.0.0.1/32", method:
      "trust" }
255   - { type: "host", database: "replication", user: "all", address: "::1/128", method: "trust" }
256   - { type: "host", database: "replication", user: "{{ patroni_replication_username }}",
      address: "10.0.22.173/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
257   - { type: "host", database: "replication", user: "{{ patroni_replication_username }}",
      address: "10.0.22.174/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
258   - { type: "host", database: "replication", user: "{{ patroni_replication_username }}",
      address: "10.0.22.175/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
259   - { type: "local", database: "all", user: "all", address: "", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
260   - { type: "host", database: "all", user: "all", address: "127.0.0.1/32", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
261   - { type: "host", database: "all", user: "all", address: "::1/128", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }

```

```

      postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
262 - { type: "host", database: "k8s_core_gitlab_prod", user: "xksgr_sks1160_gitlab",
  address: "10.0.20.88/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
263 - { type: "host", database: "k8s_core_harbor_prod", user: "xksgr_sks1172_harbor",
  address: "10.0.20.92/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
264 - { type: "host", database: "k8s_core_keycloak_prod", user: "xksgr_sks1195_kcsso",
  address: "10.0.20.98/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
265 - { type: "host", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: "10.0.20.63/24",
  method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
266 - { type: "host", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: "10.0.20.43/24",
  method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
267 - { type: "host", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: "10.0.20.77/24",
  method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }

268
269 # list of lines that Patroni will use to generate pg_ident.conf
270 postgresql_pg_ident: []
271
272 # the password file (~/.pgpass)
273 postgresql_pgpass:
274   - "localhost:{{ postgresql_port }}:*:{{ patroni_superuser_username }}:{{ patroni_superuser_password }}"
275   - "{{ inventory_hostname }}:{{ postgresql_port }}:*:{{ patroni_superuser_username }}:{{ patroni_superuser_password }}"
276   - "*:{{ pgbouncer_listen_port }}:*:{{ patroni_superuser_username }}:{{ patroni_superuser_password }}"
277   - "*:{{ postgresql_port }}:*:{{ patroni_replication_username }}:{{ patroni_replication_password }}"
278   - "10.0.20.88:5432:k8s_core_gitlab_prod:xksgr_sks1160_gitlab:<Password Secure / Safe>"
279   - "10.0.20.92:5432:k8s_core_harbor_prod:xksgr_sks1172_harbor:j<Password Secure / Safe>"
280   - "10.0.20.98:5432:k8s_core_keycloak_prod:xksgr_sks1195_kcsso:<Password Secure / Safe>"

281
282 # PgBouncer parameters
283 pgbouncer_install: true # or 'false' if you do not want to install and configure the pgbouncer service
284 pgbouncer_processes: 1 # Number of pgbouncer processes to be used. Multiple processes use the so_REUSEPORT option for better performance.
285 pgbouncer_conf_dir: "/etc/pgbouncer"
286 pgbouncer_log_dir: "/var/log/pgbouncer"
287 pgbouncer_listen_addr: "0.0.0.0" # Listen on all interfaces. Or use "{{ inventory_hostname }}" to listen on a specific IP address.
288 pgbouncer_listen_port: 6432
289 pgbouncer_max_client_conn: 10000
290 pgbouncer_max_db_connections: 1000
291 pgbouncer_max_prepared_statements: 1024
292 pgbouncer_default_pool_size: 20
293 pgbouncer_query_wait_timeout: 120
294 pgbouncer_default_pool_mode: "session"
295 pgbouncer_admin_users: "{{ patroni_superuser_username }}" # comma-separated list of users, who are allowed to change settings
296 pgbouncer_stats_users: "{{ patroni_superuser_username }}" # comma-separated list of users who are just allowed to use SHOW command
297 pgbouncer_ignore_startup_parameters: "extra_float_digits,geqo,search_path"
298 pgbouncer_auth_type: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}"
299 pgbouncer_auth_user: true # or 'false' if you want to manage the list of users for

```

```

        authentication in the database via userlist.txt
300 pgbounce_auth_username: pgbounce # user who can query the database via the user_search
        function
301 pgbounce_auth_password: "<Password Secure / Safe>"
302 pgbounce_auth_dbname: "postgres"
303 pgbounce_client_tls_sslmode: "disable"
304 pgbounce_client_tls_key_file: ""
305 pgbounce_client_tls_cert_file: ""
306 pgbounce_client_tls_ca_file: ""
307 pgbounce_client_tls_protocols: "secure" # allowed values: tlsv1.0, tlsv1.1, tlsv1.2,
        tlsv1.3, all, secure (tlsv1.2,tlsv1.3)
308 pgbounce_client_tls_ciphers: "default" # allowed values: default, secure, fast, normal,
        all (not recommended)
309
310 pgbounce_pools:
311   - { name: "postgres", dbname: "postgres", pool_parameters: "" }
312   - { name: "k8s_core_gitlab_prod", dbname: "k8s_core_gitlab_prod", pool_parameters: "" }
313   - { name: "k8s_core_harbor_prod", dbname: "k8s_core_harbor_prod", pool_parameters: "" }
314   - { name: "k8s_core_keycloak_prod", dbname: "k8s_core_keycloak_prod", pool_parameters: "
        "}
315   - { name: "gramic_test", dbname: "gramic_test", pool_parameters: "" }
316
317 # Extended variables (optional)
318 patroni_restapi_listen_addr: "0.0.0.0" # Listen on all interfaces. Or use "{{{
        inventory_hostname }}" to listen on a specific IP address.
319 patroni_restapi_port: 8008
320 patroni_ttl: 30
321 patroni_loop_wait: 10
322 patroni_retry_timeout: 10
323 patroni_master_start_timeout: 300
324 patroni_maximum_lag_on_failover: 1048576 # (1MB) the maximum bytes a follower may lag to
        be able to participate in leader election.
325 patroni_maximum_lag_on_replica: "100MB" # the maximum of lag that replica can be in order
        to be available for read-only queries.
326
327 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/yaml_configuration.html#postgresql
328 patroni_callbacks: []
329
330 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/replica_bootstrap.html#standby-cluster
331 # Requirements:
332 # 1. the cluster name for Standby Cluster must be unique ('patroni_cluster_name' variable
        )
333 # 2. the IP addresses (or network) of the Standby Cluster servers must be added to the
        pg_hba.conf of the Main Cluster ('postgresql_pg_hba' variable).
334 patroni_standby_cluster:
335   host: "" # an address of remote master
336   port: "5432" # a port of remote master
337
338 # Permanent replication slots.
339 # These slots will be preserved during switchover/failover.
340 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/dynamic_configuration.html
341 patroni_slots: []
342
343 patroni_log_destination: stderr # or 'logfile'

```

```

344 # if patroni_log_destination: logfile
345 patroni_log_dir: /var/log/patroni
346 patroni_log_level: info
347 patroni_log_traceback_level: error
348 patroni_log_format: "%(asctime)s %(levelname)s: %(message)s"
349 patroni_log_dateformat: ""
350 patroni_log_max_queue_size: 1000
351 patroni_log_file_num: 4
352 patroni_log_file_size: 25000000 # bytes
353 patroni_log_loggers_patroni_postmaster: warning
354 patroni_log_loggers_urllib3: warning # or 'debug'
355
356 patroni_watchdog_mode: automatic # or 'off', 'required'
357 patroni_watchdog_device: /dev/watchdog
358
359 patroni_postgresql_use_pg_rewind: true # or 'false'
360 # try to use pg_rewind on the former leader when it joins cluster as a replica.
361
362 patroni_remove_data_directory_on_rewind_failure: false # or 'true' (if use_pg_rewind: 'true')
363 # avoid removing the data directory on an unsuccessful rewind
364 # if 'true', Patroni will remove the PostgreSQL data directory and recreate the replica.
365
366 patroni_remove_data_directory_on_diverged_timelines: false # or 'true'
367 # if 'true', Patroni will remove the PostgreSQL data directory and recreate the replica
368 # if it notices that timelines are diverging and the former master can not start
      streaming from the new master.
369
370 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/replica_bootstrap.html#bootstrap
371 patroni_cluster_bootstrap_method: "initdb" # or "wal-g", "pgbackrest", "pg_probackup"
372
373 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/replica_bootstrap.html#building-replicas
374 patroni_create_replica_methods:
375   - basebackup
376
377 pgbackrest:
378   - { option: "command", value: "/usr/bin/pgbackrest --stanza={{ pgbackrest_stanza }} --delta restore" }
379   - { option: "keep_data", value: "True" }
380   - { option: "no_params", value: "True" }
381 wal_g:
382   - { option: "command", value: "wal-g backup-fetch {{ postgresql_data_dir }} LATEST" }
383   - { option: "no_params", value: "True" }
384 basebackup:
385   - { option: "max-rate", value: "100M" }
386   - { option: "checkpoint", value: "fast" }
387 #   - { option: "waldir", value: "{{ postgresql_wal_dir }}" }
388 pg_probackup:
389   - { option: "command", value: "{{ pg_probackup_restore_command }}" }
390   - { option: "no_params", value: "true" }
391
392 # "restore_command" written to recovery.conf when configuring follower (create replica)
393 postgresql_restore_command: ""

```

```

395 # pg_probackup
396 pg_probackup_install: false # or 'true'
397 pg_probackup_install_from_postgrespro_repo: true # or 'false'
398 pg_probackup_version: "{{ postgresql_version }}"
399 pg_probackup_instance: "pg_probackup_instance_name"
400 pg_probackup_dir: "/mnt/backup_dir"
401 pg_probackup_threads: "4"
402 pg_probackup_add_keys: "--recovery-target=latest --skip-external-dirs --no-validate"
403 # Ensure there is a space at the beginning of each part to prevent commands from
     concatenating.
404 pg_probackup_command_parts:
405   - "pg_probackup-{{ pg_probackup_version }}"
406   - " restore -B {{ pg_probackup_dir }}"
407   - " --instance {{ pg_probackup_instance }}"
408   - " -j {{ pg_probackup_threads }}"
409   - " {{ pg_probackup_add_keys }}"
410 pg_probackup_restore_command: "{{ pg_probackup_command_parts | join('') }}"
411 pg_probackup_patroni_cluster_bootstrap_command: "{{ pg_probackup_command_parts | join('') }}"
412
413 # WAL-G
414 wal_g_install: false # or 'true'
415 wal_g_version: "3.0.0"
416 wal_g_json: # config https://github.com/wal-g/wal-g#configuration
417   - { option: "AWS_ACCESS_KEY_ID", value: "{{ AWS_ACCESS_KEY_ID | default('') }}" } # define values or pass via --extra-vars
418   - { option: "AWS_SECRET_ACCESS_KEY", value: "{{ AWS_SECRET_ACCESS_KEY | default('') }}" } # define values or pass via --extra-vars
419   - { option: "WALG_S3_PREFIX", value: "{{ WALG_S3_PREFIX | default('') }}" } # define values or pass via --extra-vars
420   - { option: "WALG_COMPRESSION_METHOD", value: "brotli" } # or "lz4", "lzma", "zstd"
421   - { option: "WALG_DELTA_MAX_STEPS", value: "6" } # determines how many delta backups can be between full backups
422   - { option: "PGDATA", value: "{{ postgresql_data_dir }}" }
423   - { option: "PGHOST", value: "{{ postgresql_unix_socket_dir }}" }
424   - { option: "PGPORT", value: "{{ postgresql_port }}" }
425   - { option: "PGUSER", value: "{{ patroni_superuser_username }}" }
426 #   - { option: "AWS_S3_FORCE_PATH_STYLE", value: "true" } # to use Minio.io S3-compatible storage
427 #   - { option: "AWS_ENDPOINT", value: "http://minio:9000" } # to use Minio.io S3-compatible storage
428 #   - { option: "", value: "" }
429 wal_g_archive_command: "wal-g wal-push %p"
430 wal_g_patroni_cluster_bootstrap_command: "wal-g backup-fetch {{ postgresql_data_dir }} LATEST"
431
432 # Define job_parts outside of wal_g_cron_jobs
433 # Ensure there is a space at the beginning of each part to prevent commands from
     concatenating.
434 wal_g_backup_command:
435   - "[ $(curl -s -o /dev/null -w '%{http_code}' http://{{ inventory_hostname }}:{{ patroni_restapi_port }}) = '200' ]"
436   - " && wal-g backup-push {{ postgresql_data_dir }} > {{ postgresql_log_dir }}/
     walg_backup.log 2>&1"

```

```

437 wal_g_delete_command:
438   - "[ $(curl -s -o /dev/null -w '%{http_code}' http://{{ inventory_hostname }}:{{ patroni_restapi_port }}) = '200' ]"
439   - " && wal-g delete retain FULL 4 --confirm > {{ postgresql_log_dir }}/walg_delete.log
2>&1"
440
441 wal_g_cron_jobs:
442   - name: "WAL-G: Create daily backup"
443     user: "postgres"
444     file: /etc/cron.d/walg
445     minute: "30"
446     hour: "3"
447     day: "*"
448     month: "*"
449     weekday: "*"
450     job: "{{ wal_g_backup_command | join('') }}"
451   - name: "WAL-G: Delete old backups" # retain 4 full backups (adjust according to your
452     company's backup retention policy)
453     user: "postgres"
454     file: /etc/cron.d/walg
455     minute: "30"
456     hour: "6"
457     day: "*"
458     month: "*"
459     weekday: "*"
460     job: "{{ wal_g_delete_command | join('') }}"
461
462 # pgBackRest
463 pgbackrest_install: false # or 'true'
464 pgbackrest_install_from_pgdg_repo: false # or 'false'
465 pgbackrest_stanza: "{{ patroni_cluster_name }}" # specify your --stanza
466 pgbackrest_repo_type: "posix" # or "s3", "gcs", "azure"
467 pgbackrest_repo_host: "" # dedicated repository host (optional)
468 pgbackrest_repo_user: "postgres"
469 pgbackrest_conf_file: "/etc/pgbackrest/pgbackrest.conf"
470 pgbackrest_conf:
471   global: # [global] section
472     - { option: "log-level-file", value: "detail" }
473     - { option: "log-path", value: "/var/log/pgbackrest" }
474     - { option: "repo1-type", value: "{{ pgbackrest_repo_type | lower }}"} }
475     - { option: "repo1-path", value: "/var/lib/pgbackrest" }
476     - { option: "repo1-retention-full", value: "4" }
477     - { option: "repo1-retention-archive", value: "4" }
478     - { option: "start-fast", value: "y" }
479     - { option: "stop-auto", value: "y" }
480     - { option: "resume", value: "n" }
481     - { option: "link-all", value: "y" }
482     - { option: "spool-path", value: "/var/spool/pgbackrest" }
483     - { option: "archive-async", value: "y" } # Enables asynchronous WAL archiving (
484       details: https://pgbackrest.org/user-guide.html#async-archiving)
485   stanza: # [stanza_name] section
486     - { option: "process-max", value: "4" }

```

```

487     - { option: "log-level-console", value: "info" }
488     - { option: "recovery-option", value: "recovery_target_action=promote" }
489     - { option: "pg1-socket-path", value: "{{ postgresql_unix_socket_dir }}" }
490     - { option: "pg1-path", value: "{{ postgresql_data_dir }}" }
491 #     - { option: "", value: "" }
492 # (optional) dedicated backup server config (if "repo_host" is set)
493 pgbackrest_server_conf:
494   global:
495     - { option: "log-level-file", value: "detail" }
496     - { option: "log-level-console", value: "info" }
497     - { option: "log-path", value: "/var/log/pgbackrest" }
498     - { option: "repo1-type", value: "{{ pgbackrest_repo_type | lower }}" }
499     - { option: "repo1-path", value: "/var/lib/pgbackrest" }
500     - { option: "repo1-retention-full", value: "4" }
501     - { option: "repo1-retention-archive", value: "4" }
502     - { option: "repo1-bundle", value: "y" }
503     - { option: "repo1-block", value: "y" }
504     - { option: "start-fast", value: "y" }
505     - { option: "stop-auto", value: "y" }
506     - { option: "resume", value: "n" }
507     - { option: "link-all", value: "y" }
508     - { option: "archive-check", value: "y" }
509     - { option: "archive-copy", value: "n" }
510     - { option: "backup-standby", value: "y" }
511 #     - { option: "", value: "" }
512 # the stanza section will be generated automatically
513
514 pgbackrest_archive_command: "pgbackrest --stanza={{ pgbackrest_stanza }} archive-push %p"
515
516 pgbackrest_patroni_cluster_restore_command:
517   '/usr/bin/pgbackrest --stanza={{ pgbackrest_stanza }} --delta restore' # restore from
      latest backup
518 #   '/usr/bin/pgbackrest --stanza={{ pgbackrest_stanza }} --type=time "--target=2020-06-01
      11:00:00+03" --delta restore' # Point-in-Time Recovery (example)
519
520 # By default, the cron jobs is created on the database server.
521 # If 'repo_host' is defined, the cron jobs will be created on the pgbackrest server.
522 pgbackrest_cron_jobs:
523   - name: "pgBackRest: Full Backup"
524     file: "/etc/cron.d/pgbackrest-{{ patroni_cluster_name }}"
525     user: "postgres"
526     minute: "30"
527     hour: "6"
528     day: "*"
529     month: "*"
530     weekday: "0"
531     job: "pgbackrest --type=full --stanza={{ pgbackrest_stanza }} backup"
532     # job: "if [ $(psql -tAXc 'select pg_is_in_recovery()') = 'f' ]; then pgbackrest --
      type=full --stanza={{ pgbackrest_stanza }} backup; fi"
533   - name: "pgBackRest: Diff Backup"
534     file: "/etc/cron.d/pgbackrest-{{ patroni_cluster_name }}"
535     user: "postgres"
536     minute: "30"
537     hour: "6"

```

```

538     day: "*"
539     month: "*"
540     weekday: "1-6"
541     job: "pgbackrest --type=diff --stanza={{ pgbackrest_stanza }} backup"
542     # job: "if [ $(psql -tAXc 'select pg_is_in_recovery()') = 'f' ]; then pgbackrest --type=diff --stanza={{ pgbackrest_stanza }} backup; fi"
543
544 # PITR mode (if patroni_cluster_bootstrap_method: "pgbackrest" or "wal-g"):
545 # 1) The database cluster directory will be cleaned (for "wal-g") or overwritten (for "pgbackrest" --delta restore).
546 # 2) And also the patroni cluster "{{ patroni_cluster_name }}" will be removed from the DCS (if exist) before recovery.
547
548 disable_archive_command: true # or 'false' to not disable archive_command after restore
549 keep_patroni_dynamic_json: true # or 'false' to remove patroni.dynamic.json after
      restore (if exists)
550
551 # Netdata - https://github.com/netdata/netdata
552 netdata_install: false # or 'true' for install Netdata on postgresql cluster nodes (with
      kickstart.sh)
553 netdata_install_options: "--stable-channel --disable-telemetry --dont-wait"
554 netdata_conf:
555   web_bind_to: "*"
556   # https://learn.netdata.cloud/docs/store/change-metrics-storage
557   memory_mode: "dbengine" # The long-term metrics storage with efficient RAM and disk
      usage.
558   page_cache_size: 64 # Determines the amount of RAM in MiB that is dedicated to caching
      Netdata metric values.
559   dbengine_disk_space: 1024 # Determines the amount of disk space in MiB that is
      dedicated to storing Netdata metric values.
560
561 ...
562
563

```

Listing 132: Testsystem - Deployment - main.yml

Jetzt muss geprüft werden, ob die Hosts für Ansible erreichbar sind:

