

Diplomarbeit Technik und Wirtschaftsinformatik  
2023-2024

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

22.11.2023

## **Management Summary**

Diplomarbeit Michael Graber

## 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 . . . . .	5
1.1.4 Ausgangslage . . . . .	6
1.1.5 Problemstellung . . . . .	10
1.2 Zieldefinition . . . . .	15
1.3 Abhängigkeiten . . . . .	21
1.4 Risikomanagement . . . . .	23
1.4.1 Riskcontrolling . . . . .	26
1.5 Vorgehensweise und Methoden . . . . .	29
<b>2 Projektmanagement</b>	<b>30</b>
2.1 Projektplanung . . . . .	30
2.1.1 Projektcontrolling . . . . .	31
2.1.2 GANTT-Diagramm . . . . .	33
2.2 Expertengespräche . . . . .	34
<b>3 Umsetzung</b>	<b>35</b>
3.1 Evaluation . . . . .	35
3.1.1 Exkurs Architektur . . . . .	35
3.1.2 Erheben und Gewichten der Anforderungen . . . . .	41
3.1.3 Testziele erarbeiten . . . . .	45
3.1.4 PostgreSQL Benchmarking . . . . .	48
3.1.5 Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen . . . . .	53
3.1.6 Vorauswahl . . . . .	76
3.1.7 Installation verschiedener Lösungen . . . . .	76
3.1.8 Testing Evaluationssysteme . . . . .	94
3.1.9 Gegenüberstellung der Lösungen . . . . .	97
3.1.10 Entscheid . . . . .	114
3.2 Aufbau und Implementation Testsystem . . . . .	115
3.2.1 Architektur . . . . .	115
3.2.2 Bereitstellen der Grundinfrastruktur . . . . .	117
3.2.3 Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster . . . . .	117

## Diplomarbeit

3.2.4 Technical Review der Umgebung . . . . .	117
3.3 Testing . . . . .	121
3.3.1 Protokollierung . . . . .	122
3.3.2 Review und Auswertung . . . . .	122
3.4 Maintenance-Tool . . . . .	122
3.5 Troubleshooting und Lösungsfindung . . . . .	122
<b>4 Resultate</b>	<b>125</b>
4.1 Zielüberprüfung . . . . .	125
4.2 Schlussfolgerung . . . . .	125
4.3 Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten . . . . .	125
4.4 Persönliches Fazit . . . . .	125
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>126</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>130</b>
<b>Listings</b>	<b>132</b>
<b>Literatur</b>	<b>137</b>
<b>Abkürzungen</b>	<b>143</b>
<b>Glossar</b>	<b>145</b>
<b>Anhang</b>	<b>i</b>
I Arbeitsrapport . . . . .	i
II Protokoll - Fachgespräche . . . . .	iii
II.I Fachgespräch 27.03.2024 . . . . .	iv
II.II Fachgespräch 27.03.2024 . . . . .	v
II.III Fachgespräch 27.03.2024 . . . . .	vi
II.IV Fachgespräch 27.03.2024 . . . . .	vii
III Statusbericht . . . . .	viii
III.I Status Report 1 . . . . .	ix
III.II Status Report 2 . . . . .	xi
III.III Status Report 3 . . . . .	xiii
IV Kommentare / Anmerkungen . . . . .	xvi
V Evaluation . . . . .	xix
V.I Maintenance - CloudNativePG . . . . .	xix
V.II Maintenance - Patroni . . . . .	xxii
V.III Maintenance - StackGres - Citus . . . . .	xxv
V.IV Maintenance - YugabyteDB . . . . .	xxxi