```

1 root@skks1000:~/postgresql_cluster# ansible all -m ping
2 10.0.22.176 | SUCCESS => {
3     "changed": false,
4     "ping": "pong"
5 }
6 10.0.22.177 | SUCCESS => {
7     "changed": false,
8     "ping": "pong"
9 }
10 10.0.22.172 | SUCCESS => {
11     "changed": false,
12     "ping": "pong"
13 }
14 10.0.22.170 | SUCCESS => {
15     "changed": false,
16     "ping": "pong"

```

```

17 }
18 10.0.22.171 | SUCCESS => {      "changed": false,
19     "ping": "pong"
20 }
21 10.0.22.175 | SUCCESS => {
22     "changed": false,
23     "ping": "pong"
24 }
25 10.0.22.173 | SUCCESS => {
26     "changed": false,
27     "ping": "pong"
28 }
29 10.0.22.174 | SUCCESS => {
30     "changed": false,
31     "ping": "pong"
32 }
33

```

Listing 133: Deploy - Anhang - Ansible Ping

Deployt wird wie folgt:

```

1 ansible-playbook deploy_pgcluster.yml
2

```

Listing 134: Deploy - Anhang - deploy\_pgcluster.yml

Nach dem Deployment sollte folgende Ausgabe zu sehen sein:

```

1 root@skks1000:~/postgresql_cluster# ansible-playbook deploy_pgcluster.yml
2
3 PLAY [Deploy PostgreSQL HA Cluster (based on "Patroni")]
*****
4
5 TASK [Gathering Facts]
*****
6 ok: [10.0.22.170]
7 ok: [10.0.22.172]
8 ok: [10.0.22.171]
9 ok: [10.0.22.176]
10 ok: [10.0.22.177]
11 ok: [10.0.22.173]
12 ok: [10.0.22.175]
13 ok: [10.0.22.174]
14
15 TASK [Include main variables]
*****
16 ok: [10.0.22.170]
17 ok: [10.0.22.171]
18 ok: [10.0.22.172]
19 ok: [10.0.22.176]
20 ok: [10.0.22.177]
21 ok: [10.0.22.173]

```

```

22 ok: [10.0.22.174]
23 ok: [10.0.22.175]
24 TASK [Include system variables]
*****
25 ok: [10.0.22.171]
26 ok: [10.0.22.170]
27 ok: [10.0.22.176]
28 ok: [10.0.22.177]
29 ok: [10.0.22.172]
30 ok: [10.0.22.173]
31 ok: [10.0.22.174]
32 ok: [10.0.22.175]
33 TASK [Include OS-specific variables]
*****
34 ok: [10.0.22.171]
35 ok: [10.0.22.170]
36 ok: [10.0.22.172]
37 ok: [10.0.22.176]
38 ok: [10.0.22.177]
39 ok: [10.0.22.173]
40 ok: [10.0.22.174]
41 ok: [10.0.22.175]
42
43 TASK [System information]
*****
44 ok: [10.0.22.170] => {
45   "system_info": {
46     "Architecture": "x86_64",
47     "CPU model": "Intel(R) Xeon(R) Gold 6142 CPU @ 2.60GHz, count: 4, cores: 1",
48     "Disk space total": "45.14 GB",
49     "Kernel": "6.1.0-18-amd64",
50     "Memory": "7.71 GB",
51     "OS": "Debian 12.5",
52     "Product name": "VMware Virtual Platform",
53     "Virtualization type": "VMware"
54   }
55 }
56 ok: [10.0.22.171] => {
57   "system_info": {
58     "Architecture": "x86_64",
59     "CPU model": "Intel(R) Xeon(R) Gold 6142 CPU @ 2.60GHz, count: 4, cores: 1",
60     "Disk space total": "45.14 GB",
61     "Kernel": "6.1.0-18-amd64",
62     "Memory": "7.71 GB",
63     "OS": "Debian 12.5",
64     "Product name": "VMware Virtual Platform",
65     "Virtualization type": "VMware"
66   }
67 }
68 ok: [10.0.22.176] => {
69   "system_info": {

```

```

70     "Architecture": "x86_64",
71     "CPU model": "Intel(R) Xeon(R) Gold 6142 CPU @ 2.60GHz, count: 4, cores: 1",
72     "Disk space total": "45.14 GB",
73     "Kernel": "6.1.0-18-amd64",
74     "Memory": "7.71 GB",
75     "OS": "Debian 12.5",
76     "Product name": "VMware Virtual Platform",
77     "Virtualization type": "VMware"
78   }
79 }
80 ok: [10.0.22.177] => {
81   "system_info": {
82     "Architecture": "x86_64",
83     "CPU model": "Intel(R) Xeon(R) Gold 6142 CPU @ 2.60GHz, count: 4, cores: 1",
84     "Disk space total": "45.14 GB",
85     "Kernel": "6.1.0-18-amd64",
86     "Memory": "7.71 GB",
87     "OS": "Debian 12.5",
88     "Product name": "VMware Virtual Platform",
89     "Virtualization type": "VMware"
90   }
91 }
92 ok: [10.0.22.172] => {
93   "system_info": {
94     "Architecture": "x86_64",
95     "CPU model": "Intel(R) Xeon(R) Gold 6142 CPU @ 2.60GHz, count: 4, cores: 1",
96     "Disk space total": "45.14 GB",
97     "Kernel": "6.1.0-18-amd64",
98     "Memory": "7.71 GB",
99     "OS": "Debian 12.5",
100    "Product name": "VMware Virtual Platform",
101    "Virtualization type": "VMware"
102  }
103 }
104 ok: [10.0.22.173] => {
105   "system_info": {
106     "Architecture": "x86_64",
107     "CPU model": "Intel(R) Xeon(R) Gold 6142 CPU @ 2.60GHz, count: 8, cores: 1",
108     "Disk space total": "45.14 GB",
109     "Kernel": "6.1.0-20-amd64",
110     "Memory": "7.71 GB",
111     "OS": "Debian 12.5",
112     "Product name": "VMware Virtual Platform",
113     "Virtualization type": "VMware"
114   }
115 }
116 ok: [10.0.22.174] => {
117   "system_info": {
118     "Architecture": "x86_64",
119     "CPU model": "Intel(R) Xeon(R) Gold 6142 CPU @ 2.60GHz, count: 8, cores: 1",
120     "Disk space total": "45.14 GB",
121     "Kernel": "6.1.0-20-amd64",
122     "Memory": "7.71 GB",
123     "OS": "Debian 12.5",

```

```

123     "Product name": "VMware Virtual Platform",
124     "Virtualization type": "VMware"      }
125 }
126 ok: [10.0.22.175] => {
127     "system_info": {
128         "Architecture": "x86_64",
129         "CPU model": "Intel(R) Xeon(R) Gold 6142 CPU @ 2.60GHz, count: 8, cores: 1",
130         "Disk space total": "45.14 GB",
131         "Kernel": "6.1.0-20-amd64",
132         "Memory": "7.71 GB",
133         "OS": "Debian 12.5",
134         "Product name": "VMware Virtual Platform",
135         "Virtualization type": "VMware"
136     }
137 }
138
139 TASK [pre-checks : PostgreSQL | check that data directory "/var/lib/postgresql/16/main"
140       is not initialized]
141 ****
142 ok: [10.0.22.173]
143 ok: [10.0.22.175]
144 ok: [10.0.22.174]
145
146 TASK [Update apt cache]
147 ****
148 ok: [10.0.22.170]
149 ok: [10.0.22.176]
150 ok: [10.0.22.172]
151 ok: [10.0.22.177]
152 ok: [10.0.22.171]
153 ok: [10.0.22.173]
154 ok: [10.0.22.175]
155 ok: [10.0.22.174]
156
157 TASK [Make sure the gnupg and apt-transport-https packages are present]
158 ****
159 changed: [10.0.22.170]
160 changed: [10.0.22.176]
161 changed: [10.0.22.172]
162 changed: [10.0.22.171]
163 changed: [10.0.22.177]
164 changed: [10.0.22.173]
165 changed: [10.0.22.175]
166 changed: [10.0.22.174]
167
168 TASK [Make sure that the iproute is installed]
169 ****
170 ok: [10.0.22.170]
171 ok: [10.0.22.176]
172 ok: [10.0.22.172]

```

```

168 ok: [10.0.22.171]
169 ok: [10.0.22.177] ok: [10.0.22.173]
170 ok: [10.0.22.175]
171 ok: [10.0.22.174]
172
173 PLAY [etcd_cluster.yml | Deploy etcd Cluster]
*****  

174
175 TASK [Gathering Facts]
*****  

176 ok: [10.0.22.170]
177 ok: [10.0.22.172]
178 ok: [10.0.22.171]
179
180 TASK [Include main variables]
*****  

181 ok: [10.0.22.170]
182 ok: [10.0.22.171]
183 ok: [10.0.22.172]
184
185 TASK [Include system variables]
*****  

186 ok: [10.0.22.170]
187 ok: [10.0.22.171]
188 ok: [10.0.22.172]
189
190 TASK [Include OS-specific variables]
*****  

191 ok: [10.0.22.170]
192 ok: [10.0.22.171]
193 ok: [10.0.22.172]
194
195 TASK [Update apt cache]
*****  

196 ok: [10.0.22.170]
197 ok: [10.0.22.172]
198 ok: [10.0.22.171]
199
200 TASK [Make sure the gnupg and apt-transport-https packages are present]
*****  

201 ok: [10.0.22.170]
202 ok: [10.0.22.172]
203 ok: [10.0.22.171]
204
205 TASK [sysctl : Build a sysctl_conf dynamic variable]
*****  


```

```

206 ok: [10.0.22.170] => (item=etcd_cluster)
207 ok: [10.0.22.171] => (item=etcd_cluster)ok: [10.0.22.172] => (item=etcd_cluster)
208
209 TASK [etcd : Make sure the unzip/tar packages are present]
*****
210 changed: [10.0.22.170]
211 changed: [10.0.22.172]
212 changed: [10.0.22.171]
213
214 TASK [etcd : Download "etcd" package]
*****
215 changed: [10.0.22.171] => (item=https://github.com/etcd-io/etcd/releases/download/v3
.5.11/etcd-v3.5.11-linux-amd64.tar.gz)
216 [WARNING]: Module remote_tmp /tmp/root/ansible did not exist and was created with a mode
of 0700, this may cause issues when running as another user. To avoid this, create the
remote_tmp dir with the correct
217 permissions manually
218 changed: [10.0.22.172] => (item=https://github.com/etcd-io/etcd/releases/download/v3
.5.11/etcd-v3.5.11-linux-amd64.tar.gz)
219 changed: [10.0.22.170] => (item=https://github.com/etcd-io/etcd/releases/download/v3
.5.11/etcd-v3.5.11-linux-amd64.tar.gz)
220
221 TASK [etcd : Extract "etcd" into /tmp]
*****
222 changed: [10.0.22.170]
223 changed: [10.0.22.172]
224 changed: [10.0.22.171]
225
226 TASK [etcd : Copy "etcd" and "etcdctl" binary files to /usr/local/bin/]
*****
227 changed: [10.0.22.170] => (item=etcd)
228 changed: [10.0.22.172] => (item=etcd)
229 changed: [10.0.22.171] => (item=etcd)
230 changed: [10.0.22.170] => (item=etcdctl)
231 changed: [10.0.22.172] => (item=etcdctl)
232 changed: [10.0.22.171] => (item=etcdctl)
233
234 TASK [etcd : Add etcd user]
*****
235 changed: [10.0.22.170]
236 changed: [10.0.22.171]
237 changed: [10.0.22.172]
238
239 TASK [etcd : Create etcd conf directory]
*****
240 changed: [10.0.22.170]
241 changed: [10.0.22.172]
242 changed: [10.0.22.171]

```

```

243
244 TASK [etcd : Create etcd data directory]
*****
   changed: [10.0.22.170]
245 changed: [10.0.22.172]
246 changed: [10.0.22.171]
247 [WARNING]: sftp transfer mechanism failed on [10.0.22.170]. Use ANSIBLE_DEBUG=1 to see
      detailed information
248 [WARNING]: sftp transfer mechanism failed on [10.0.22.172]. Use ANSIBLE_DEBUG=1 to see
      detailed information
249 [WARNING]: sftp transfer mechanism failed on [10.0.22.171]. Use ANSIBLE_DEBUG=1 to see
      detailed information
250
251 TASK [etcd : Generate conf file "/etc/etcd/etcd.conf"]
*****
252 changed: [10.0.22.170]
253 changed: [10.0.22.172]
254 changed: [10.0.22.171]
255
256 TASK [etcd : Copy systemd service file]
*****
257 changed: [10.0.22.170]
258 changed: [10.0.22.171]
259 changed: [10.0.22.172]
260
261 TASK [etcd : Enable and start etcd service]
*****
262 changed: [10.0.22.172]
263 changed: [10.0.22.171]
264 changed: [10.0.22.170]
265
266 TASK [etcd : Wait for port 2379 to become open on the host]
*****
267 ok: [10.0.22.170]
268 ok: [10.0.22.172]
269 ok: [10.0.22.171]
270
271 TASK [etcd : Wait until the etcd cluster is healthy]
*****
272 ok: [10.0.22.172]
273 ok: [10.0.22.171]
274 ok: [10.0.22.170]
275
276 TASK [etcd : cluster health]
*****
277 ok: [10.0.22.170] => {
278     "msg": "http://10.0.22.170:2379 is healthy: successfully committed proposal: took =
2.588786ms\n"

```

```

279 }
280 ok: [10.0.22.171] => {      "msg": "http://10.0.22.171:2379 is healthy: successfully
281     committed proposal: took = 5.296369ms\n"
282 }
283 ok: [10.0.22.172] => {
284     "msg": "http://10.0.22.172:2379 is healthy: successfully committed proposal: took =
285     2.024139ms\n"
286 }
287
288 PLAY [consul.yml | Configure Consul instances]
289
290 skipping: no hosts matched
291
292 PLAY [deploy_pgcluster.yml | Postgres Cluster Configuration]
293
294
295
296 TASK [Gathering Facts]
297
298 ok: [10.0.22.174]
299 ok: [10.0.22.173]
300 ok: [10.0.22.175]
301
302 TASK [Include main variables]
303
304 ok: [10.0.22.173]
305 ok: [10.0.22.174]
306 ok: [10.0.22.175]
307
308 TASK [Include system variables]
309
310 ok: [10.0.22.173]
311 ok: [10.0.22.174]
312 ok: [10.0.22.175]
313
314 TASK [add-repository : Add repository apt-key]
315
316 changed: [10.0.22.173] => (item={'key': 'https://www.postgresql.org/media/keys/ACCC4CF8.
317     asc'})
318 changed: [10.0.22.175] => (item={'key': 'https://www.postgresql.org/media/keys/ACCC4CF8.
319     asc'})
320 changed: [10.0.22.174] => (item={'key': 'https://www.postgresql.org/media/keys/ACCC4CF8.
321     asc'})

```

```

        asc'})

315 TASK [add-repository : Add repository]
*****
changed: [10.0.22.175] => (item={'repo': 'deb https://apt.postgresql.org/pub/
repos/apt/ bookworm-pgdg main'})
316 changed: [10.0.22.173] => (item={'repo': 'deb https://apt.postgresql.org/pub/repos/apt/
bookworm-pgdg main'})
317 changed: [10.0.22.174] => (item={'repo': 'deb https://apt.postgresql.org/pub/repos/apt/
bookworm-pgdg main'})
318
319 TASK [packages : Install system packages]
*****
320 ok: [10.0.22.173] => (item=['python3'])
321 ok: [10.0.22.175] => (item=['python3'])
322 ok: [10.0.22.174] => (item=['python3'])
323 ok: [10.0.22.173] => (item=python3)
324 ok: [10.0.22.175] => (item=python3)
325 ok: [10.0.22.174] => (item=python3)
326 changed: [10.0.22.175] => (item=python3-dev)
327 changed: [10.0.22.173] => (item=python3-dev)
328 changed: [10.0.22.174] => (item=python3-dev)
329 changed: [10.0.22.175] => (item=python3-psycopg2)
330 changed: [10.0.22.173] => (item=python3-psycopg2)
331 changed: [10.0.22.175] => (item=python3-setuptools)
332 changed: [10.0.22.174] => (item=python3-psycopg2)
333 changed: [10.0.22.173] => (item=python3-setuptools)
334 changed: [10.0.22.174] => (item=python3-setuptools)
335 changed: [10.0.22.175] => (item=python3-pip)
336 changed: [10.0.22.173] => (item=python3-pip)
337 ok: [10.0.22.175] => (item=curl)
338 ok: [10.0.22.173] => (item=curl)
339 ok: [10.0.22.175] => (item=less)
340 ok: [10.0.22.173] => (item=less)
341 ok: [10.0.22.175] => (item=sudo)
342 ok: [10.0.22.173] => (item=sudo)
343 changed: [10.0.22.174] => (item=python3-pip)
344 ok: [10.0.22.174] => (item=curl)
345 ok: [10.0.22.174] => (item=less)
346 ok: [10.0.22.174] => (item=sudo)
347 changed: [10.0.22.175] => (item=vim)
348 changed: [10.0.22.173] => (item=vim)
349 ok: [10.0.22.175] => (item=gcc)
350 ok: [10.0.22.173] => (item=gcc)
351 changed: [10.0.22.175] => (item=jq)
352 changed: [10.0.22.173] => (item=jq)
353 ok: [10.0.22.175] => (item=iptables)
354 ok: [10.0.22.173] => (item=iptables)
355 changed: [10.0.22.174] => (item=vim)
356 ok: [10.0.22.174] => (item=gcc)
357 changed: [10.0.22.175] => (item=acl)
358 changed: [10.0.22.173] => (item=acl)
359 changed: [10.0.22.175] => (item=dnsutils)
360 changed: [10.0.22.174] => (item=jq)

```

```

361 changed: [10.0.22.173] => (item=dnsutils)
362 ok: [10.0.22.174] => (item=iptables)changed: [10.0.22.174] => (item=acl)
363 changed: [10.0.22.174] => (item=dnsutils)
364
365 TASK [packages : PostgreSQL | ensure postgresql database-cluster manager package]
*****
366 changed: [10.0.22.173]
367 changed: [10.0.22.174]
368 changed: [10.0.22.175]
369
370 TASK [packages : PostgreSQL | disable initializing of a default postgresql cluster]
*****
371 changed: [10.0.22.175]
372 changed: [10.0.22.173]
373 changed: [10.0.22.174]
374
375 TASK [packages : PostgreSQL | disable log rotation with logrotate for postgresql]
*****
376 changed: [10.0.22.173]
377 changed: [10.0.22.174]
378 changed: [10.0.22.175]
379
380 TASK [packages : Install PostgreSQL packages]
*****
381 changed: [10.0.22.174] => (item=postgresql-16)
382 changed: [10.0.22.173] => (item=postgresql-16)
383 changed: [10.0.22.175] => (item=postgresql-16)
384 ok: [10.0.22.173] => (item=postgresql-client-16)
385 ok: [10.0.22.174] => (item=postgresql-client-16)
386 ok: [10.0.22.175] => (item=postgresql-client-16)
387 ok: [10.0.22.173] => (item=postgresql-contrib-16)
388 ok: [10.0.22.175] => (item=postgresql-contrib-16)
389 ok: [10.0.22.174] => (item=postgresql-contrib-16)
390 changed: [10.0.22.174] => (item=postgresql-server-dev-16)
391 changed: [10.0.22.175] => (item=postgresql-server-dev-16)
392 changed: [10.0.22.173] => (item=postgresql-server-dev-16)
393 [WARNING]: sftp transfer mechanism failed on [10.0.22.174]. Use ANSIBLE_DEBUG=1 to see
            detailed information
394 [WARNING]: sftp transfer mechanism failed on [10.0.22.173]. Use ANSIBLE_DEBUG=1 to see
            detailed information
395 [WARNING]: sftp transfer mechanism failed on [10.0.22.175]. Use ANSIBLE_DEBUG=1 to see
            detailed information
396
397 TASK [sudo : Add user to /etc/sudoers.d/]
*****
398 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'postgres', 'nopasswd': 'yes', 'commands': 'ALL',
      })
399 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'postgres', 'nopasswd': 'yes', 'commands': 'ALL',
      })

```

```

400 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'postgres', 'nopasswd': 'yes', 'commands': 'ALL',
401   })
401 TASK [swap : Ensure swap exists]
402 ****
402 ok: [10.0.22.173]
403 ok: [10.0.22.175]
403 ok: [10.0.22.174]
404
405 TASK [swap : Swap exists]
406 ****
406 ok: [10.0.22.173] => {
407   "msg": "swap_size_mb: 3904"
408 }
409 ok: [10.0.22.174] => {
410   "msg": "swap_size_mb: 3904"
411 }
412 ok: [10.0.22.175] => {
413   "msg": "swap_size_mb: 3904"
414 }
415
416 TASK [swap : Disable all existing swaps]
417 ****
417 changed: [10.0.22.173]
418 changed: [10.0.22.174]
419 changed: [10.0.22.175]
420
421 TASK [swap : Remove swap from /etc/fstab]
422 ****
422 changed: [10.0.22.174]
423 changed: [10.0.22.173]
424 changed: [10.0.22.175]
425
426 TASK [swap : Remove swap file (if exists)]
427 ****
427 ok: [10.0.22.174]
428 ok: [10.0.22.175]
429 ok: [10.0.22.173]
430
431 TASK [swap : Create swap file]
432 ****
432 changed: [10.0.22.175]
433 changed: [10.0.22.173]
434 changed: [10.0.22.174]
435
436 TASK [swap : Set permissions on swap file]
437 ****
437 changed: [10.0.22.173]
438 changed: [10.0.22.174]

```

```

439 changed: [10.0.22.175]
440 TASK [swap : Make swap file if necessary]
  ****
  changed: [10.0.22.175]
441 changed: [10.0.22.173]
442 changed: [10.0.22.174]
443
444 TASK [swap : Run swapon on the swap file]
  ****

445 changed: [10.0.22.173]
446 changed: [10.0.22.174]
447 changed: [10.0.22.175]
448
449 TASK [swap : Manage swap file entry in fstab]
  ****

450 changed: [10.0.22.173]
451 changed: [10.0.22.175]
452 changed: [10.0.22.174]
453
454 TASK [sysctl : Build a sysctl_conf dynamic variable]
  ****

455 ok: [10.0.22.173] => (item=master)
456 ok: [10.0.22.173] => (item=postgres_cluster)
457 ok: [10.0.22.174] => (item=postgres_cluster)
458 ok: [10.0.22.174] => (item=replica)
459 ok: [10.0.22.175] => (item=postgres_cluster)
460 ok: [10.0.22.175] => (item=replica)
461
462 TASK [sysctl : Setting kernel parameters]
  ****

463 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'vm.overcommit_memory', 'value': '2'})
464 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'vm.overcommit_memory', 'value': '2'})
465 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'vm.swappiness', 'value': '1'})
466 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'vm.swappiness', 'value': '1'})
467 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'vm.min_free_kbytes', 'value': '102400'})
468 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'vm.min_free_kbytes', 'value': '102400'})
469 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'vm.dirty_expire_centisecs', 'value': '1000'})
470 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'vm.dirty_expire_centisecs', 'value': '1000'})
471 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'vm.dirty_background_bytes', 'value': '67108864',
    })
472 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'vm.overcommit_memory', 'value': '2'})
473 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'vm.dirty_bytes', 'value': '536870912'})
474 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'vm.swappiness', 'value': '1'})
475 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'vm.zone_reclaim_mode', 'value': '0'})
476 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'vm.min_free_kbytes', 'value': '102400'})
477 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'kernel.numa_balancing', 'value': '0'})
478 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'vm.dirty_expire_centisecs', 'value': '1000'})
479 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'kernel.sched_autogroup_enabled', 'value': '0'})
480 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'vm.dirty_background_bytes', 'value': '67108864',
    })

```

```

481 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'vm.dirty_background_bytes', 'value': '67108864',
482     })
482 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_nonlocal_bind', 'value': '1'})
483     changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'vm.dirty_bytes', 'value': '536870912'})
483 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_forward', 'value': '1'})
484 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'vm.zone_reclaim_mode', 'value': '0'})
485 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_local_port_range', 'value': '10000
485     65535'})
486 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'kernel.numa_balancing', 'value': '0'})
487 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'net.core.netdev_max_backlog', 'value': '10000
487     })
488 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'kernel.sched_autogroup_enabled', 'value': '0'})
489 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_nonlocal_bind', 'value': '1'})
490 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'vm.dirty_bytes', 'value': '536870912'})
491 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'vm.zone_reclaim_mode', 'value': '0'})
492 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'kernel.numa_balancing', 'value': '0'})
493 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'kernel.sched_autogroup_enabled', 'value': '0'})
494 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_max_syn_backlog', 'value': '8192
494     })
495 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_nonlocal_bind', 'value': '1'})
496 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'net.core.somaxconn', 'value': '65535'})
497 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_forward', 'value': '1'})
498 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_forward', 'value': '1'})
499 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_local_port_range', 'value': '10000
499     65535'})
500 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'net.core.netdev_max_backlog', 'value': '10000
500     })
501 changed: [10.0.22.175] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_tw_reuse', 'value': '1'})
502 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_local_port_range', 'value': '10000
502     65535'})
503 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'net.core.netdev_max_backlog', 'value': '10000
503     })
504 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_max_syn_backlog', 'value': '8192
504     })
505 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_max_syn_backlog', 'value': '8192
505     })
506 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'net.core.somaxconn', 'value': '65535'})
507 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'net.core.somaxconn', 'value': '65535'})
508 changed: [10.0.22.174] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_tw_reuse', 'value': '1'})
509 changed: [10.0.22.173] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_tw_reuse', 'value': '1'})
510
511 TASK [transparent_huge_pages : Create systemd service "disable-transparent-huge-pages.
511     service"]
511 ****
512 changed: [10.0.22.174]
513 changed: [10.0.22.173]
514 changed: [10.0.22.175]
515
516 RUNNING HANDLER [transparent_huge_pages : Start disable-transparent-huge-pages service]
516 ****
517 changed: [10.0.22.174]
518 changed: [10.0.22.173]

```

```

519 changed: [10.0.22.175]
520 TASK [pam_limits : Linux PAM limits | add or modify nofile limits]
*****
changed: [10.0.22.174] => (item={'limit_type': 'soft', 'limit_item': 'nofile', 'value': 65536})
521 changed: [10.0.22.175] => (item={'limit_type': 'soft', 'limit_item': 'nofile', 'value': 65536})
522 changed: [10.0.22.173] => (item={'limit_type': 'soft', 'limit_item': 'nofile', 'value': 65536})
523 changed: [10.0.22.174] => (item={'limit_type': 'hard', 'limit_item': 'nofile', 'value': 200000})
524 changed: [10.0.22.175] => (item={'limit_type': 'hard', 'limit_item': 'nofile', 'value': 200000})
525 changed: [10.0.22.173] => (item={'limit_type': 'hard', 'limit_item': 'nofile', 'value': 200000})
526
527 TASK [locales : Generate locales]
*****
528 ok: [10.0.22.174] => (item={'language_country': 'en_US', 'encoding': 'UTF-8'})
529 ok: [10.0.22.175] => (item={'language_country': 'en_US', 'encoding': 'UTF-8'})
530 ok: [10.0.22.173] => (item={'language_country': 'en_US', 'encoding': 'UTF-8'})
531
532 TASK [locales : Set locale "en_US.utf-8" into /etc/default/locale]
*****
533 changed: [10.0.22.173] => (item=LANG=en_US.utf-8)
534 changed: [10.0.22.174] => (item=LANG=en_US.utf-8)
535 changed: [10.0.22.175] => (item=LANG=en_US.utf-8)
536 changed: [10.0.22.173] => (item=LANGUAGE=en_US.utf-8)
537 changed: [10.0.22.174] => (item=LANGUAGE=en_US.utf-8)
538 changed: [10.0.22.175] => (item=LANGUAGE=en_US.utf-8)
539 changed: [10.0.22.173] => (item=LC_ALL=en_US.utf-8)
540 changed: [10.0.22.174] => (item=LC_ALL=en_US.utf-8)
541 changed: [10.0.22.175] => (item=LC_ALL=en_US.utf-8)
542
543 PLAY [balancers.yml | Configure HAProxy load balancers]
*****
544
545 TASK [Gathering Facts]
*****
546 ok: [10.0.22.176]
547 ok: [10.0.22.177]
548
549 TASK [Include main variables]
*****
550 ok: [10.0.22.176]
551 ok: [10.0.22.177]
552
553 TASK [Include system variables]
*****

```

```

554 ok: [10.0.22.176] ok: [10.0.22.177]
555
556 TASK [Include OS-specific variables]
*****
557 ok: [10.0.22.176]
558 ok: [10.0.22.177]
559
560 TASK [Update apt cache]
*****
561 ok: [10.0.22.176]
562 ok: [10.0.22.177]
563
564 TASK [Make sure the gnupg and apt-transport-https packages are present]
*****
565 ok: [10.0.22.176]
566 ok: [10.0.22.177]
567
568 TASK [sysctl : Build a sysctl_conf dynamic variable]
*****
569 ok: [10.0.22.176] => (item=balancers)
570 ok: [10.0.22.177] => (item=balancers)
571
572 TASK [sysctl : Setting kernel parameters]
*****
573 changed: [10.0.22.176] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_nonlocal_bind', 'value': '1'})
574 changed: [10.0.22.177] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_nonlocal_bind', 'value': '1'})
575 changed: [10.0.22.176] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_forward', 'value': '1'})
576 changed: [10.0.22.177] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_forward', 'value': '1'})
577 changed: [10.0.22.176] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_local_port_range', 'value': '10000
      65535'})
578 changed: [10.0.22.177] => (item={'name': 'net.ipv4.ip_local_port_range', 'value': '10000
      65535'})
579 changed: [10.0.22.176] => (item={'name': 'net.core.netdev_max_backlog', 'value': '10000
      })
580 changed: [10.0.22.177] => (item={'name': 'net.core.netdev_max_backlog', 'value': '10000
      })
581 changed: [10.0.22.177] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_max_syn_backlog', 'value': '8192
      })
582 changed: [10.0.22.176] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_max_syn_backlog', 'value': '8192
      })
583 changed: [10.0.22.176] => (item={'name': 'net.core.somaxconn', 'value': '65535'})
584 changed: [10.0.22.177] => (item={'name': 'net.core.somaxconn', 'value': '65535'})
585 changed: [10.0.22.176] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_tw_reuse', 'value': '1'})
586 changed: [10.0.22.177] => (item={'name': 'net.ipv4.tcp_tw_reuse', 'value': '1'})
587
588 TASK [haproxy : Install HAProxy package]
*****

```

```

589 changed: [10.0.22.176]
590 changed: [10.0.22.177]
591 TASK [haproxy : Make sure the kernel parameter "net.ipv4.ip_nonlocal_bind" are enabled]
*****
592 ok: [10.0.22.177]
593 ok: [10.0.22.176]
594
595 TASK [haproxy : Add haproxy group]
*****
596 ok: [10.0.22.176]
597 ok: [10.0.22.177]
598
599 TASK [haproxy : Add haproxy user]
*****
600 changed: [10.0.22.176]
601 changed: [10.0.22.177]
602
603 TASK [haproxy : Create directories]
*****
604 changed: [10.0.22.177] => (item=/etc/haproxy)
605 changed: [10.0.22.176] => (item=/etc/haproxy)
606 ok: [10.0.22.177] => (item=/run/haproxy)
607 ok: [10.0.22.176] => (item=/run/haproxy)
608 changed: [10.0.22.177] => (item=/var/lib/haproxy/dev)
609 changed: [10.0.22.176] => (item=/var/lib/haproxy/dev)
610 [WARNING]: sftp transfer mechanism failed on [10.0.22.177]. Use ANSIBLE_DEBUG=1 to see
    detailed information
611 [WARNING]: sftp transfer mechanism failed on [10.0.22.176]. Use ANSIBLE_DEBUG=1 to see
    detailed information
612
613 TASK [haproxy : Generate conf file "/etc/haproxy/haproxy.cfg"]
*****
614 changed: [10.0.22.177]
615 changed: [10.0.22.176]
616
617 TASK [haproxy : Generate systemd service file "/etc/systemd/system/haproxy.service"]
*****
618 changed: [10.0.22.177]
619 changed: [10.0.22.176]
620
621 TASK [confd : Download and copy "confd" binary file to /usr/local/bin/]
*****
622 changed: [10.0.22.177] => (item=https://github.com/kelseyhightower/confd/releases/
    download/v0.16.0/confd-0.16.0-linux-amd64)
623 changed: [10.0.22.176] => (item=https://github.com/kelseyhightower/confd/releases/
    download/v0.16.0/confd-0.16.0-linux-amd64)
624
```

```

625 TASK [confd : Create conf directories]
*****
626 changed: [10.0.22.176] => (item=/etc/confd/conf.d)changed: [10.0.22.177] => (item=/etc/
    confd/conf.d)
627 changed: [10.0.22.176] => (item=/etc/confd/templates)
628 changed: [10.0.22.177] => (item=/etc/confd/templates)
629
630 TASK [confd : Generate conf file "/etc/confd/confd.toml"]
*****
631 changed: [10.0.22.177]
632 changed: [10.0.22.176]
633
634 TASK [confd : Generate conf file "/etc/confd/conf.d/haproxy.toml"]
*****
635 changed: [10.0.22.176]
636 changed: [10.0.22.177]
637
638 TASK [confd : Generate template "/etc/confd/templates/haproxy.tmpl"]
*****
639 changed: [10.0.22.177]
640 changed: [10.0.22.176]
641
642 TASK [confd : Copy systemd service file]
*****
643 changed: [10.0.22.177]
644 changed: [10.0.22.176]
645
646 TASK [keepalived : Install keepalived packages]
*****
647 changed: [10.0.22.177]
648 changed: [10.0.22.176]
649
650 TASK [keepalived : Make sure the kernel parameters "net.ipv4.ip_nonlocal_bind", "net.ipv4
    .ip_forward" are enabled]
*****
651 ok: [10.0.22.176] => (item=net.ipv4.ip_nonlocal_bind)
652 ok: [10.0.22.177] => (item=net.ipv4.ip_nonlocal_bind)
653 ok: [10.0.22.177] => (item=net.ipv4.ip_forward)
654 ok: [10.0.22.176] => (item=net.ipv4.ip_forward)
655
656 TASK [keepalived : Make sure the "/usr/libexec/keepalived" directory exists]
*****
657 changed: [10.0.22.176]
658 changed: [10.0.22.177]
659
660 TASK [keepalived : Create vrrp_script "/usr/libexec/keepalived/haproxy_check.sh"]

```

```

*****
661 changed: [10.0.22.177] changed: [10.0.22.176]
662
663 TASK [keepalived : Generate conf file "/etc/keepalived/keepalived.conf"]
*****
664 changed: [10.0.22.177]
665 changed: [10.0.22.176]
666
667 RUNNING HANDLER [haproxy : Restart haproxy service]
*****
668 changed: [10.0.22.177]
669 changed: [10.0.22.176]
670
671 RUNNING HANDLER [haproxy : Check HAProxy is started and accepting connections]
*****
672 ok: [10.0.22.177]
673 ok: [10.0.22.176]
674
675 RUNNING HANDLER [confd : Restart confd service]
*****
676 changed: [10.0.22.177]
677 changed: [10.0.22.176]
678
679 RUNNING HANDLER [keepalived : Restart keepalived service]
*****
680 changed: [10.0.22.177]
681 changed: [10.0.22.176]
682
683 RUNNING HANDLER [keepalived : Wait for the cluster ip address (VIP) "10.0.22.178" is
running]
*****
684 ok: [10.0.22.176]
685 ok: [10.0.22.177]
686
687 PLAY [deploy_pgcluster.yml | Install and configure pgBackRest]
*****
688
689 TASK [Gathering Facts]
*****
690 ok: [10.0.22.173]
691 ok: [10.0.22.175]
692 ok: [10.0.22.174]
693
694 TASK [Include main variables]
*****

```

```

695 ok: [10.0.22.173] ok: [10.0.22.174]
696 ok: [10.0.22.175]
697
698 TASK [Include OS-specific variables]
*****
699 ok: [10.0.22.173]
700 ok: [10.0.22.174]
701 ok: [10.0.22.175]
702
703 PLAY [deploy_pgcluster.yml | PostgreSQL Cluster Deployment]
*****
704
705 TASK [Gathering Facts]
*****
706 ok: [10.0.22.175]
707 ok: [10.0.22.173]
708 ok: [10.0.22.174]
709
710 TASK [Include main variables]
*****
711 ok: [10.0.22.173]
712 ok: [10.0.22.174]
713 ok: [10.0.22.175]
714
715 TASK [Include system variables]
*****
716 ok: [10.0.22.173]
717 ok: [10.0.22.174]
718 ok: [10.0.22.175]
719
720 TASK [Include OS-specific variables]
*****
721 ok: [10.0.22.173]
722 ok: [10.0.22.174]
723 ok: [10.0.22.175]
724
725 TASK [cron : Make sure that the cron package is installed]
*****
726 ok: [10.0.22.175]
727 ok: [10.0.22.174]
728 ok: [10.0.22.173]
729
730 TASK [pgbouncer : Install pgbouncer package]
*****
731 changed: [10.0.22.175]

```