## Diplomarbeit

VI	Evaluationssysteme - Installation . . . . .	xxxiv
VI.I	rke2 . . . . .	xxxiv
VI.II	yugabyteDB . . . . .	xli
VI.III	sks9016 - yugabyteDB . . . . .	lxvi
VI.IV	Patroni . . . . .	lxvi
VI.V	Stackgres mit Citus . . . . .	lxxxvi
VII	Evaluationssysteme - Benchmarking . . . . .	civ
VII.I	yugabyteDB . . . . .	civ
VII.II	Patroni . . . . .	cvi
VII.III	StackGres - Citus . . . . .	cvi
VIII	Evaluationssysteme - Testing . . . . .	cx
VIII.I	StackGres - Citus . . . . .	cx
VIII.II	YugabyteDB . . . . .	cxi
IX	Exkurs Architekturen - Umsysteme und Prinzipien . . . . .	cixvii
IX.I	Raft-Konsensus . . . . .	cixvii
IX.II	local-path-provisioner . . . . .	cixviii
X	Python Utils . . . . .	cixviii
X.I	zotero.py . . . . .	cixviii
X.II	zotero_bibtex_configuration.yaml . . . . .	cxxii
X.III	zotero_biblatex_keystore.yaml . . . . .	cxxiii
X.IV	riskmatrix.py . . . . .	cxxix
X.V	riskmatrix_plotter_conf.yaml . . . . .	cxxxii
X.VI	riskmatrix_xy_axis_tuple_matrix.yaml . . . . .	cxxxvi
X.VII	cost_benefit_diagram.py . . . . .	cxxxvi
X.VIII	cost_benefit_diagram_plotter_conf.yaml . . . . .	cxxxviii
X.IX	pandas_dataframe_to_latex_table.py . . . . .	cxxxix
X.X	csv_to_latex_diplomarbeit.yaml . . . . .	cxlv
X.XI	pandas_data_chart_plotter.py . . . . .	clxiii
X.XII	pandas_data_chart_plotter_conf.yaml . . . . .	clxvii

## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangslage und Problemstellung

#### 1.1.1 Das Kantonsspital Graubünden

Das Kantonsspital Graubünden 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

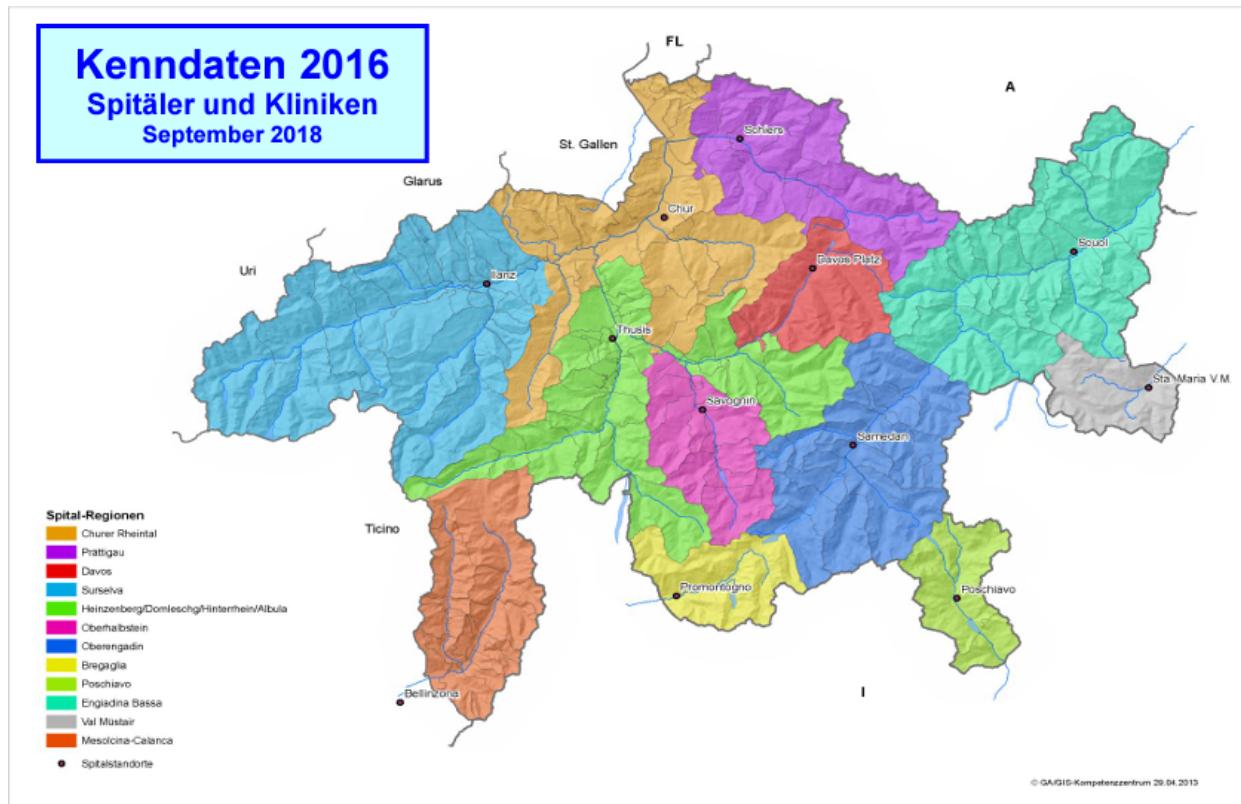


Abbildung 1.1: Spitalregionen Kanton Graubünden[57]