```

732 changed: [10.0.22.173]
733 changed: [10.0.22.174]
734 TASK [pgbouncer : Ensure config directory "/etc/pgbouncer" exist]
*****
735 changed: [10.0.22.173]
736 changed: [10.0.22.175]
737 changed: [10.0.22.174]
738
739 TASK [pgbouncer : Ensure log directory "/var/log/pgbouncer" exist]
*****
740 changed: [10.0.22.173]
741 changed: [10.0.22.174]
742 changed: [10.0.22.175]
743
744 TASK [pgbouncer : Check if pgbouncer systemd service file exists]
*****
745 ok: [10.0.22.173]
746 ok: [10.0.22.174]
747 ok: [10.0.22.175]
748
749 TASK [pgbouncer : Stop and disable standard init script]
*****
750 changed: [10.0.22.174]
751 changed: [10.0.22.175]
752 changed: [10.0.22.173]
753
754 TASK [pgbouncer : Configure pgbouncer systemd service file]
*****
755 changed: [10.0.22.175] => (item=pgbouncer)
756 changed: [10.0.22.173] => (item=pgbouncer)
757 changed: [10.0.22.174] => (item=pgbouncer)
758
759 TASK [pgbouncer : Ensure pgbouncer service is enabled]
*****
760 changed: [10.0.22.173] => (item=pgbouncer)
761 changed: [10.0.22.174] => (item=pgbouncer)
762 changed: [10.0.22.175] => (item=pgbouncer)
763
764 TASK [pgbouncer : Enable log rotation with logrotate]
*****
765 changed: [10.0.22.175] => (item=pgbouncer)
766 changed: [10.0.22.174] => (item=pgbouncer)
767 changed: [10.0.22.173] => (item=pgbouncer)
768
769 TASK [pgbouncer : Configure pgbouncer.ini]
*****

```

```

770 changed: [10.0.22.175] => (item=pgbouncer)
771 changed: [10.0.22.173] => (item=pgbouncer)changed: [10.0.22.174] => (item=pgbouncer)
772
773 TASK [pgpass : Configure a password file (/var/lib/postgresql/.pgpass)]
*****
774 changed: [10.0.22.175]
775 changed: [10.0.22.174]
776 changed: [10.0.22.173]
777
778 RUNNING HANDLER [Restart pgbouncer service]
*****
779 changed: [10.0.22.174] => (item=pgbouncer)
780 changed: [10.0.22.173] => (item=pgbouncer)
781 changed: [10.0.22.175] => (item=pgbouncer)
782
783 RUNNING HANDLER [Wait for port "6432" to become open on the host]
*****
784 ok: [10.0.22.173]
785 ok: [10.0.22.174]
786 ok: [10.0.22.175]
787
788 TASK [patroni : Copy patroni requirements.txt file]
*****
789 changed: [10.0.22.174]
790 changed: [10.0.22.173]
791 changed: [10.0.22.175]
792
793 TASK [patroni : Install setuptools]
*****
794 changed: [10.0.22.175]
795 changed: [10.0.22.173]
796 changed: [10.0.22.174]
797
798 TASK [patroni : Install requirements]
*****
799 changed: [10.0.22.174]
800 changed: [10.0.22.173]
801 changed: [10.0.22.175]
802
803 TASK [patroni : Install patroni 3.3.0]
*****
804 changed: [10.0.22.174]
805 changed: [10.0.22.173]
806 changed: [10.0.22.175]
807
808 TASK [patroni : Create conf directory]
*****

```

```

809 changed: [10.0.22.174] changed: [10.0.22.173]
810 changed: [10.0.22.175]
811
812 TASK [patroni : Generate conf file "/etc/patroni/patroni.yml"]
*****
813 changed: [10.0.22.173]
814 changed: [10.0.22.174]
815 changed: [10.0.22.175]
816
817 TASK [patroni : Copy systemd service file "/etc/systemd/system/patroni.service"]
*****
818 changed: [10.0.22.173]
819 changed: [10.0.22.174]
820 changed: [10.0.22.175]
821
822 TASK [patroni : Prepare PostgreSQL | make sure the postgresql log directory "/var/log/postgresql" exists]
*****
823 changed: [10.0.22.173]
824 changed: [10.0.22.174]
825 changed: [10.0.22.175]
826
827 TASK [patroni : Prepare PostgreSQL | make sure PostgreSQL data directory "/var/lib/postgresql/16/main" exists]
*****
828 changed: [10.0.22.174]
829 changed: [10.0.22.173]
830 changed: [10.0.22.175]
831
832 TASK [patroni : Prepare PostgreSQL | make sure the postgresql config files exists]
*****
833 ok: [10.0.22.173]
834 ok: [10.0.22.174]
835 ok: [10.0.22.175]
836
837 TASK [patroni : Prepare PostgreSQL | generate default postgresql config files]
*****
838 changed: [10.0.22.173]
839 changed: [10.0.22.175]
840 changed: [10.0.22.174]
841
842 TASK [patroni : Prepare PostgreSQL | make sure the data directory "/var/lib/postgresql/16/main" is empty]
*****
843 changed: [10.0.22.174] => (item=absent)
844 changed: [10.0.22.173] => (item=absent)

```

```

845 changed: [10.0.22.175] => (item=absent)
846 changed: [10.0.22.173] => (item=directory)changed: [10.0.22.174] => (item=directory)
847 changed: [10.0.22.175] => (item=directory)
848
849 TASK [patroni : Start patroni service on the Master server]
*****
850 changed: [10.0.22.173]
851
852 TASK [patroni : Wait for port 8008 to become open on the host]
*****
853 ok: [10.0.22.173]
854
855 TASK [patroni : Check PostgreSQL is started and accepting connections on Master]
*****
856 ok: [10.0.22.173]
857
858 TASK [patroni : Wait for the cluster to initialize (master is the leader with the lock)]
*****
859 ok: [10.0.22.173]
860
861 TASK [patroni : Prepare PostgreSQL | generate pg_hba.conf]
*****
862 changed: [10.0.22.173]
863 changed: [10.0.22.175]
864 changed: [10.0.22.174]
865
866 TASK [patroni : Prepare PostgreSQL | reload for apply the pg_hba.conf]
*****
867 changed: [10.0.22.173]
868 ok: [10.0.22.175]
869 ok: [10.0.22.174]
870
871 TASK [patroni : Make sure the postgresql users are present, and password does not differ
     from the specified]
*****
872 failed: [10.0.22.173] (item=None) => {"ansible_loop_var": "item", "changed": false, "
    false_condition": "patroni_cluster_bootstrap_method != \"initdb\" and (
        pgbackrest_install|bool or wal_g_install|bool) and (existing_pgcluster is not defined
        or not existing_pgcluster|bool)", "item": null, "msg": "Failed to template
        loop_control.label: 'None' has no attribute 'name'. 'None' has no attribute 'name'", "
        skip_reason": "Conditional result was False"}
873 ...ignoring
874 failed: [10.0.22.174] (item=None) => {"ansible_loop_var": "item", "changed": false, "
    false_condition": "patroni_cluster_bootstrap_method != \"initdb\" and (
        pgbackrest_install|bool or wal_g_install|bool) and (existing_pgcluster is not defined
        or not existing_pgcluster|bool)", "item": null, "msg": "Failed to template
        loop_control.label: 'None' has no attribute 'name'. 'None' has no attribute 'name'", "

```

```

    skip_reason": "Conditional result was False"}
875 ...ignoringfailed: [10.0.22.175] (item=None) => {"ansible_loop_var": "item", "changed": false, "false_condition": "patroni_cluster_bootstrap_method != \"initdb\" and (pgbackrest_install|bool or wal_g_install|bool) and (existing_pgcluster is not defined or not existing_pgcluster|bool)", "item": null, "msg": "Failed to template loop_control.label: 'None' has no attribute 'name'. 'None' has no attribute 'name'", "skip_reason": "Conditional result was False"}
876 ...ignoring
877
878 TASK [patroni : Start patroni service on Replica servers]
*****
879 changed: [10.0.22.174]
880 changed: [10.0.22.175]
881
882 TASK [patroni : Wait for port 8008 to become open on the host]
*****
883 ok: [10.0.22.174]
884 ok: [10.0.22.175]
885
886 TASK [patroni : Check that the patroni is healthy on the replica server]
*****
887 ok: [10.0.22.174]
888 ok: [10.0.22.175]
889
890 TASK [patroni : Turning off postgresql autostart from config "start.conf" (will be managed by patroni)]
*****
891 changed: [10.0.22.173]
892 changed: [10.0.22.174]
893 changed: [10.0.22.175]
894
895 TASK [patroni : Disable "postgresql@16-main" service]
*****
896 ok: [10.0.22.173]
897 ok: [10.0.22.174]
898 ok: [10.0.22.175]
899
900 TASK [patroni : Add PATRONICCTL_CONFIG_FILE environment variable into /etc/environment]
*****
901 changed: [10.0.22.173]
902 changed: [10.0.22.175]
903 changed: [10.0.22.174]
904
905 TASK [postgresql-users : Make sure the PostgreSQL users are present]
*****
906 changed: [10.0.22.173] => (item=pgbouncer)
907 changed: [10.0.22.173] => (item=xksgr_sks1160_gitlab)

```

```

908 changed: [10.0.22.173] => (item=xksgr_sks1172_harbor)
909 changed: [10.0.22.173] => (item=xksgr_sks1195_kcsso)changed: [10.0.22.173] => (item=
910     xksgr_k8s_core_psql_monitor)
910 changed: [10.0.22.173] => (item=xksgr_k8s_core_psql_backup)
911
912 TASK [postgresql-users : Grant roles to users]
*****  

913 changed: [10.0.22.173] => (item=xksgr_k8s_core_psql_monitor)
914
915 TASK [postgresql-databases : Make sure the PostgreSQL databases are present]
*****  

916 changed: [10.0.22.173] => (item={'db': 'k8s_core_gitlab_prod', 'encoding': 'UTF8', ,
917     'lc_collate': 'en_US.UTF-8', 'lc_ctype': 'en_US.UTF-8', 'owner': 'xksgr_sks1160_gitlab',
917 })
917 changed: [10.0.22.173] => (item={'db': 'k8s_core_harbor_prod', 'encoding': 'UTF8', ,
918     'lc_collate': 'en_US.UTF-8', 'lc_ctype': 'en_US.UTF-8', 'owner': 'xksgr_sks1172_harbor'
918 })
918 changed: [10.0.22.173] => (item={'db': 'k8s_core_keycloak_prod', 'encoding': 'UTF8', ,
919     'lc_collate': 'en_US.UTF-8', 'lc_ctype': 'en_US.UTF-8', 'owner': 'xksgr_sks1195_kcsso',
919 })
919 changed: [10.0.22.173] => (item={'db': 'gramic_test', 'encoding': 'UTF8', 'lc_collate': ,
920     'en_US.UTF-8', 'lc_ctype': 'en_US.UTF-8', 'owner': 'postgres'})  

920
921 TASK [postgresql-extensions : Add extensions to the databases]
*****  

922 changed: [10.0.22.173] => (item={'ext': 'pgstattuple', 'db': 'postgres'})
923 changed: [10.0.22.173] => (item={'ext': 'pgstattuple', 'db': 'k8s_core_gitlab_prod'})
924 changed: [10.0.22.173] => (item={'ext': 'pgstattuple', 'db': 'k8s_core_harbor_prod'})
925 changed: [10.0.22.173] => (item={'ext': 'pgstattuple', 'db': 'k8s_core_keycloak_prod'})
926 changed: [10.0.22.173] => (item={'ext': 'pgstattuple', 'db': 'gramic_test'})  

927
928 TASK [pgbouncer/config : Ensure config directory "/etc/pgbouncer" exist]
*****  

929 ok: [10.0.22.173]
930 ok: [10.0.22.174]
931 ok: [10.0.22.175]
932
933 TASK [pgbouncer/config : Update pgbouncer.ini]
*****  

934 ok: [10.0.22.173] => (item=pgbouncer)
935 ok: [10.0.22.175] => (item=pgbouncer)
936 ok: [10.0.22.174] => (item=pgbouncer)
937
938 TASK [pgbouncer/config : Check if 'user_search' function exists]
*****  

939 ok: [10.0.22.173]
940
941 TASK [pgbouncer/config : Create 'user_search' function for pgbouncer 'auth_query' option]

```

```

*****
942 changed: [10.0.22.173]
943 TASK [deploy-finish : Get postgresql users list]
*****
944 ok: [10.0.22.173]
945
946 TASK [deploy-finish : PostgreSQL list of users]
*****
947 ok: [10.0.22.173] => {
948     "users_result.stdout_lines": [
949         "                                     List of roles",
950         "             Role name           |   Attributes",
951         "             ",              "
952         "             pgbouncer          |   ",
953         "             postgres           | Superuser, Create role, Create DB, Replication,
954         "             Bypass RLS",
955         "             replicator          | Replication",
956         "             xksgr_k8s_core_psql_backup | Superuser",
957         "             xksgr_k8s_core_psql_monitor |   ",
958         "             xksgr_sks1160_gitlab    | Superuser",
959         "             xksgr_sks1172_harbor   | Superuser",
960         "             xksgr_sks1195_kcso    | Superuser"
961     ]
962 }
963 TASK [deploy-finish : Get postgresql database list]
*****
964 ok: [10.0.22.173]
965
966 TASK [deploy-finish : PostgreSQL list of databases]
*****
967 ok: [10.0.22.173] => {
968     "dbs_result.stdout_lines": [
969         "           name        |       owner        | encoding |   collate   |",
970         "           ctype      |   size      |   tablespace  ",
971         "           ",              "
972         "           gramic_test | postgres     | UTF8      | en_US.UTF-8 | en_US.
973         "           UTF-8 | 7492 kB | pg_default",
974         "           k8s_core_gitlab_prod | xksgr_sks1160_gitlab | UTF8      | en_US.UTF-8 | en_US.
975         "           UTF-8 | 7492 kB | pg_default",
976         "           k8s_core_harbor_prod | xksgr_sks1172_harbor | UTF8      | en_US.UTF-8 | en_US.
977         "           UTF-8 | 7492 kB | pg_default",
978         "           k8s_core_keycloak_prod | xksgr_sks1195_kcso | UTF8      | en_US.UTF-8 | en_US.

```

```

        UTF-8 | 7492 kB | pg_default",
975      " postgres           | postgres          | UTF8      | en_US.UTF-8 | en_US.
        UTF-8 | 7492 kB | pg_default",      "(5 rows)"
976    ]
977 }
978
979 TASK [deploy-finish : Check postgresql cluster health]
*****
980 ok: [10.0.22.173]
981
982 TASK [deploy-finish : PostgreSQL Cluster health]
*****
983 ok: [10.0.22.173] => {
984   "patronictl_result.stdout_lines": [
985     "+ Cluster: k8s-core-psql (7367246950910762117) -----+-----+",
986     "| Member   | Host       | Role      | State    | TL | Lag in MB |",
987     "+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+",
988     "| sks1263 | 10.0.22.173 | Leader    | running  | 1  |          |",
989     "| sks1264 | 10.0.22.174 | Sync Standby | streaming | 1  | 0 |",
990     "| sks1265 | 10.0.22.175 | Sync Standby | streaming | 1  | 0 |",
991     "+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+"
992   ]
993 }
994
995 TASK [deploy-finish : PostgreSQL Cluster connection info]
*****
996 ok: [10.0.22.173] => {
997   "msg": [
998     "+-----+",
999     "address (VIP) 10.0.22.178",
1000    "port 5000 (read/write) master",
1001    "port 5001 (read only) all replicas",
1002    "port 5002 (read only) synchronous replica only",
1003    "port 5003 (read only) asynchronous replicas only",
1004    "+-----+"
1005  ]
1006 }
1007
1008 PLAY RECAP
*****
1009 10.0.22.170           : ok=28    changed=11    unreachable=0    failed=0    skipped=56
1010    rescued=0    ignored=0
1011 10.0.22.171           : ok=28    changed=11    unreachable=0    failed=0    skipped=49
1012    rescued=0    ignored=0
1013 10.0.22.172           : ok=28    changed=11    unreachable=0    failed=0    skipped=49
1014    rescued=0    ignored=0
1015 10.0.22.173           : ok=95    changed=52    unreachable=0    failed=0    skipped
1016    =308    rescued=0    ignored=1
1017 10.0.22.174           : ok=81    changed=46    unreachable=0    failed=0    skipped
1018    =294    rescued=0    ignored=1

```

```

1014 10.0.22.175 : ok=81    changed=46    unreachable=0    failed=0    skipped
      =294  rescued=0   ignored=1
1015 10.0.22.176 : ok=39    changed=20    unreachable=0    failed=0    skipped=89
      rescued=0   ignored=0
1016      10.0.22.177 : ok=39    changed=20
      unreachable=0   failed=0    skipped=83   rescued=0   ignored=0
1017

```

Listing 135: Deploy - Anhang - Deployt

## XI.III Maintenance

Das Inventory bleibt gleich.

Geändert wurde nur das main.yml:

```

1-----
2 #-----
3 # Proxy variables (optional) for download packages using a proxy server
4 proxy_env:
5   http_proxy: http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
6   https_proxy: http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
7
8 # Cluster variables
9 #cluster_vip: "" # IP address for client access to the databases in the cluster (
10   optional).
10 cluster_vip: "10.0.22.178" # IP address for client access to the databases in the
11   cluster (optional).
11 vip_interface: "{{ ansible_default_ipv4.interface }}" # interface name (e.g., "ens32").
12 # Note: VIP-based solutions such as keepalived or vip-manager may not function correctly
13   in cloud environments like AWS.
13
14 #patroni_cluster_name: "postgres-cluster" # the cluster name (must be unique for each
15   cluster)
15 patroni_cluster_name: "k8s-core-psql" # the cluster name (must be unique for each
16   cluster)
16 patroni_install_version: "3.3.0" # or 'latest'
17
18 patroni_superuser_username: "postgres"
19 patroni_superuser_password: "<Password Secure / Safe>"
20 patroni_replication_username: "replicator"
21 patroni_replication_password: "<Password Secure / Safe>"
22
23 #synchronous_mode: false # or 'true' for enable synchronous database replication
24 synchronous_mode: true # or 'true' for enable synchronous database replication
25 synchronous_mode_strict: false # if 'true' then block all client writes to the master,
26   when a synchronous replica is not available
26 #synchronous_node_count: 1 # number of synchronous standby databases
27 synchronous_node_count: 2 # number of synchronous standby databases
28
29 # Load Balancing
30 with_haproxy_load_balancing: true # or 'true' if you want to install and configure the
31   load-balancing
31 haproxy_listen_port:
32   master: 5000

```