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



Abbildung 1.2: Wahlkreise Kanton St. Gallen[84]

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

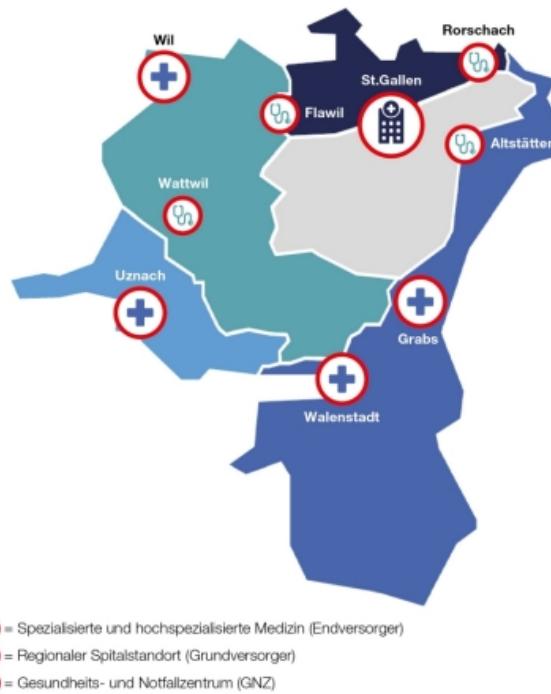


Abbildung 1.3: Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[51]