```

33 replicas: 5001
34 replicas_sync: 5002
35 replicas_async: 5003
36 # The following ('_direct') ports are used for direct connections to the PostgreSQL
37 # database,
38 # bypassing the PgBouncer connection pool (if 'pgbouncer_install' is 'true').
39 # Uncomment the relevant lines if you need to set up direct connections.
40 stats: 7000
41 haproxy_maxconn:
42   global: 100000
43   master: 10000
44   replica: 10000
45 haproxy_timeout:
46   client: "60m"
47   server: "60m"
48
49 # keepalived (if 'cluster_vip' is specified and 'with_haproxy_load_balancing' is 'true')
50 keepalived_virtual_router_id: "{{ cluster_vip.split('.')[3] | int }}" # The last octet of
51 # 'cluster_vip' IP address is used by default.
52 # virtual_router_id - must be unique in the network (available values are 0..255).
53
54 # vip-manager (if 'cluster_vip' is specified and 'with_haproxy_load_balancing' is 'false'
55 #)
56
57 vip_manager_version: "2.4.0" # version to install
58 vip_manager_conf: "/etc/patroni/vip-manager.yml"
59 vip_manager_interval: "1000" # time (in milliseconds) after which vip-manager wakes up
60 # and checks if it needs to register or release ip addresses.
61 vip_manager_iface: "{{ vip_interface }}" # interface to which the virtual ip will be
62 # added
63
64 vip_manager_ip: "{{ cluster_vip }}" # the virtual ip address to manage
65 vip_manager_mask: "24" # netmask for the virtual ip
66
67
68 # DCS (Distributed Consensus Store)
69 dcs_exists: false # or 'true' if you don't want to deploy a new etcd cluster
70 dcs_type: "etcd" # or 'consul'
71
72 # if dcs_type: "etcd" and dcs_exists: false
73 etcd_version: "3.5.11" # version for deploy etcd cluster
74 etcd_data_dir: "/var/lib/etcd"
75 etcd_cluster_name: "etcd-{{ patroni_cluster_name }}" # ETCD_INITIAL_CLUSTER_TOKEN
76
77 # if dcs_type: "etcd" and dcs_exists: true
78 patroni_etcd_hosts: [] # list of servers of an existing etcd cluster
79 patroni_etcd_namespace: "service" # (optional) etcd namespace (prefix)
80 patroni_etcd_username: "" # (optional) username for etcd authentication
81 patroni_etcd_password: "" # (optional) password for etcd authentication
82 patroni_etcd_protocol: "" # (optional) http or https, if not specified http is used
83
84 # if dcs_type: "consul"
85 consul_version: "1.15.8"
86 consul_config_path: "/etc/consul"
87 consul_configd_path: "{{ consul_config_path }}/conf.d"
88 consul_data_path: "/var/lib/consul"

```

```

82 consul_domain: "consul" # Consul domain name
83 consul_datacenter: "dc1" # Datacenter label (can be specified for each host in the
     inventory)
84 consul_disable_update_check: true # Disables automatic checking for security bulletins
     and new version releases
85 consul_enable_script_checks: true # This controls whether health checks that execute
     scripts are enabled on this agent
86 consul_enable_local_script_checks: true # Enable them when they are defined in the local
     configuration files
87 consul_ui: false # Enable the consul UI?
88 consul_syslog_enable: true # Enable logging to syslog
89 consul_iface: "{{ ansible_default_ipv4.interface }}" # specify the interface name with a
     Private IP (ex. "enp7s0")
90 # TLS
91 # You can enable TLS encryption by dropping a CA certificate, server certificate, and
     server key in roles/consul/files/
92 consul_tls_enable: false
93 consul_tls_ca_crt: "ca.crt"
94 consul_tls_server_crt: "server.crt"
95 consul_tls_server_key: "server.key"
96 # DNS
97 consul_recursors: [] # List of upstream DNS servers
98 consul_dnsmasq_enable: true # Enable DNS forwarding with Dnsmasq
99 consul_dnsmasq_cache: 0 # dnsmasq cache-size (0 - disable caching)
100 consul_dnsmasq_servers: "{{ nameservers }}" # Upstream DNS servers used by dnsmasq
101 consul_join: [] # List of LAN servers of an existing consul cluster, to join.
102
103 # https://developer.hashicorp.com/consul/docs/discovery/services
104 consul_services:
105   - name: "{{ patroni_cluster_name }}"
106     id: "{{ patroni_cluster_name }}-master"
107     tags: ['master', 'primary']
108     port: "{{ pgbouncer_listen_port }}" # or "{{ postgresql_port }}" if
     pgbouncer_install: false
109     checks:
110       - { http: "http://{{ inventory_hostname }}:{{ patroni_restapi_port }}/primary",
     interval: "2s" }
111       - { args: ["systemctl", "status", "pgbouncer"], interval: "5s" } # comment out
     this check if pgbouncer_install: false
112   - name: "{{ patroni_cluster_name }}"
113     id: "{{ patroni_cluster_name }}-replica"
114     tags: ['replica']
115     port: "{{ pgbouncer_listen_port }}"
116     checks:
117       - { http: "http://{{ inventory_hostname }}:{{ patroni_restapi_port }}/replica?lag
     ={{ patroni_maximum_lag_on_replica }}", interval: "2s" }
118       - { args: ["systemctl", "status", "pgbouncer"], interval: "5s" }
119
120 # PostgreSQL variables
121 postgresql_version: "16"
122 # postgresql_data_dir: see vars/Debian.yml or vars/RedHat.yml
123 postgresql_listen_addr: "0.0.0.0" # Listen on all interfaces. Or use "{{
     inventory_hostname }},127.0.0.1" to listen on a specific IP address.
124 postgresql_port: "5432"

```

```

125 postgresql_encoding: "UTF8" # for bootstrap only (initdb)
126 postgresql_locale: "en_US.UTF-8" # for bootstrap only (initdb)
127 postgresql_data_checksums: true # for bootstrap only (initdb)
128 postgresql_password_encryption_algorithm: "scram-sha-256" # or "md5" if your clients do
   not work with passwords encrypted with SCRAM-SHA-256
129
130 # (optional) list of users to be created (if not already exists)
131 postgresql_users:
132   - { name: "{{ pgbouncer_auth_username }}", password: "{{ pgbouncer_auth_password }}",
     flags: "LOGIN", role: "" }
133   - { name: "xksgr_sks1160_gitlab", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "
     SUPERUSER" }
134   - { name: "xksgr_sks1172_harbor", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "
     SUPERUSER" }
135   - { name: "xksgr_sks1195_kcsso", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "SUPERUSER"
     " }
136   - { name: "xksgr_k8s_core_psql_monitor", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "
     LOGIN", role: "pg_monitor" }
137   - { name: "xksgr_k8s_core_psql_backup", password: "<Password Secure / Safe>", flags: "
     SUPERUSER" }
138 # (optional) list of databases to be created (if not already exists)
139 #postgresql_databases: []
140 postgresql_databases:
141   - { db: "k8s_core_gitlab_prod", encoding: "UTF8", lc_collate: "en_US.UTF-8", lc_ctype: "
     en_US.UTF-8", owner: "xksgr_sks1160_gitlab" }
142   - { db: "k8s_core_harbor_prod", encoding: "UTF8", lc_collate: "en_US.UTF-8", lc_ctype: "
     en_US.UTF-8", owner: "xksgr_sks1172_harbor" }
143   - { db: "k8s_core_keycloak_prod", encoding: "UTF8", lc_collate: "en_US.UTF-8", lc_ctype
     : "en_US.UTF-8", owner: "xksgr_sks1195_kcsso" }
144   - { db: "gramic_test", encoding: "UTF8", lc_collate: "en_US.UTF-8", lc_ctype: "en_US.UTF
     -8", owner: "postgres" }
145
146 # (optional) list of schemas to be created (if not already exists)
147 postgresql_schemas: []
148 #   - { schema: "myschema", db: "mydatabase", owner: "mydb-user" }
149
150 # (optional) list of database extensions to be created (if not already exists)
151 #postgresql_extensions: []
152 postgresql_extensions:
153   - { ext: "pgstattuple", db: "postgres" }
154   - { ext: "pgstattuple", db: "k8s_core_gitlab_prod" }
155   - { ext: "pgstattuple", db: "k8s_core_harbor_prod" }
156   - { ext: "pgstattuple", db: "k8s_core_keycloak_prod" }
157   - { ext: "pgstattuple", db: "gramic_test" }
158
159 # postgresql parameters to bootstrap dcs (are parameters for example)
160 postgresql_parameters:
161   - { option: "max_connections", value: "500" }
162   - { option: "superuser_reserved_connections", value: "5" }
163   - { option: "password_encryption", value: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm
     }}" }
164   - { option: "max_locks_per_transaction", value: "512" }
165   - { option: "max_prepared_transactions", value: "0" }
166   - { option: "huge_pages", value: "try" } # or "on" if you set "vm_nr_hugepages" in

```

```

kernel parameters
167 - { option: "shared_buffers", value: "{{ (ansible_memtotal_mb * 0.25) | int }}MB" } # by default, 25% of RAM
168 - { option: "effective_cache_size", value: "{{ (ansible_memtotal_mb * 0.75) | int }}MB" } # by default, 75% of RAM
169 - { option: "work_mem", value: "128MB" } # please change this value
170 - { option: "maintenance_work_mem", value: "256MB" } # please change this value
171 - { option: "checkpoint_timeout", value: "15min" }
172 - { option: "checkpoint_completion_target", value: "0.9" }
173 - { option: "min_wal_size", value: "2GB" }
174 - { option: "max_wal_size", value: "8GB" } # or 16GB/32GB
175 - { option: "wal_buffers", value: "32MB" }
176 - { option: "default_statistics_target", value: "1000" }
177 - { option: "seq_page_cost", value: "1" }
178 - { option: "random_page_cost", value: "1.1" } # or "4" for HDDs with slower random access
179 - { option: "effective_io_concurrency", value: "200" } # or "2" for traditional HDDs with lower I/O parallelism
180 - { option: "synchronous_commit", value: "on" } # or 'off' if you can you lose single transactions in case of a crash
181 - { option: "autovacuum", value: "on" } # never turn off the autovacuum!
182 - { option: "autovacuum_max_workers", value: "5" }
183 - { option: "autovacuum_vacuum_scale_factor", value: "0.01" } # or 0.005/0.001
184 - { option: "autovacuum_analyze_scale_factor", value: "0.01" }
185 - { option: "autovacuum_vacuum_cost_limit", value: "500" } # or 1000/5000
186 - { option: "autovacuum_vacuum_cost_delay", value: "2" }
187 - { option: "autovacuum_naptime", value: "1s" }
188 - { option: "max_files_per_process", value: "4096" }
189 - { option: "archive_mode", value: "on" }
190 - { option: "archive_timeout", value: "1800s" }
191 - { option: "archive_command", value: "cd ." } # not doing anything yet with WAL-s
192 - { option: "wal_level", value: "logical" }
193 - { option: "wal_keep_size", value: "2GB" }
194 - { option: "max_wal_senders", value: "10" }
195 - { option: "max_replication_slots", value: "10" }
196 - { option: "hot_standby", value: "on" }
197 - { option: "wal_log_hints", value: "on" }
198 - { option: "wal_compression", value: "on" }
199 - { option: "shared_preload_libraries", value: "pg_stat_statements,auto_explain" }
200 - { option: "pg_stat_statements.max", value: "10000" }
201 - { option: "pg_stat_statements.track", value: "all" }
202 - { option: "pg_stat_statements.track.utility", value: "false" }
203 - { option: "pg_stat_statements.save", value: "true" }
204 - { option: "auto_explain.log_min_duration", value: "10s" } # enable auto_explain for 10-second logging threshold. Decrease this value if necessary
205 - { option: "auto_explain.log_analyze", value: "true" }
206 - { option: "auto_explain.log_buffers", value: "true" }
207 - { option: "auto_explain.log_timing", value: "false" }
208 - { option: "auto_explain.log_triggers", value: "true" }
209 - { option: "auto_explain.log_verbose", value: "true" }
210 - { option: "auto_explain.log_nested_statements", value: "true" }
211 - { option: "auto_explain.sample_rate", value: "0.01" } # enable auto_explain for 1% of queries logging threshold
212 - { option: "track_io_timing", value: "on" }

```

```

213 - { option: "log_lock_waits", value: "on" }
214 - { option: "log_temp_files", value: "0" }
215 - { option: "track_activities", value: "on" }
216 - { option: "track_activity_query_size", value: "4096" }
217 - { option: "track_counts", value: "on" }
218 - { option: "track_functions", value: "all" }
219 - { option: "log_checkpoints", value: "on" }
220 - { option: "logging_collector", value: "on" }
221 - { option: "log_truncate_on_rotation", value: "on" }
222 - { option: "log_rotation_age", value: "1d" }
223 - { option: "log_rotation_size", value: "0" }
224 - { option: "log_line_prefix", value: "'%t [%p-%l] %r %q%u@%d '" }
225 - { option: "log_filename", value: "postgresql-%a.log" }
226 - { option: "log_directory", value: "{{ postgresql_log_dir }}" }
227 - { option: "hot_standby_feedback", value: "on" } # allows feedback from a hot standby
      to the primary that will avoid query conflicts
228 - { option: "max_standby_streaming_delay", value: "30s" }
229 - { option: "wal_receiver_status_interval", value: "10s" }
230 - { option: "idle_in_transaction_session_timeout", value: "10min" } # reduce this
      timeout if possible
231 - { option: "jit", value: "off" }
232 - { option: "max_worker_processes", value: "24" }
233 - { option: "max_parallel_workers", value: "8" }
234 - { option: "max_parallel_workers_per_gather", value: "2" }
235 - { option: "max_parallel_maintenance_workers", value: "2" }
236 - { option: "tcp_keepalives_count", value: "10" }
237 - { option: "tcp_keepalives_idle", value: "300" }
238 - { option: "tcp_keepalives_interval", value: "30" }

239
240 # Set this variable to 'true' if you want the cluster to be automatically restarted
241 # after changing the 'postgresql_parameters' variable that requires a restart in the '
      config_pgcluster.yml' playbook.
242 # By default, the cluster will not be automatically restarted.
243 #pending_restart: false
244 pending_restart: true # gramic, maintenance test
245
246 # specify additional hosts that will be added to the pg_hba.conf
247 postgresql_pg_hba:
248 - { type: "local", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: "",
      method: "trust" }
249 - { type: "local", database: "all", user: "{{ pgbouncer_auth_username }}", address: "", method:
      "trust" } # required for pgbouncer auth_user
250 - { type: "local", database: "replication", user: "all", address: "", method: "trust" }
251 - { type: "host", database: "replication", user: "all", address: "127.0.0.1/32", method:
      "trust" }
252 - { type: "host", database: "replication", user: "all", address: "::1/128", method: "trust" }
253 - { type: "host", database: "replication", user: "{{ patroni_replication_username }}",
      address: "10.0.22.173/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
254 - { type: "host", database: "replication", user: "{{ patroni_replication_username }}",
      address: "10.0.22.174/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
255 - { type: "host", database: "replication", user: "{{ patroni_replication_username }}",
      address: "10.0.22.175/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
256 - { type: "host", database: "replication", user: "{{ patroni_replication_username }}",

```

```

        address: "10.0.28.16/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" } # 
      gramic, maintenance test
257 - { type: "local", database: "all", user: "all", address: "", method: "{{ 
      postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
258 - { type: "host", database: "all", user: "all", address: "127.0.0.1/32", method: "{{ 
      postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
259 - { type: "host", database: "all", user: "all", address: "::1/128", method: "{{ 
      postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
260 - { type: "host", database: "k8s_core_gitlab_prod", user: "xksgr_sks1160_gitlab",
      address: "10.0.20.88/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
261 - { type: "host", database: "k8s_core_harbor_prod", user: "xksgr_sks1172_harbor",
      address: "10.0.20.92/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
262 - { type: "host", database: "k8s_core_keycloak_prod", user: "xksgr_sks1195_kcsso",
      address: "10.0.20.98/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
263 - { type: "host", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: " 
      10.0.20.63/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
264 - { type: "host", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: " 
      10.0.20.43/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
265 - { type: "host", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: " 
      10.0.20.77/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" }
266 - { type: "host", database: "all", user: "{{ patroni_superuser_username }}", address: " 
      10.0.28.16/24", method: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}" } # gramic,
      maintenance test
267
268 # list of lines that Patroni will use to generate pg_ident.conf
269 postgresql_pg_ident: []
270
271 # the password file (~/.pgpass)
272 postgresql_pgpass:
273   - "localhost:{{ postgresql_port }}:*:{{ patroni_superuser_username }}:{{ 
      patroni_superuser_password }}"
274   - "{{ inventory_hostname }}:{{ postgresql_port }}:*:{{ patroni_superuser_username }}:{{ 
      patroni_superuser_password }}"
275   - "*:{{ pgbouncer_listen_port }}:*:{{ patroni_superuser_username }}:{{ 
      patroni_superuser_password }}"
276   - "*:{{ postgresql_port }}:*:{{ patroni_replication_username }}:{{ 
      patroni_replication_password }}"
277   - "10.0.20.88:5432:k8s_core_gitlab_prod:xksgr_sks1160_gitlab:<Password Secure / Safe>" 
278   - "10.0.20.92:5432:k8s_core_harbor_prod:xksgr_sks1172_harbor:<Password Secure / Safe>" 
279   - "10.0.20.98:5432:k8s_core_keycloak_prod:xksgr_sks1195_kcsso:<Password Secure / Safe>" 
280
281 # PgBouncer parameters
282 pgbouncer_install: true # or 'false' if you do not want to install and configure the
      pgbouncer service
283 pgbouncer_processes: 1 # Number of pgbouncer processes to be used. Multiple processes
      use the so_REUSEPORT option for better performance.
284 pgbouncer_conf_dir: "/etc/pgbouncer"
285 pgbouncer_log_dir: "/var/log/pgbouncer"
286 pgbouncer_listen_addr: "0.0.0.0" # Listen on all interfaces. Or use "{{ 
      inventory_hostname }}" to listen on a specific IP address.
287 pgbouncer_listen_port: 6432
288 pgbouncer_max_client_conn: 10000
289 pgbouncer_max_db_connections: 1000
290 pgbouncer_max_prepared_statements: 1024

```

```

291 pgbounce_default_pool_size: 20
292 pgbounce_query_timeout: 120
293 pgbounce_default_pool_mode: "session"
294 pgbounce_admin_users: "{{ patroni_superuser_username }}" # comma-separated list of
   users, who are allowed to change settings
295 pgbounce_stats_users: "{{ patroni_superuser_username }}" # comma-separated list of
   users who are just allowed to use SHOW command
296 pgbounce_ignore_startup_parameters: "extra_float_digits,geqo,search_path"
297 pgbounce_auth_type: "{{ postgresql_password_encryption_algorithm }}"
298 pgbounce_auth_user: true # or 'false' if you want to manage the list of users for
   authentication in the database via userlist.txt
299 pgbounce_auth_username: pgbounce # user who can query the database via the user_search
   function
300 pgbounce_auth_password: "<Password Secure / Safe>"
301 pgbounce_auth_dbname: "postgres"
302 pgbounce_client_tls_sslmode: "disable"
303 pgbounce_client_tls_key_file: ""
304 pgbounce_client_tls_cert_file: ""
305 pgbounce_client_tls_ca_file: ""
306 pgbounce_client_tls_protocols: "secure" # allowed values: tlsv1.0, tlsv1.1, tlsv1.2,
   tlsv1.3, all, secure (tlsv1.2,tlsv1.3)
307 pgbounce_client_tls_ciphers: "default" # allowed values: default, secure, fast, normal,
   all (not recommended)
308
309 pgbounce_pools:
310 - { name: "postgres", dbname: "postgres", pool_parameters: "" }
311 - { name: "k8s_core_gitlab_prod", dbname: "k8s_core_gitlab_prod", pool_parameters: "" }
312 - { name: "k8s_core_harbor_prod", dbname: "k8s_core_harbor_prod", pool_parameters: "" }
313 - { name: "k8s_core_keycloak_prod", dbname: "k8s_core_keycloak_prod", pool_parameters: ""
   }
314 - { name: "gramic_test", dbname: "gramic_test", pool_parameters: "" }
315
316 # Extended variables (optional)
317 #patroni_restapi_listen_addr: "0.0.0.0" # Listen on all interfaces. Or use "{{
   inventory_hostname }}" to listen on a specific IP address.
318 patroni_restapi_listen_addr: "{{ inventory_hostname }}" # gramic, maintenance test
319 patroni_restapi_port: 8008
320 patroni_ttl: 30
321 patroni_loop_wait: 10
322 patroni_retry_timeout: 10
323 patroni_master_start_timeout: 300
324 patroni_maximum_lag_on_failover: 1048576 # (1MB) the maximum bytes a follower may lag to
   be able to participate in leader election.
325 patroni_maximum_lag_on_replica: "100MB" # the maximum of lag that replica can be in order
   to be available for read-only queries.
326
327 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/yaml_configuration.html#postgresql
328 patroni_callbacks: []
329
330 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/replica_bootstrap.html#standby-cluster
331 # Requirements:
332 # 1. the cluster name for Standby Cluster must be unique ('patroni_cluster_name' variable
   )
333 # 2. the IP addresses (or network) of the Standby Cluster servers must be added to the

```

```

    pg_hba.conf of the Main Cluster ('postgresql_pg_hba' variable).
334 patroni_standby_cluster:
335   host: "" # an address of remote master
336   port: "5432" # a port of remote master
337 # primary_slot_name: "" # which slot on the remote master to use for replication (
338 #   optional)
339 # restore_command: "" # command to restore WAL records from the remote master to
339 #   standby leader (optional)
340 # recovery_min_apply_delay: "" # how long to wait before actually apply WAL records on
340 #   a standby leader (optional)
341
341 # Permanent replication slots.
342 # These slots will be preserved during switchover/failover.
343 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/dynamic_configuration.html
344 patroni_slots: []
345 # - slot: "logical_replication_slot" # the name of the permanent replication slot.
346 #   type: "logical" # the type of slot. Could be 'physical' or 'logical' (if the slot is
346 #     logical, you have to define 'database' and 'plugin').
347 #   plugin: "pgoutput" # the plugin name for the logical slot.
348 #   database: "postgres" # the database name where logical slots should be created.
349 # - slot: "test_logical_replication_slot"
350 #   type: "logical"
351 #   plugin: "pgoutput"
352 #   database: "test"
353
354 patroni_log_destination: stderr # or 'logfile'
355 # if patroni_log_destination: logfile
356 patroni_log_dir: /var/log/patroni
357 patroni_log_level: info
358 patroni_log_traceback_level: error
359 patroni_log_format: "%(asctime)s %(levelname)s: %(message)s"
360 patroni_log_dateformat: ""
361 patroni_log_max_queue_size: 1000
362 patroni_log_file_num: 4
363 patroni_log_file_size: 25000000 # bytes
364 patroni_log_loggers_patroni_postmaster: warning
365 patroni_log_loggers_urllib3: warning # or 'debug'
366
367 patroni_watchdog_mode: automatic # or 'off', 'required'
368 patroni_watchdog_device: /dev/watchdog
369
370 patroni_postgresql_use_pg_rewind: true # or 'false'
371 # try to use pg_rewind on the former leader when it joins cluster as a replica.
372
373 patroni_remove_data_directory_on_rewind_failure: false # or 'true' (if use_pg_rewind: '
373 #   true')
374 # avoid removing the data directory on an unsuccessful rewind
375 # if 'true', Patroni will remove the PostgreSQL data directory and recreate the replica.
376
377 patroni_remove_data_directory_on_diverged_timelines: false # or 'true'
378 # if 'true', Patroni will remove the PostgreSQL data directory and recreate the replica
379 # if it notices that timelines are diverging and the former master can not start
379 #   streaming from the new master.
380
```

```

381 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/replica_bootstrap.html#bootstrap
382 patroni_cluster_bootstrap_method: "initdb" # or "wal-g", "pgbackrest", "pg_probackup"
383
384 # https://patroni.readthedocs.io/en/latest/replica_bootstrap.html#building-replicas
385 patroni_create_replica_methods:
386 # - pgbackrest
387 # - wal_g
388 # - pg_probackup
389 - basebackup
390
391 pgbackrest:
392 - { option: "command", value: "/usr/bin/pgbackrest --stanza={{ pgbackrest_stanza }} --delta restore" }
393 - { option: "keep_data", value: "True" }
394 - { option: "no_params", value: "True" }
395 wal_g:
396 - { option: "command", value: "wal-g backup-fetch {{ postgresql_data_dir }} LATEST" }
397 - { option: "no_params", value: "True" }
398 basebackup:
399 - { option: "max-rate", value: "100M" }
400 - { option: "checkpoint", value: "fast" }
401 # - { option: "waldir", value: "{{ postgresql_wal_dir }}" }
402 pg_probackup:
403 - { option: "command", value: "{{ pg_probackup_restore_command }}" }
404 - { option: "no_params", value: "true" }
405
406 # "restore_command" written to recovery.conf when configuring follower (create replica)
407 postgresql_restore_command: ""
408
409 # pg_probackup
410 pg_probackup_install: false # or 'true'
411 pg_probackup_install_from_postgrespro_repo: true # or 'false'
412 pg_probackup_version: "{{ postgresql_version }}"
413 pg_probackup_instance: "pg_probackup_instance_name"
414 pg_probackup_dir: "/mnt/backup_dir"
415 pg_probackup_threads: "4"
416 pg_probackup_add_keys: "--recovery-target=latest --skip-external-dirs --no-validate"
417 # Ensure there is a space at the beginning of each part to prevent commands from concatenating.
418 pg_probackup_command_parts:
419 - "pg_probackup-{{ pg_probackup_version }}"
420 - " restore -B {{ pg_probackup_dir }}"
421 - " --instance {{ pg_probackup_instance }}"
422 - " -j {{ pg_probackup_threads }}"
423 - " {{ pg_probackup_add_keys }}"
424 pg_probackup_restore_command: "{{ pg_probackup_command_parts | join('') }}"
425 pg_probackup_patroni_cluster_bootstrap_command: "{{ pg_probackup_command_parts | join('') }}"
426
427 # WAL-G
428 wal_g_install: false # or 'true'
429 wal_g_version: "3.0.0"
430 wal_g_json: # config https://github.com/wal-g/wal-g#configuration
431 - { option: "AWS_ACCESS_KEY_ID", value: "{{ AWS_ACCESS_KEY_ID | default('') }}" } #

```

```

        define values or pass via --extra-vars
432 - { option: "AWS_SECRET_ACCESS_KEY", value: "{{ AWS_SECRET_ACCESS_KEY | default('') }}"
433     } # define values or pass via --extra-vars
434 - { option: "WALG_S3_PREFIX", value: "{{ WALG_S3_PREFIX | default('') }}" } # define
435     values or pass via --extra-vars
436 - { option: "WALG_COMPRESSION_METHOD", value: "brotli" } # or "lz4", "lzma", "zstd"
437 - { option: "WALG_DELTA_MAX_STEPS", value: "6" } # determines how many delta backups
438     can be between full backups
439 - { option: "PGDATA", value: "{{ postgresql_data_dir }}" }
440 wal_g_archive_command: "wal-g wal-push %p"
441 wal_g_patroni_cluster_bootstrap_command: "wal-g backup-fetch {{ postgresql_data_dir }}
442                         LATEST"
443
444 # Define job_parts outside of wal_g_cron_jobs
445 # Ensure there is a space at the beginning of each part to prevent commands from
446     concatenating.
447 wal_g_backup_command:
448     - "[ $(curl -s -o /dev/null -w '%{http_code}' http://{{ inventory_hostname }}:{{
449         patroni_restapi_port }}) = '200' ]"
450     - " && wal-g backup-push {{ postgresql_data_dir }} > {{ postgresql_log_dir }}/
451         walg_backup.log 2>&1"
452 wal_g_delete_command:
453     - "[ $(curl -s -o /dev/null -w '%{http_code}' http://{{ inventory_hostname }}:{{
454         patroni_restapi_port }}) = '200' ]"
455     - " && wal-g delete retain FULL 4 --confirm > {{ postgresql_log_dir }}/walg_delete.log
456         2>&1"
457
458 wal_g_cron_jobs:
459     - name: "WAL-G: Create daily backup"
460         user: "postgres"
461         file: /etc/cron.d/walg
462         minute: "30"
463         hour: "3"
464         day: "*"
465         month: "*"
466         weekday: "*"
467         job: "{{ wal_g_backup_command | join('') }}"
468     - name: "WAL-G: Delete old backups" # retain 4 full backups (adjust according to your
469         company's backup retention policy)
470         user: "postgres"
471         file: /etc/cron.d/walg
472         minute: "30"
473         hour: "6"
474         day: "*"
475         month: "*"
476         weekday: "*"
477         job: "{{ wal_g_delete_command | join('') }}"
478
479 # pgBackRest
480 pgbackrest_install: false # or 'true'
481 pgbackrest_install_from_pgdg_repo: false # or 'false'

```

```

475 pgbackrest_stanza: "{{ patroni_cluster_name }}" # specify your --stanza
476 pgbackrest_repo_type: "posix" # or "s3", "gcs", "azure"
477 pgbackrest_repo_host: "" # dedicated repository host (optional)
478 pgbackrest_repo_user: "postgres"
479 pgbackrest_conf_file: "/etc/pgbackrest/pgbackrest.conf"
480 # config https://pgbackrest.org/configuration.html
481 pgbackrest_conf:
482     global: # [global] section
483         - { option: "log-level-file", value: "detail" }
484         - { option: "log-path", value: "/var/log/pgbackrest" }
485         - { option: "repo1-type", value: "{{ pgbackrest_repo_type | lower }}" }
486         - { option: "repo1-path", value: "/var/lib/pgbackrest" }
487         - { option: "repo1-retention-full", value: "4" }
488         - { option: "repo1-retention-archive", value: "4" }
489         - { option: "start-fast", value: "y" }
490         - { option: "stop-auto", value: "y" }
491         - { option: "resume", value: "n" }
492         - { option: "link-all", value: "y" }
493         - { option: "spool-path", value: "/var/spool/pgbackrest" }
494         - { option: "archive-async", value: "y" } # Enables asynchronous WAL archiving (
495             details: https://pgbackrest.org/user-guide.html#async-archiving)
496         - { option: "archive-get-queue-max", value: "1GiB" }
497     stanza: # [stanza_name] section
498         - { option: "process-max", value: "4" }
499         - { option: "log-level-console", value: "info" }
500         - { option: "recovery-option", value: "recovery_target_action=promote" }
501         - { option: "pg1-socket-path", value: "{{ postgresql_unix_socket_dir }}" }
502         - { option: "pg1-path", value: "{{ postgresql_data_dir }}" }
503 # (optional) dedicated backup server config (if "repo_host" is set)
504 pgbackrest_server_conf:
505     global:
506         - { option: "log-level-file", value: "detail" }
507         - { option: "log-level-console", value: "info" }
508         - { option: "log-path", value: "/var/log/pgbackrest" }
509         - { option: "repo1-type", value: "{{ pgbackrest_repo_type | lower }}" }
510         - { option: "repo1-path", value: "/var/lib/pgbackrest" }
511         - { option: "repo1-retention-full", value: "4" }
512         - { option: "repo1-retention-archive", value: "4" }
513         - { option: "repo1-bundle", value: "y" }
514         - { option: "repo1-block", value: "y" }
515         - { option: "start-fast", value: "y" }
516         - { option: "stop-auto", value: "y" }
517         - { option: "resume", value: "n" }
518         - { option: "link-all", value: "y" }
519         - { option: "archive-check", value: "y" }
520         - { option: "archive-copy", value: "n" }
521         - { option: "backup-standby", value: "y" }
522 #         - { option: "", value: "" }
523 # the stanza section will be generated automatically
524
525 pgbackrest_archive_command: "pgbackrest --stanza={{ pgbackrest_stanza }} archive-push %p"
526
527 pgbackrest_patroni_cluster_restore_command:

```

```

528 '/usr/bin/pgbackrest --stanza={{ pgbackrest_stanza }} --delta restore' # restore from
      latest backup
529 # '/usr/bin/pgbackrest --stanza={{ pgbackrest_stanza }} --type=time "--target=2020-06-01
      11:00:00+03" --delta restore' # Point-in-Time Recovery (example)
530
531 # By default, the cron jobs is created on the database server.
532 # If 'repo_host' is defined, the cron jobs will be created on the pgbackrest server.
533 pgbackrest_cron_jobs:
534   - name: "pgBackRest: Full Backup"
535     file: "/etc/cron.d/pgbackrest-{{ patroni_cluster_name }}"
536     user: "postgres"
537     minute: "30"
538     hour: "6"
539     day: "*"
540     month: "*"
541     weekday: "0"
542     job: "pgbackrest --type=full --stanza={{ pgbackrest_stanza }} backup"
543     # job: "if [ $(psql -tAXc 'select pg_is_in_recovery()') = 'f' ]; then pgbackrest --
544     # type=full --stanza={{ pgbackrest_stanza }} backup; fi"
544   - name: "pgBackRest: Diff Backup"
545     file: "/etc/cron.d/pgbackrest-{{ patroni_cluster_name }}"
546     user: "postgres"
547     minute: "30"
548     hour: "6"
549     day: "*"
550     month: "*"
551     weekday: "1-6"
552     job: "pgbackrest --type=diff --stanza={{ pgbackrest_stanza }} backup"
553     # job: "if [ $(psql -tAXc 'select pg_is_in_recovery()') = 'f' ]; then pgbackrest --
554     # type=diff --stanza={{ pgbackrest_stanza }} backup; fi"
554
555 # PITR mode (if patroni_cluster_bootstrap_method: "pgbackrest" or "wal-g"):
556 # 1) The database cluster directory will be cleaned (for "wal-g") or overwritten (for "
557     pgbackrest" --delta restore).
557 # 2) And also the patroni cluster "{{ patroni_cluster_name }}" will be removed from the
      DCS (if exist) before recovery.
558
559 disable_archive_command: true # or 'false' to not disable archive_command after restore
560 keep_patroni_dynamic_json: true # or 'false' to remove patroni.dynamic.json after
      restore (if exists)
561
562
563 # Netdata - https://github.com/netdata/netdata
564 netdata_install: false # or 'true' for install Netdata on postgresql cluster nodes (with
      kickstart.sh)
565 netdata_install_options: "--stable-channel --disable-telemetry --dont-wait"
566 netdata_conf:
567   web_bind_to: "*"
568   # https://learn.netdata.cloud/docs/store/change-metrics-storage
569   memory_mode: "dbengine" # The long-term metrics storage with efficient RAM and disk
      usage.
570   page_cache_size: 64 # Determines the amount of RAM in MiB that is dedicated to caching
      Netdata metric values.
571   dbengine_disk_space: 1024 # Determines the amount of disk space in MiB that is

```

```

572     dedicated to storing Netdata metric values.
573 ...
574
575

```

Listing 136: Testsystem - Anhang - Maintenance - main.yml

Nun muss ebenfalls das Playbook ausgeführt werden:

```

1 ansible-playbook config_pgcluster.yml
2

```

Listing 137: Testsystem - Anhang - Maintenance - config\_pgcluster.yml

## XI.IV Prequenteries - Erweiterungstests

Auf dem sks9016 muss zuerst der apt-Proxy gesetzt werden:

```

1 # nano /etc/apt/apt.conf.d/proxy.conf
2 Acquire::http::Proxy "http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080";
3 Acquire::https::Proxy "http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080";
4 Acquire::http::proxy::foreman.ksgr.ch "DIRECT";
5

```

Listing 138: Testsystem - sks9016 - apt-Proxy Settings

Auch der Proxy muss gesetzt werden:

```

1 # nano /etc/profile.d/proxy.sh
2 export https_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
3 export HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
4 export http_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
5 export HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
6 export no_proxy=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
7 export NO_PROXY=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
8 # source /etc/profile.d/proxy.sh
9

```

Listing 139: Testsystem - sks9016 - Proxy Settings

Firewall war keine auf dem Host installiert.

## XI.V Haproxy erweitern

Zuerst musste das Inventory um den entsprechenden Node erweitert werden:

```

1 [etcd_cluster] # recommendation: 3, or 5-7 nodes
2 10.0.22.170
3 10.0.22.171
4 10.0.22.172
5
6 # if dcs_exists: false and dcs_type: "consul"
7 [consul_instances] # recommendation: 3 or 5-7 nodes
8
9 # if with_haproxy_load_balancing: true
10 [balancers]

```

```

11 10.0.22.176
12 10.0.22.177
13 10.0.18.16 new_node=true
14 # PostgreSQL nodes
15 [master]
16 10.0.22.173 postgresql_exists=false
17
18 [replica]
19 10.0.22.174 postgresql_exists=false
20 10.0.22.175 postgresql_exists=false
21
22 [postgres_cluster:children]
23 master
24 replica
25
26 # if pgbackrest_install: true and "repo_host" is set
27 [pgbackrest] # optional (Dedicated Repository Host)
28
29 # Connection settings
30 [all:vars]
31 ansible_connection='ssh'
32 ansible_ssh_port='22'
33 ansible_user='itgramic'
34 ansible_ssh_pass='<Secret ;->' # "sshpass" package is required for use "
35     ansible_ssh_pass"
36 #ansible_ssh_private_key_file=
37 ansible_python_interpreter='/usr/bin/env python3'
38
39 [pgbackrest:vars]
40

```

Listing 140: Testsystem - Anhang - add\_balancer.yml - inventory

Nun muss das Playbook add\_balancer.yml ausgeführt werden:

```

1 ansible-playbook add_balancer.yml
2

```

Listing 141: Testsystem - Anhang - add\_balancer.yml

## XI.VI Patroni Node

Zuerst musste das Inventory um den entsprechenden Node erweitert werden:

```

1 [etcd_cluster] # recommendation: 3, or 5-7 nodes
2 10.0.22.170
3 10.0.22.171
4 10.0.22.172
5
6 # if dcs_exists: false and dcs_type: "consul"
7 [consul_instances] # recommendation: 3 or 5-7 nodes
8
9 # if with_haproxy_load_balancing: true
10 [balancers]

```

```

11 10.0.22.176
12 10.0.22.177
13 # PostgreSQL nodes [master]
14 10.0.22.173 postgresql_exists=false
15
16 [replica]
17 10.0.22.174 postgresql_exists=false
18 10.0.22.175 postgresql_exists=false
19 10.0.28.16 postgresql_exists=false new_node=true
20
21 [postgres_cluster:children]
22 master
23 replica
24
25 # if pgbackrest_install: true and "repo_host" is set
26 [pgbackrest] # optional (Dedicated Repository Host)
27
28 # Connection settings
29 [all:vars]
30 ansible_connection='ssh'
31 ansible_ssh_port='22'
32 ansible_user='itgramic'
33 ansible_ssh_pass='<Secret ;->' # "sshpass" package is required for use "
34     ansible_ssh_pass"
35 #ansible_ssh_private_key_file=
36 ansible_python_interpreter='/usr/bin/env python3'
37
38 [pgbackrest:vars]

```

Listing 142: Testsystem - Anhang - add\_pgnode.yml - inventory

Das Deployment erfolgt nun ebenfalls via Playbook add\_pgnode.yml:

```

1 ansible-playbook add_pgnode.yml
2

```

Listing 143: Testsystem - Anhang - add\_pgnode.yml

## XII            Maintenance-Tool

### XII.I        Maintenance-Tool - Bloated Tables

Das Python-Skript:

```
1 import os
2 import psycopg2
3 from psycopg2.extensions import ISOLATION_LEVEL_AUTOCOMMIT
4 import yaml
5 from kubernetes import client, config
6 import base64
7 import sys
8
9 # Pass Exception Class
10 class OneException(Exception):
11     pass
12
13 # Read the ConfigMap
14 #
15 # Get the ConfigMap from the Namespace
16 def read_config(confimap):
17     # config = os.environ['config-map-connections.yaml']
18     script_dir = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
19     configfile = os.path.join(script_dir, confimap)
20     config = dict()
21     with open(configfile, "r") as file:
22         config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
23     print(config)
24     return config
25
26 # Open Database Connection
27 #
28 # Opens a Database Connection to the over given Database.
29 # Returns the opened Connection.
30 def database_connection(config, database, user, password):
31     # user = config['connectiondata']['username']
32     host = config['host']
33     port = config['port']
34     conn = psycopg2.connect(database=database,
35                            user=user,
36                            host=host,
37                            password=password,
38                            port=port)
39     return conn
40
41 # Get the Secret
42 #
43 # Get the Secret from the Namespace
44 def get_secret(secret_name):
45     secret = open(secret_name, "r").read()
46     print("secret", secret)
47     return secret
48
49 # Get the Username
```

```

50 #
51 # Get the Username from the Secret from the Namespace
52 def get_username(secret_name):
53     username = open(secret_name, "r").read()
54     print("username", username)
55     return username
56
57 # Cleanup Bloated Database
58 #
59 # Connected to the Database, check the AUTOVACUUM and VACUUM the Table and
60 # REINDEX all Indices of the Table
61 def cleanup_bloated_database(config):
62     # Get Configuration
63     dead_tuple_percent = config['dead_tuple_percent']
64     database = config['database']
65     secret_username = config['secret_username']
66     secret_password = config['secret_password']
67
68     # Get Secret of the Database
69     secret = get_secret(secret_password)
70
71     # Get Username for the Database
72     user = get_username(secret_username)
73
74     # Open Database Connection
75     connection = database_connection(config, database, user, secret)
76
77     # Get the AUTOVACUUM State
78     active_autovaacum = check_autovacuum(connection)
79
80     # Check AUTOVACUUM State
81     #
82     # Run Maintenance Job if no AUTOVACUUM is running
83     if active_autovaacum == 0:
84         # Get bloated Tables
85         bloated_tables = get_bloated_tables(connection, dead_tuple_percent)
86         # Cleanup bloated Tables
87         cleanup_bloated_tables(connection, bloated_tables)
88     else:
89         print('autovacuum maintenance active!')
90
91     # Close Database Connection
92     connection.close()
93
94 # Check AUTOVACUUM
95 #
96 # Check if an AUTOVACUUM Job is running.
97 # For this, a Select on the Table pg_stat_activity on all Queries like autovacuum:% is
98 used.
99 def check_autovacuum(connection):
100    cur = connection.cursor()
101    sql = "select count(*) as active from pg_stat_activity where query like 'autovacuum
102 :%';"
103    cur.execute(sql)
104    active_autovaacum = cur.fetchone()

```

```

102     active_autovaacum = active_autovaacum[0]
103     return active_autovaacum
104 #
105 #
106 #   Select the Bloated Tables.
107 def get_bloated_tables(connection, dead_tuple_percent):
108     cur = connection.cursor()
109     sql = """select
110         relname as table,
111         (pgstattuple(oid)).dead_tuple_percent
112     from pg_class
113     where
114         relkind = 'r' and
115         (pgstattuple(oid)).dead_tuple_percent > %s
116     order by dead_tuple_percent desc;
117     """
118
119     cur.execute(sql, (dead_tuple_percent,))
120     return cur
121
122 #   Cleanup Bloated Tables
123 #
124 #   Run through the Bloated Tables and VACUUM and REINDEX
125 def cleanup_bloated_tables(connection, cur):
126     bloated_tables = cur.fetchall()
127     for bloated_table in bloated_tables:
128         table = bloated_table[0]
129         vacuum_table(connection, table)
130         reindex_table(connection, table)
131     print("finished")
132
133 #   VACUUM Table
134 #
135 #   VACUUM the Table
136 def vacuum_table(connection, table):
137     old_isolation = connection.isolation_level
138     connection.set_isolation_level(ISOLATION_LEVEL_AUTOCOMMIT)
139     cur = connection.cursor()
140     sql = "vacuum " + table + ";"
141     cur.execute(sql)
142     connection.set_isolation_level(old_isolation)
143     print("vacuum table " + table + " successfully")
144
145 #   REINDEX
146 #
147 #   REINDEX the whole Table
148 def reindex_table(connection, table):
149     cur = connection.cursor()
150     sql = "reindex table " + table + ";"
151     cur.execute(sql)
152     connection.commit()
153     print("reindex table " + table + " successfully")
154
155 #   Main Method
156 def maintenance_bloated_databases(configmap):

```

```

156     # confimap = confimap_Arg[0]
157     try:           # print(confimap)
158         config = read_config(confimap)
159         cleanup_bloated_database(config)
160     except OneException as e:
161         print(repr(e))
162
163 arg1 = sys.argv[1]
164 maintenance_bloated_databases( arg1 )
165

```

Listing 144: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices -  
ksgr\_postgresql\_maintenance\_bloated\_tables.py

Zuerst muss der Namespace `ksgr-postgresql-maintenance` erstellt werden:

```

1 kubectl create namespace ksgr-postgresql-maintenance
2

```

Listing 145: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Namespace

Das Python-Skript `ksgr_postgresql_maintenance_bloated_tables.py` kann in ein ConfigMap umgewandelt werden:

```

1 kubectl create configmap ksgr-postgresql-maintenance-bloated-tables --from-file /home/
   gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/cleaned/
   ksgr_postgresql_maintenance_bloated_tables.py --dry-run=client -o yaml > /home/gramic/
   PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/cleaned/
   ksgr_postgresql_maintenance_bloated_tables.yml -n ksgr-postgresql-maintenance
2

```

Listing 146: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Python > ConfigMap

Entsprechend lässt es sich deployen:

```

1 kubectl create -f /home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/cleaned/
   ksgr_postgresql_maintenance_bloated_tables.yml -n ksgr-postgresql-maintenance
2

```

Listing 147: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Python - ConfigMap Deploy

Der Username und das Passwort für den Cluster wird als Secret gespeichert.

Dazu werden erst die Daten in Base64 Strings umgewandelt:

```

1 USER=postgres
2 PASSWORD=<Password Secure / Safe>
3 echo -n ${USER} | base64
4 echo -n ${PASSWORD} | base64
5

```

Listing 148: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Base64

Diese werden nun in ein Secret gegeben:

```

1 apiVersion: v1
2 kind: Secret
3 metadata:

```

```

4   name: secret-vks0041
5   namespace: ksgr-postgresql-maintenance
6 type: Opaque
7 data:
8   user: <Base64 User>
9   password: <Base64 Password>
10

```

Listing 149: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Secret

Das Secret kann deployt werden:

```

1 kubectl create -f /home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/secret_vks0041
  .yaml
2

```

Listing 150: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Secret Deploy

Die ConfigMap configmap-vks0041-gramic-test beinhaltet den Hostname, den Port, den Datenbanknamen sowie den Pfad zu den Secrets:

```

1 apiVersion: v1
2 kind: ConfigMap
3 metadata:
4   name: configmap-vks0041-gramic-test
5   namespace: ksgr-postgresql-maintenance
6 data:
7   configmap-vks0041-gramic-test.yaml: |-
8     host: "10.0.22.178"
9     port: "5000"
10    database: "gramic_test"
11    secret_username: "/mnt/etc/secret-volume/secret-vks0041/user"
12    secret_password: "/mnt/etc/secret-volume/secret-vks0041/password"
13    dead_tuple_percent: "1.5"
14

```

Listing 151: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - configmap-vks0041-gramic-test

Das Deployment sieht entsprechend aus:

```

1 kubectl create -f /home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/cleaned/
  configmap-vks0041-gramic_test.yaml
2

```

Listing 152: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - configmap-vks0041-gramic-test Deploy

Das finale Deployment erfolgt mittels einer CronJob.

Jeden Tag um Mitternacht wird ein Pod deployt, welcher Skript ausführt.

Dabei müssen erst folgende Dependencis installiert werden:

- psycopg2-binary
- PyYAML
- kubernetes

Normalerweise würden diese PyPi-Packages in einem helm Chart als Ressource mitgegeben werden.  
Dann wird das Skript mit dem ConfigMap ausgeführt.  
Dazu wird das Secret und das ConfigMap in das Pod-Filesystem gemounted.

```
1 apiVersion: batch/v1
2 kind: CronJob
3 metadata:
4   name: ksgr-maintenance-bloating-vks0041-gramic-test
5   namespace: ksgr-postgresql-maintenance
6 spec:
7   schedule: "0 0 * * *"
8   jobTemplate:
9     spec:
10       template:
11         metadata:
12           labels:
13             workload: cronjob
14             type: ksgr-postgresql-maintenance
15       spec:
16         containers:
17           - name: ksgr-maintenance-bloating-vks0041-gramic-test-container
18             image: python:3.11-bookworm
19             command: ["sh", "-c"]
20             args:
21               [
22                 "python -m pip install --proxy http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
psycopg2-binary PyYAML kubernetes;
23                 python /tmp/python/ksgr_postgresql_maintenance_bloated_tables.py /tmp/
conf/configmap-vks0041-gramic-test.yaml"
24               ]
25             volumeMounts:
26               - name: ksgr-postgresql-maintenance-bloated-tables
27                 mountPath: /tmp/python
28               - name: configmap-vks0041-gramic-test
29                 mountPath: /tmp/conf
30               - name: secret-volume
31                 readOnly: true
32                 mountPath: /mnt/etc/secret-volume/secret-vks0041
33
34             restartPolicy: Never
35             volumes:
36               - name: sproxy
37                 configMap:
38                   name: sproxy
39               - name: ksgr-postgresql-maintenance-bloated-tables
40                 configMap:
41                   name: ksgr-postgresql-maintenance-bloated-tables
42               - name: configmap-vks0041-gramic-test
43                 configMap:
44                   name: configmap-vks0041-gramic-test
45               - name: secret-volume
46                 secret:
47                   secretName: secret-vks0041
```

## Listing 153: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - ksgr-maintenance-bloating-vks0041-gramic-test

Das Deployment:

```
1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/cleaned/ksgr-
   maintenance-bloating-vks0041-gramic_test-cronjob.yaml
2
```

## Listing 154: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - ksgr-maintenance-bloating-vks0041-gramic-test Deploy

## XII.II Maintenance-Tool - AUTOVACUUM

Das Python-Skript:

```
1 import os
2 import sys
3 from datetime import date
4
5 import pandas as pd
6 import psycopg2
7 import yaml
8
9
10 # Pass Exception Class
11 class OneException(Exception):
12     pass
13
14 # Read the ConfigMap
15 #
16 # Get the ConfigMap from the Namespace
17 def read_config(configmap):
18     # config = os.environ['config-map-connections.yaml']
19     script_dir = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
20     configfile = os.path.join(script_dir, configmap)
21     config = dict()
22     with open(configfile, "r") as file:
23         config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
24     print(config)
25     return config
26
27
28 # Open Database Connection
29 #
30 # Opens a Database Connection to the over given Database.
31 # Returns the opened Connection.
32 def database_connection(config, database, user, password):
33     # user = config['connectiondata']['username']
34     host = config['host']
35     port = config['port_ro']
36     conn = psycopg2.connect(database=database,
37                           user=user,
38                           host=host,
```

```

39                     password=password,
40                     port=port)      return conn
41
42
43 #     Get the Secret
44 #
45 #     Get the Secret from the Namespace
46 def get_secret(secret_name):
47     secret = open(secret_name, "r").read()
48     return secret
49
50 #     Get the Username
51 #
52 #     Get the Username from the Secret from the Namespace
53 def get_username(secret_name):
54     username = open(secret_name, "r").read()
55     print("username", username)
56     return username
57
58 #     Get PostgreSQL Parameters
59 #
60 #     Get autovacuum_vacuum_scale_factor and autovacuum_vacuum_threshold from pg_settings
61 #     Get sum of reltuples from pg_class and get the sender_host (Primary) IP Address from
62 #     pg_stat_wal_receiver
63 def get_paramaters(connection):
64     cur = connection.cursor()
65     sql = """select
66     (
67         select
68             setting as autovacuum_vacuum_scale_factor
69             from pg_settings
70             where
71                 name = 'autovacuum_vacuum_scale_factor',
72             ) as autovacuum_vacuum_scale_factor,
73     (
74         select
75             setting as autovacuum_vacuum_threshold
76             from pg_settings
77             where
78                 name = 'autovacuum_vacuum_threshold',
79             ) as autovacuum_vacuum_threshold,
80     (
81         select
82             sum(reltuples) as reltuples
83             from pg_class
84             ) as reltuples,
85     (
86         select
87             sender_host
88             from pg_stat_wal_receiver
89             ) as sender_host
90 ;"""
91     cur.execute(sql)
92     postgresql_parameters = cur.fetchone()

```

```

92     autovacuum_vacuum_scale_factor = postgresql_parameters[0]
93     autovacuum_vacuum_threshold = postgresql_parameters[1]      reltuples =
94     postgresql_parameters[2]
95     sender_host = postgresql_parameters[3]
96
96     postgresql_parameter = dict(autovacuum_vacuum_scale_factor=
97         autovacuum_vacuum_scale_factor,
98             autovacuum_vacuum_threshold=autovacuum_vacuum_threshold,
99             reltuples=reltuples,
100                sender_host=sender_host)
101
102 # Calculate and Check AUTOVACUUM
103 #
104 # Calculate needed autovacuum_vacuum_scale_factor and check with the configured ones.
105 # Create HTML Table if values are different
106 def calculate_check_autovacuum(postgres_params, configmap_autovacuum):
107     autovacuum_vacuum_scale_factor_actual = float(postgres_params.get(
108         'autovacuum_vacuum_scale_factor'))
109     autovacuum_vacuum_threshold = float(postgres_params.get('autovacuum_vacuum_threshold',
110 ))))
111     reltuples = float(postgres_params.get('reltuples'))
112     sender_host = postgres_params.get('sender_host')
113     max_death_tuples = configmap_autovacuum.get('max_death_tuples')
114     autovacuum_vacuum_scale_factor = round((max_death_tuples -
115     autovacuum_vacuum_threshold) / reltuples), 2)
116
117     if autovacuum_vacuum_scale_factor != autovacuum_vacuum_scale_factor_actual:
118         result_table = create_pandas_dataframe(autovacuum_vacuum_scale_factor_actual,
119         autovacuum_vacuum_scale_factor, ['autovacuum_vacuum_scale_factor'])
120         result_path = configmap_autovacuum.get('calc_result')
121         filename_prefix = configmap_autovacuum.get('filename_prefix')
122         filename = filename_prefix + str(date.today()) + '.html'
123         write_calculating_result(result_table, result_path, filename)
124
125 # Pandas DataFrame
126 #
127 # Create a Pandas DataFrame from the overgiven Parameters
128 def create_pandas_dataframe(autovacuum_vacuum_scale_factor_actual,
129     autovacuum_vacuum_scale_factor, index):
130     data = {'Bestehend': autovacuum_vacuum_scale_factor_actual, 'Berechnet':
131     autovacuum_vacuum_scale_factor}
132     result_df = pd.DataFrame(data, index=index)
133     return result_df
134
135
136 # Write HTML
137 #
138 # Write the Result Pandas DataFrame to HTML Table
139 def write_calculating_result(result_table, path, filename):
140     # html = result_table.to_html(classes='table table-striped')
141     html = result_table.to_html()
142     filepath = path + '/' + filename

```

```

137     text_file = open(filepath, "w")
138     text_file.write(html)      text_file.close()
139
140 # Maintenance Main
141 #
142 # Calculate the AUTOVACUUM Parameters
143 def maintenance_autovacuum_calculation(configmap_conn, configmap_autovacuum):
144     try:
145         # Read the Configs
146         config = read_config(configmap_conn)
147         config_autovac = read_config(configmap_autovacuum)
148
149         # Get Configuration
150         database = config['database']
151         secret_username = config['secret_username']
152         secret_password = config['secret_password']
153
154         # Get Secret of the Database
155         secret = get_secret(secret_password)
156
157         # Get Username for the Database
158         user = get_username(secret_username)
159
160         # Open Database Connection
161         connection = database_connection(config, database, user, secret)
162
163         # Get the PostgreSQL Parameters
164         postgres_params = get_paramaters(connection)
165
166         # Calculate and Check the Autovacuum Vacuum Scale Factor
167         calculate_check_autovacuum(postgres_params, config_autovac)
168
169         # Close Database Connection
170         connection.close()
171
172         # cleanup_bloated_database(config)
173     except OneException as e:
174         print(repr(e))
175
176 arg1 = sys.argv[1]
177 arg2 = sys.argv[2]
178 maintenance_autovacuum_calculation(arg1, arg2)
179

```

Listing 155: Maintenance-Tool - AUTOVACUUM  
 ksgr\_postgresql\_maintenance\_autovacuum\_calculation.py

Das Python-Skript ksgr\_postgresql\_maintenance\_autovacuum\_calculation.py kann in ein ConfigMap umgewandelt werden:

```

1 kubectl create configmap ksgr-postgresql-maintenance-autovacuum-calculation --from-file /
  home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/
  ksgr_postgresql_maintenance_autovacuum_calculation.py --dry-run=client -o yaml > /home
  /gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/

```

```
1 ksgr_postgresql_maintenance_autovacuum_calculation.yml -n ksgr-postgresql-maintenance
```

2

### Listing 156: Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - Python > ConfigMap

Entsprechend lässt es sich deployen:

```
1 kubectl create -f /home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/
2   ksgr_postgresql_maintenance_autovacuum_calculation.yml -n ksgr-postgresql-maintenance
```

### Listing 157: Maintenance-Tool - Bloated Tables / Indices - Python - ConfigMap Deploy

Ein neues Secret muss nicht deployt werden.

Im ConfigMap configmap-vks0041-postgres wird der Hostname, den Read-Write Port, der Read-Only Port, die Datenbank und die Secret-Pfade gespeichert:

```
1 apiVersion: v1
2 kind: ConfigMap
3 metadata:
4   name: configmap-vks0041-postgres
5   namespace: ksgr-postgresql-maintenance
6 data:
7   configmap-vks0041-postgres.yaml: |-
```

8 host: "10.0.22.178"  
9 port\_rw: "5000"  
10 port\_ro: "5001"  
11 database: "postgres"  
12 secret\_username: "/mnt/etc/secret-volume/secret-vks0041/user"  
13 secret\_password: "/mnt/etc/secret-volume/secret-vks0041/password"

14

### Listing 158: Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - configmap-vks0041-postgres

Das Deployment sieht entsprechend aus:

```
1 kubectl create -f /home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/configmap-
2   vks0041-postgres.yaml
```

### Listing 159: Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - configmap-vks0041-postgres Deploy

Für das AUTOVACUUM wird zudem die ConfigMap configmap-vks0041-autovacuum erstellt.

In diesem werden der Pfad zum Node (Host) Filesystem, die Anzahl toter Tupels und dem Filenamen-Präfix:

```
1 apiVersion: v1
2 kind: ConfigMap
3 metadata:
4   name: configmap-vks0041-autovacuum
5   namespace: ksgr-postgresql-maintenance
6 data:
7   configmap-vks0041-autovacuum.yaml: |-
```

8 calc\_result: "/mnt/data"  
9 max\_death\_tuples: 1000  
10 filename\_prefix: "autovacuum-parameter -"

## Listing 160: Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - configmap-vks0041-autovacuum

Das Deployment sieht entsprechend aus:

```
1 kubectl create -f /home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/configmap-
  vks0041-autovacuum.yaml
2
```

## Listing 161: Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - configmap-vks0041-autovacuum Deploy

Das finale Deployment erfolgt mit Hilfe von eines CronJob.

Jeden Tag um Mitternacht wird ein Pod deployt, welcher Skript ausführt.

Dabei müssen erst folgende Dependencis installiert werden:

- psycopg2-binary
- PyYAML
- kubernetes
- pandas

Normalerweise würden diese PyPi-Packages in einem helm Chart als Ressource mitgegeben werden.

Dann wird das Skript mit dem beiden ConfigMaps ausgeführt.

Dazu wird das Secret und die ConfigMaps in das Pod-Filesystem gemountet.