### 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.

## Diplomarbeit

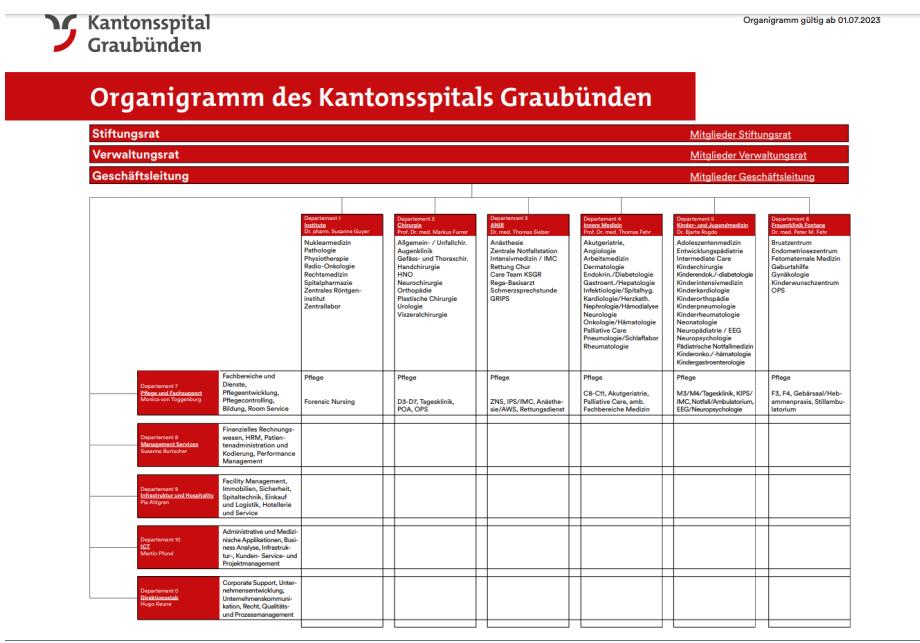


Abbildung 1.4: Organigramm Kantonsspital Graubünden

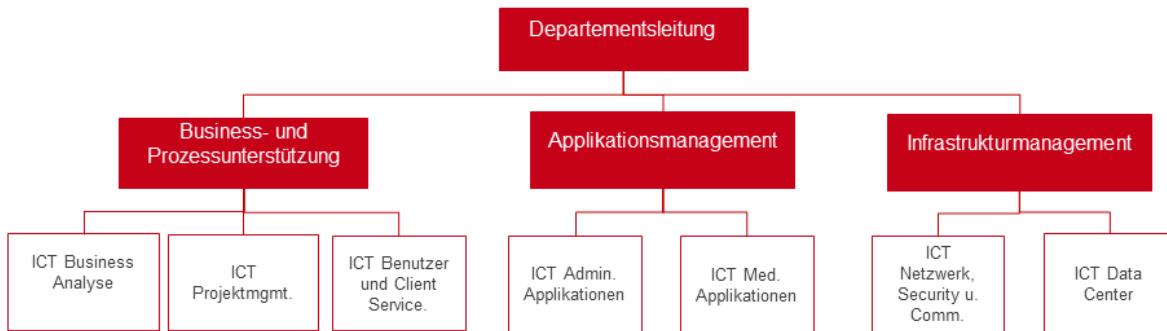
Die ICT betreibt über 400 Applikationen die auf mehr als 1055 physische und virtuelle Server und Appliances. Das Rückgrat der Infrastruktur ist dabei die Virtualisierungsplattformen VMware ESXi für Server und Citrix für die Thinclients der Enduser. Es werden aber auch Dienstleistungen für andere Spitäler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



29.09.2023

3

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 Container), 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.

## Diplomarbeit

### 1.1.4 Ausgangslage

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

Basierend auf der Liste *DB-Engines Ranking*[48] 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	Ko...
Oracle Database	Relational, NoSQL, OLAP	Ja	
MySQL	Relational	Ja	
Microsoft SQL Server	Relational, NoSQL, OLAP	Nein	We...
PostgreSQL	Relational, NoSQL	Ja	
MongoDB	NoSQL	Ja	
Redis	Key-value	Ja	
Elasticsearch	Search engine	Ja	
IBM DB2	Relational	Ja	
SQLite	Relational	Nein	Lob...
Microsoft Access	Relational	Nein	Nic...
Snowflake	Relational	Ja	
Cassandra	Relational	Ja	
MariaDB	Relational	Ja	
Splunk	Search engine	Ja	
Microsoft Azure SQL Database	Relational, NoSQL, OLAP	Nein	Da...

Tabelle 1.1: Inventarisierte DBMS

## Diplomarbeit

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

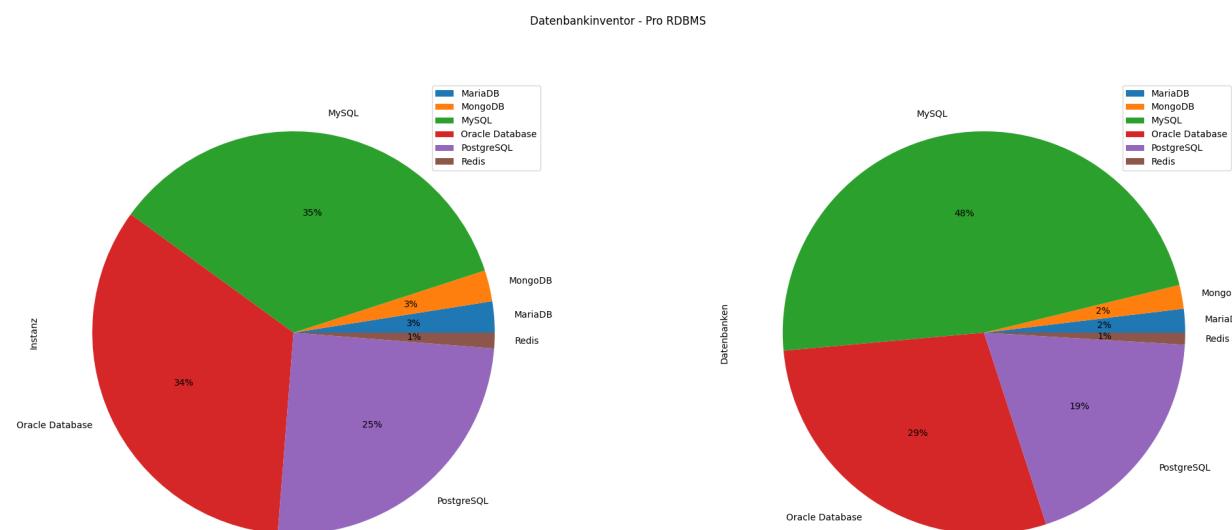


Abbildung 1.6: Datenbanken - Aufgeschlüsselt nach RDBMS

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
<b>Gesamtergebnis</b>		<b>7</b>	<b>105</b>	<b>80</b>

Tabelle 1.3: Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt

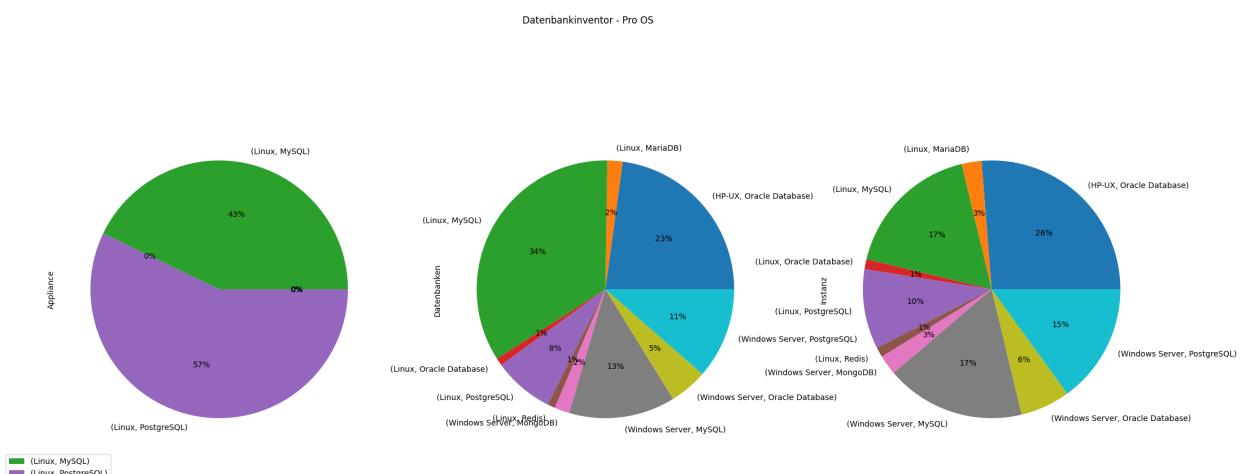


Abbildung 1.7: Datenbanken - Aufgeschlüsselt nach Betriebssystem

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 der Netzwerktechniker auf eine MariaDB Datenbank gespeichert, dies soll sich aber ändern. Da das Zabbix alle Netzwerkgeräte überwacht, pro Sekunde werden im Moment 1'200 Datenpunkte abgefragt und xxx in die Datenbank und wird im Laufe der Zeit mehrere Terrabyte gross werden.

### 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 viele Aufwände 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

## Diplomarbeit

Dadurch ergeben sich nach BSI folgende Risiken:

# Diplomarbeit

## Identifikation

ID	Schutzziel	Referenz BSI 200-3	Risiko	Beschreibung / Ursache	Auswirkung
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 bis hin zu...
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 Ausfallen	Sofern kein ... ist die Ver... die Applik...
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.	Fehlfunkti... die Daten... Daten kö... Dritten un... Systeme ... Daher sin...
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 Auswir... abhängig Grundsätzl... Integrität ... Wenn die ... fängt das ... Dies wird ... Im schlimm... Gefährlich ... nicht mehr ... die sie für ... Doch die ... Abhängig ... die Auswir... Sie reichen ... Backup m... Daraus er... Integrität ... Der Wiss... kann verh... Unter and... Daten ma...
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.	Aus dem die ... dies hätte ... Die zweite ... dadurch k... werden al...
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.	Erstens k... dies hätte ... Die zweite ... dadurch k... werden al...
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, das in der Vergangenheit jeder Softwarelieferant sein eigenes Benutzerkonzept mitgebracht hat, auch bei den Datenbankzugängen.	Der Wiss... kann verh... Unter and... Daten ma...
8	A, I	G0.45	Datenverlust	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.  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, das 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.	Aus dem die ... die aber b... Erstens k... dies hätte ... Die zweite ... dadurch k... werden al...
				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.	

Tabelle 1.4: Risiko-Matrix aktuelle Situation

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
- Backupkonzept erarbeiten
- Berechtigungskonzept erarbeiten und einführen

Mit diesen Massnahmen lassen sich die Risiken senken.