```
1 apiVersion: batch/v1
2 kind: CronJob
3 metadata:
4   name: ksgr-maintenance-autovacuum-calulation
5   namespace: ksgr-postgresql-maintenance
6 spec:
7   schedule: "0 0 * * *"
8   jobTemplate:
9     spec:
10       template:
11         metadata:
12           labels:
13             workload: cronjob
14             type: ksgr-postgresql-maintenance
15         spec:
16           containers:
17             - name: ksgr-maintenance-autovacuum-calulation-container
18               image: python:3.11-bookworm
19               command: ["sh", "-c"]
20               args:
21                 [
22                   "python -m pip install --proxy http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
psycopg2-binary PyYAML kubernetes pandas;
23                   python /tmp/python/ksgr_postgresql_maintenance_autovacuum_calculation.
py /tmp/conf/postgres/configmap-vks0041-postgres.yaml /tmp/conf/autovacuum/configmap-
vks0041-autovacuum.yaml"
24                 ]
```

```

25      volumeMounts:
26        - name: ksgr-postgresql-maintenance-autovacuum-calculation
27          mountPath: /tmp/python
28        - name: configmap-vks0041-postgres
29          mountPath: /tmp/conf/postgres
30        - name: configmap-vks0041-autovacuum
31          mountPath: /tmp/conf/autovacuum
32        - name: secret-volume
33          readOnly: true
34          mountPath: /mnt/etc/secret-volume/secret-vks0041
35        - name: ksgr-data
36          mountPath: /mnt/data
37    restartPolicy: Never
38    volumes:
39      - name: ksgr-postgresql-maintenance-autovacuum-calculation
40        configMap:
41          name: ksgr-postgresql-maintenance-autovacuum-calculation
42      - name: configmap-vks0041-postgres
43        configMap:
44          name: configmap-vks0041-postgres
45      - name: configmap-vks0041-autovacuum
46        configMap:
47          name: configmap-vks0041-autovacuum
48      - name: ksgr-data
49        hostPath:
50          path: /mnt/data
51      - name: secret-volume
52        secret:
53          secretName: secret-vks0041

```

Listing 162: Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - ksgr-maintenance-autovacuum-calulation

Das Deployment sieht entsprechend aus:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/ksgr_postgresql_maintenance/
   ksgr_postgresql_maintenance_autovacuum_calculation_cronjob.yaml
2

```

Listing 163: Maintenance-Tool - AUTOVACUUM - ksgr-maintenance-autovacuum-calulation Deploy

## XIII Monitoring - PRTG

Bevor das Python-Skript abgelegt werden kann, müssen einige PyPI-Packages auf allen Probe-Server installiert werden:

- json
- socket
- requests

☞ Bei PRTG sind die Status folgendermassen aufgeteilt:

0 = OK, 1 = Warning und 2 = Error.

Dies gilt es zu beachten.

Das Python-Skript KSGR - Patroni - Healthcheck.py sieht wie folgt aus:

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 """
4 Created:      2024-05-05
5
6 @author:      Michael Graber, Kantonsspital Graubuenden, Switzerland
7 """
8 import json
9 import socket
10 import sys
11
12 import requests
13 from paesslerag_prtg_sensor_api.sensor.result import CustomSensorResult
14 from paesslerag_prtg_sensor_api.sensor.units import ValueUnit
15
16
17 #     node_state = 0    # ok
18 #     node_state = 1    # warning
19 #     node_state = 2    # error
20
21 def check_patroni_cluster(host, replication_mode, lag_warning, lag_error):
22     #     Get the IP
23     resolution = socket.gethostbyname_ex(host)
24     ip_address_block = resolution[2]
25     ip_address = ip_address_block[0]
26     print(str(ip_address))
27
28     #     Variable declaration
29     patroni_comment = ''
30     cluster_state = 2
31     cluster_unlocked = 2
32     failsafe_mode_is_active = 2
33     sync_replication_state = 2
34     replication_lage_state = 2
35
36     #     Get the Cluster State
37     patroni_cluster_state_url = 'http://{}:{}8008/patroni'
```

```

38 patroni_cluster_state_response = requests.get(patroni_cluster_state_url)
39 patroni_cluster_state_response_json = patroni_cluster_state_response.json()
40 patroni_cluster_state_response_code = patroni_cluster_state_response.status_code
41 patroni_cluster_name = patroni_cluster_state_response_json.get('patroni').get('name')
42 patroni_cluster_state = patroni_cluster_state_response_json.get('state')
43 patroni_role = patroni_cluster_state_response_json.get('role')
44
45 if 'paused' in patroni_cluster_state_response_json:
46     patroni_cluster_paused = patroni_cluster_state_response_json.get('paused')
47 else:
48     patroni_cluster_paused = False
49
50 if patroni_cluster_state == 'running' and patroni_cluster_paused:
51     cluster_state = 1
52     patroni_comment = '(Cluster ' + patroni_cluster_name + ', paused)'
53 elif not(patroni_cluster_state):
54     cluster_state = 2
55     patroni_comment = '(Cluster ' + patroni_cluster_name + ', not running)'
56 else:
57     cluster_state = 0
58
59 if 'cluster_unlocked' in patroni_cluster_state_response_json:
60     patroni_cluster_unlocked = patroni_cluster_state_response_json.get(
61         'cluster_unlocked')
62     if 'failsafe_mode_is_active' in patroni_cluster_state_response_json:
63         patroni_failsafe_mode_is_active = patroni_cluster_state_response_json.get(
64             'failsafe_mode_is_active')
65         if patroni_cluster_unlocked == True and patroni_failsafe_mode_is_active == True:
66             patroni_comment += ', (DCS Failsafe Mode)'
67             cluster_unlocked = 2
68             failsafe_mode_is_active = 2
69         else:
70             cluster_unlocked = 2
71             failsafe_mode_is_active = 0
72     else:
73         cluster_unlocked = 0
74         failsafe_mode_is_active = 0
75
76 # Get the Cluster Node States
77 patroni_nodes_state_url = 'http://'+ ip_address + ':8008/cluster'
78 patroni_cluster_nodes_response = requests.get(patroni_nodes_state_url)
79 patroni_cluster_nodes_response_json = patroni_cluster_nodes_response.json()
80 patroni_cluster_nodes_response_code = patroni_cluster_nodes_response.status_code
81
82 replica_count = 0
83 sync_replica_count = 0
84 if patroni_role == 'master':
85     patroni_replication = patroni_cluster_state_response_json.get('replication')
86     for patroni_replication_member in patroni_replication:
87         patroni_sync_state = patroni_replication_member.get('sync_state')
88         if patroni_sync_state == replication_mode:
89             sync_replica_count = sync_replica_count + 1
90             replica_count = replica_count + 1

```

```

89     else:
90         cluster_members = patroni_cluster_nodes_response_json.get('members')           for
91         cluster_node in cluster_members:
92             node_role = cluster_node.get('role')
93             if node_role == 'leader':
94                 leader_api = cluster_node.get('api_url')
95                 patroni_leader_state_response = requests.get(leader_api)
96                 patroni_leader_state_response_json = patroni_leader_state_response.json()
97                 patroni_leader_state_response_code = patroni_leader_state_response.
98                     status_code
99
100                patroni_replication = patroni_leader_state_response_json.get('replication')
101            )
102                for patroni_replication_member in patroni_replication:
103                    patroni_sync_state = patroni_replication_member.get('sync_state')
104                    if patroni_sync_state == replication_mode:
105                        sync_replica_count = sync_replica_count + 1
106                        replica_count = replica_count + 1
107
108                    if sync_replica_count == sync_replica_count:
109                        sync_replication_state = 0
110                    elif sync_replica_count > 0:
111                        sync_replication_state = 1
112                        patroni_comment += ' (Not all Replicas run in sync standby mode)'
113                    else:
114                        sync_replication_state = 2
115                        patroni_comment += ' (None of the Replicas run in sync standby mode)'
116
117 #   Get the Replication lag warning
118 lag_warning_url = 'http://' + ip_address + ':8008//replica?lag=' + lag_warning
119 lag_warning_response = requests.get(lag_warning_url)
120 lag_warning_response_code = lag_warning_response.status_code
121
122 #   Get the Replication lag error
123 lag_error_url = 'http://' + ip_address + ':8008//replica?lag=' + lag_error
124 lag_error_response = requests.get(lag_error_url)
125 lag_error_response_code = lag_error_response.status_code
126
127 if patroni_role == 'master':
128     replication_lage_state = 0
129 else:
130     if lag_warning_response_code != 200:
131         replication_lage_state = 1
132         patroni_comment += ' (replication lag over ' + lag_warning + ')'
133     elif lag_error_response_code != 200:
134         replication_lage_state = 2
135         patroni_comment += ' (replication lag over ' + lag_error + ')'
136     else:
137         replication_lage_state = 0
138
139 csr = CustomSensorResult(text="This sensor runs on %s" % data["host"])
140
141 #   Patroni Cluster State
142 channel_name = "PATRONI CLUSTER - " + patroni_cluster_name

```

```

140     csr.add_primary_channel(name=patroni_cluster_name ,
141                             value=cluster_state ,
142                             unit=
143                             ValueUnit.CUSTOM ,
144                             is_float=False ,
145                             is_limit_mode=True ,
146                             limit_max_warning=0.75 ,
147                             limit_max_error=1.5 ,
148                             limit_warning_msg=channel_name + " Warning" ,
149                             limit_error_msg=channel_name + " Error")
150
151     channel_name = "CLUSTER UNLOCK"
152     csr.add_channel(name=channel_name ,
153                      value=cluster_unlocked ,
154                      unit=ValueUnit.CUSTOM ,
155                      is_float=False ,
156                      is_limit_mode=True ,
157                      limit_max_warning=0.75 ,
158                      limit_max_error=1.5 ,
159                      limit_warning_msg=channel_name + " Warning" ,
160                      limit_error_msg=channel_name + " Error")
161
162     channel_name = "FAILSAFE MODE ACTIVITY"
163     csr.add_channel(name=channel_name ,
164                      value=failsafe_mode_is_active ,
165                      unit=ValueUnit.CUSTOM ,
166                      is_float=False ,
167                      is_limit_mode=True ,
168                      limit_max_warning=0.75 ,
169                      limit_max_error=1.5 ,
170                      limit_warning_msg=channel_name + " Warning" ,
171                      limit_error_msg=channel_name + " Error")
172
173     channel_name = "REPLICATION STATE"
174     csr.add_channel(name=channel_name ,
175                      value=sync_replication_state ,
176                      unit=ValueUnit.CUSTOM ,
177                      is_float=False ,
178                      is_limit_mode=True ,
179                      limit_max_warning=0.75 ,
180                      limit_max_error=1.5 ,
181                      limit_warning_msg=channel_name + " Warning" ,
182                      limit_error_msg=channel_name + " Error")
183
184     channel_name = "REPLICATION LAG"
185     csr.add_channel(name=channel_name ,
186                      value=replication_lage_state ,
187                      unit=ValueUnit.CUSTOM ,
188                      is_float=False ,
189                      is_limit_mode=True ,
190                      limit_max_warning=0.75 ,
191                      limit_max_error=1.5 ,
192                      limit_warning_msg=channel_name + " Warning" ,
193                      limit_error_msg=channel_name + " Error")

```

```

193     # Overwrite the Sensor Text and create a custom Warning/Error Message
194     patroni_comment = patroni_comment.strip()      csr.text = "This sensor runs on %s" %
195     data["host"] + ' ' + patroni_comment
196
197     return csr
198
199 if __name__ == "__main__":
200     try:
201         # Get Parameters
202         data1 = sys.argv[1]
203         data = json.loads(data1)
204         data_overgiven = json.loads(data1)
205
206         # Get the overgiven Parameter String and cast to a Dictionary
207         params = data_overgiven["params"]
208         perams = dict(param.split('=') for param in params.split(',',)))
209
210         # Get the used Binary
211         replication_mode = perams["replication_mode"]
212         lag_warning = perams["lag_warning"]
213         lag_error = perams["lag_error"]
214
215         # Call Function / Method
216         csr = check_patroni_cluster(data["host"], replication_mode, lag_warning,
217                                     lag_error)
218
219         # Return the Value
220         print(csr.json_result)
221
222     except Exception as e:
223         csr = CustomSensorResult(text="Python Script execution error")
224         csr.error = "Python Script execution error: %s" % str(e)
225         print(csr.json_result)

```

Listing 164: Monitoring - KSGR - Patroni - Healthcheck.py

Das Python-Skript muss auf allen PRTG Probes, welches die entsprechenden Sensoren ausführt, angelegt werden,

## XIV            Exkurs Architekturen - Umsysteme und Prinzipien

### XIV.I        Raft-Consensus

Raft ist eine Kombination aus einer Log-Replikation und einer State Machine[106].

Ein Node kann dabei einen von drei States einnehmen:

#### **Leader**

Empfängt als einziger Requests von den Clients und hat die Hoheit über die Transaktionen im Log

#### **Candidate**

Wenn ein Leader ausgefallen ist oder für einen Follower nicht mehr innerhalb eines zufälligen Timeouts erreichbar ist,

ernennt dieser sich zum Kandidaten als neuer Leader und wählt sich selbst.

Dazu versendet er alle seine Informationen inklusive seinem Log.

Gewählt wird dann jener Candidate, der ein konsistentes, vollständiges und jüngste Log besitzt.

#### **Follower**

Follower können nur Commands empfangen und Response Messages senden.

Das Prozedere für die Bestimmung eines Leaders kann viele Ursachen haben.

Etwa weil ein System neu gestartet wird oder ein Leader nicht mehr verfügbar oder erreichbar ist.

Dann werden folgende Schritte vorgenommen:

1. Alle Nodes starten als Follower und warten auf einen Leader
2. Wenn kein Leader vorhanden ist, startet mindestens ein Follower die Elektion eines Leaders.  
Mindestens eine Request Vote wird versendet.
3. Die Follower wählen dann ihren neuen Leader aus.
4. Der neue Leader sendet nun Append Entries als Heartbeat-Message und Anweisungen an die Follower, Log Einträge zu replizieren.

Das zufällige Heartbeat-Timeout der Follower verhindert dabei,  
dass sich alle Follower gleichzeitig als Candidate ausrufen und sich selber wählen.  
Sonst hätte man eine Split-Brain Situation.

Ist ein Leader aktiv, wird der Log konsens wie folgt ausgeführt:

1. Der Leader erhält einen Request von einem Client Daten zu schreiben
2. Der Leader legt dieses als neuen Eintrag ein
3. Der Leader sendet Append Entry Messages zu den Followern
4. Eine Mehrheit der Follower müssen nun bestätigen,  
dass sie diese erhalten und in ihr Log geschrieben haben.
5. Der Leader schreibt nun ein Commit in seine State Machine

6. Der Leader sendet nun Append Entry Messages, dass er die Einträge committed hat.

Der Leader befiehlt den Follower, es ihm gleichzutun

7. Nun ist eine konsistente Transaktion auf den Cluster geschrieben

Dem Log wird immer der Index des vorangegangenen Eintrags gesendet.

Fällt ein Follower aus und wird später wieder dem Quorum hinzugefügt,

meldet er einen Fehler, wenn er neue Daten erhält, ihm fehlen ja Einträge.

Der Leader sendet dem Follower also den Eintrag.

Fehlen weitere vorangehende Einträge, wird der Vorgang solange ausgeführt,

bis wieder ein konsistenter Stand erreicht ist.

Das System ist so selbstheilend.

## XIV.II local-path-provisioner

local-path-provisioner wartet auf einen PVC (Persistence Volume Claim).

Sobald ein Pod existiert, wird auf dem Worker Node ein Volume erzeugt, welches normalerweise unter dem Pfad `var/volumes` auf dem Node zu finden ist.

Anschliessend wird ein PV (Persistence Volume) und dem Volume auf dem Node angefügt.

Anschliessend wird das PV an den PVC gebunden:

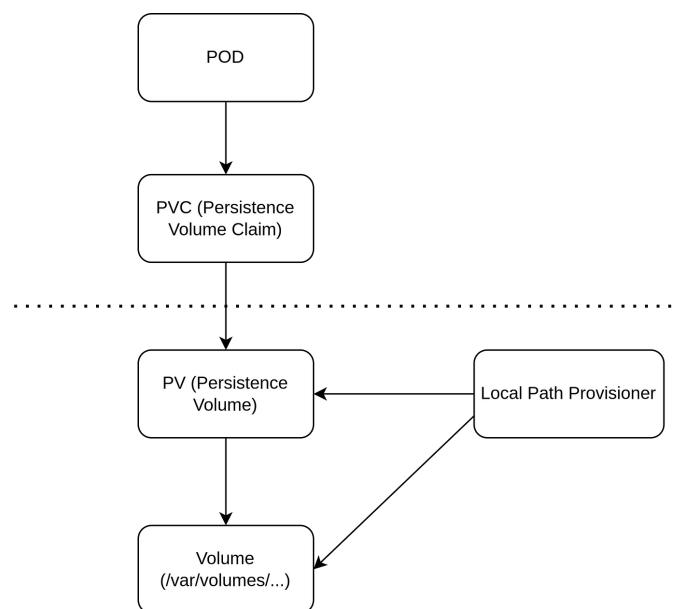


Abbildung LIII: local-path-provisioner[107]