Die Risiken werden wie folgt gesenkt:

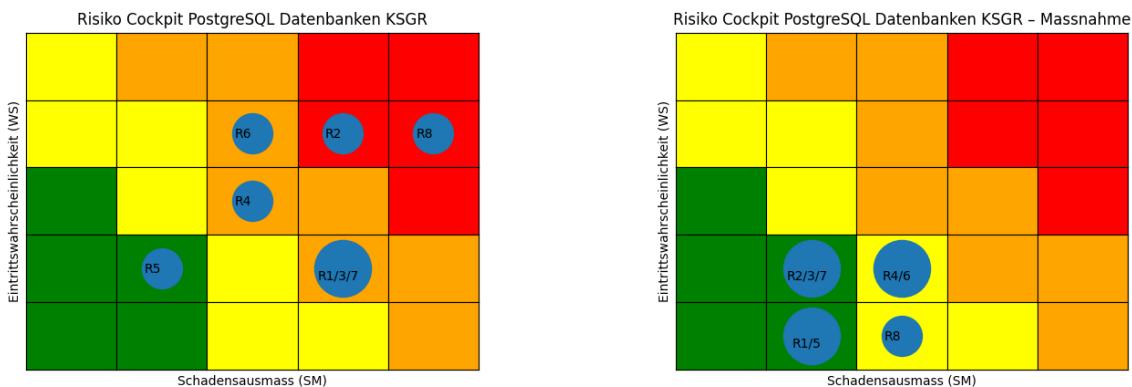


Abbildung 1.8: Risikomanagement PostgreSQL

# Diplomarbeit



## 1.2 Zieldefinition

Das administrieren einer PostgreSQL Datenbank umfasst i.d.R. [67, 73] 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 auf den Primären DB-Node zurückgeschrieben werden beim Failover Restore  Die Datenmenge von Datenbanken wachsen in der Regel beständig.	Hoch
3	Filesystem Management	Die Belegung von Tablespaces 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 Überwacht werden müssen.	Hoch
4	Monitoring	Zum Beispiel ob es zu Verzögerungen bei der Replikation kommt oder die Tablespaces 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[46]. 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[2]. 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[46].  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[2].	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 der 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:

## Diplomarbeit

Nr.	Ziel	Beschreibung
1	Evaluation	Am Ende der Evaluationsphase müssen mindestens drei Methoden innerhalb der Evaluation analysiert werden, welche Methode ist die am besten geeignet.
2	Testsystem	Am Ende der Diplomarbeit muss ein funktionierendes Testsystem vorliegen.
3	Automatisierter Failover	Ein PostgreSQL Cluster muss im Fehlerfall auf mindestens einen Failsafe übergehen. Dabei muss das Timeout so niedrig sein, dass Applikationen nicht abgestehen.
4	Automatisierter Failover Restore	Nach einem Failover muss es zu einem Fallback oder Failover Restore kommen.
5	Monitoring - Cluster Healthcheck	Die wichtigsten Parameter für das Monitoring des PostgreSQL Clusters sind die Replikation (Replay Lag, Standby alive) und des PostgreSQL Clusters (CPU, Memory, Disk).
6	AUTOVACUUM - Parameter verwalten	Täglich müssen die Parameter für den AUTOVACUUM Job berechnet werden und im Configfile postgresql.conf automatisch angepasst werden.
7	SQL optimierungen - Indizes tracken und verwalten	Täglich fehlende Indizes automatisiert erstellen und nicht mehr verwandeln.
8	Maintenance - Indizes säubern	Täglich bloated Indices, also aufgeblähte Indizes, automatisiert entfernen.
9	Housekeeping - Log Rotation	Die Log Rotation muss aktiviert werden. Die Logs müssen aber automatisch überwacht werden.
10	User Management - Monitoring	Nicht verwendete User sollen einmal pro Woche automatisiert erkannt werden.
11	Evaluationsziel	Am Ende der Evaluationsphase muss ein Entscheid getroffen werden.
12	Installationsziel	Die Testinstallation muss lauffähig sein und zudem alle Anforderungen erfüllen. Folgende Testziele müssen erreicht werden:
13	Testziele	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der PostgreSQL Cluster muss immer lauffähig sein solange es keine Fehler gibt.</li> <li>2. Ein Switchover auf alle Secondary Nodes muss möglich sein.</li> <li>3. Der Fallback auf den Primary Node muss erfolgreich sein, unabhängig von der Anzahl der Secondary Nodes.</li> <li>4. Das Timeout bei einem Failover / Switchover muss unterhalb der 10 Minuten liegen.</li> <li>5. Das Replay Lag zwischen Primary und Secondary darf beim Instanzstart nicht höher als 10 Minuten sein.</li> </ol>

Tabelle 1.7: Ziele

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

Produkt	Beschreibung	
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
Logplattform / SIEM System		Wird neu Ausgeschrieben. Produkt zurzeit nicht definiert
Usermanagement	Microsoft Active Directory	

Tabelle 1.8: Gegebene Systeme

Daraus ergeben sich nach nach Züst, Troxler 2002[99] folgende Abgrenzungen:

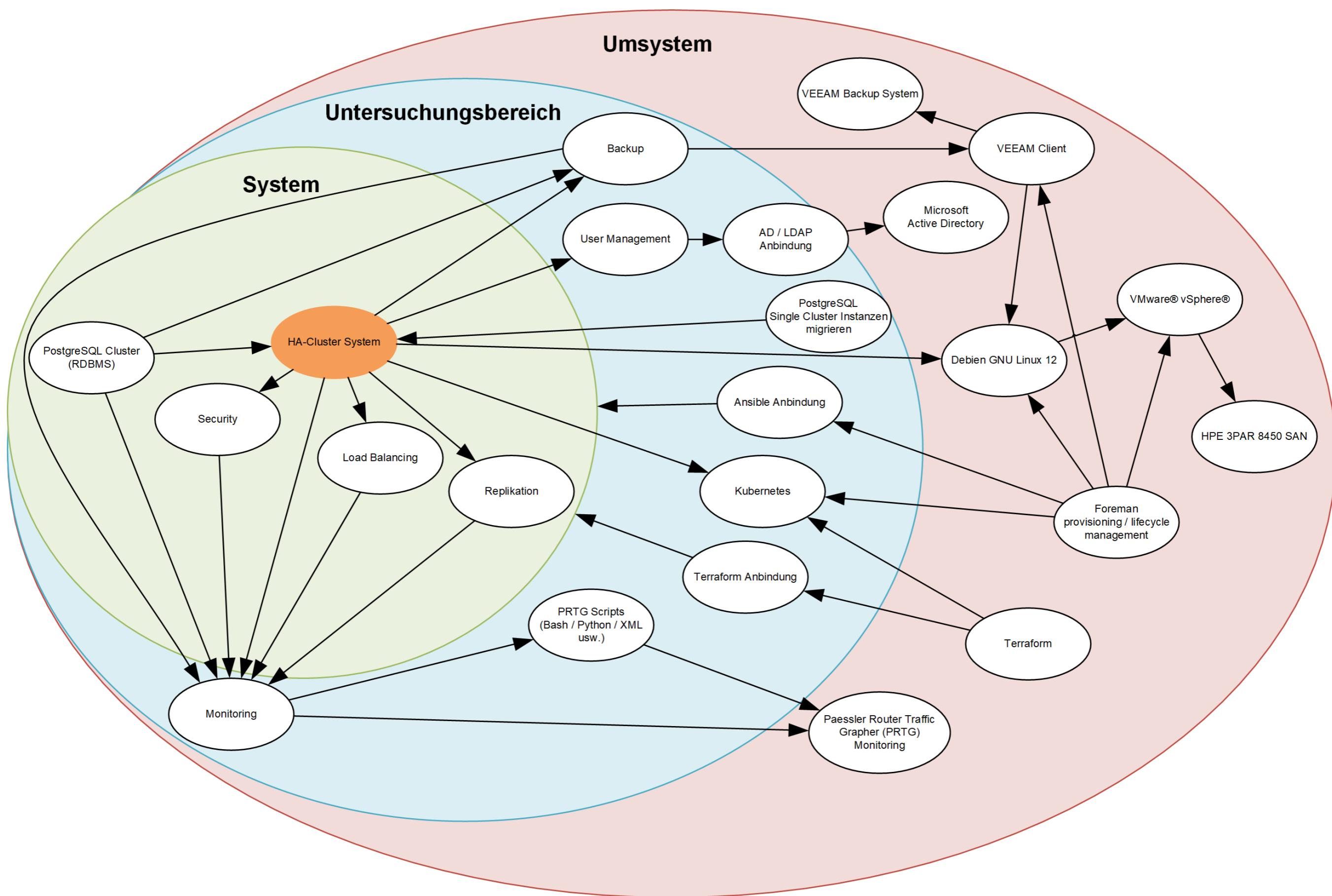


Abbildung 1.9: Systemabgrenzung



### 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[3]	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

# Diplomarbeit

## 1.4 Risikomanagement

Aus den Abhängigkeiten heraus wurden folgende Risiken identifiziert:

Identifikation			Auswirkung	Abschätzung		Behandlung		Zielwert	Massnahme
ID	Risiko	Beschreibung / Ursache		WS	SM	Massnahmen ergreifen?	WS	SM	
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. Die Foreman Provisioning- und Lifecycle Plattform befindet sich aktuell erst in der Proof of Concept Phase.	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	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

# Diplomarbeit

## Diplomarbeit

Daraus ergeben sich, mit den Massnahmen, folgende Risikomatrizen:

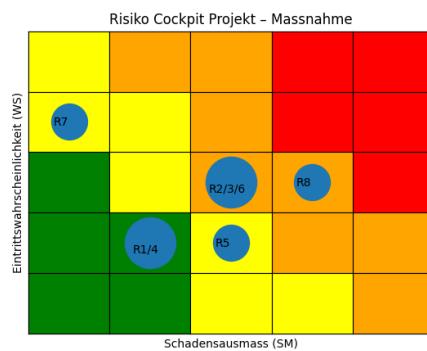
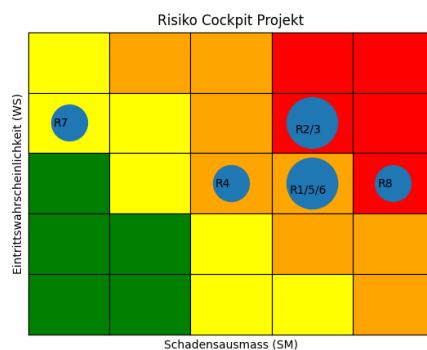


Abbildung 1.10: Risikomanagement Projekt

## 1.4.1 Riskcontrolling

## 1.4.1.1 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[3] 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 1.11: Neu Erkannte / Erfasste Risiken

## 1.4.1.2 Assessment 21.03.2024

ID	Risiko	Assessment-Datum	WS	SM	Status	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	mittelmässig	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[3] nicht betriebsbereit	21.03.2024	5	5	sehr hoch	noch keine		

Tabelle 1.12: Risiko-Assessment 21.03.2024

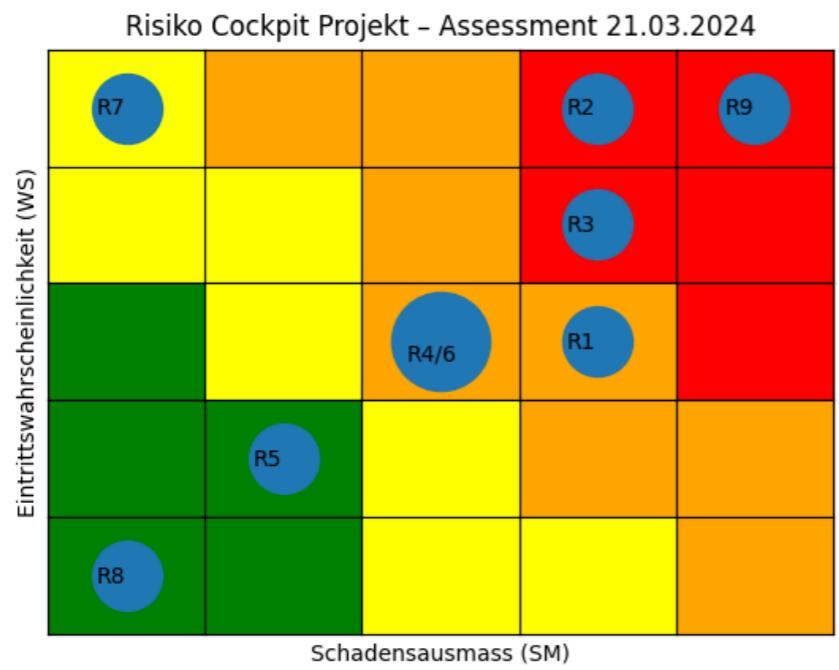


Abbildung 1.11: Riskikomatrix - Assessment 21.03.2024

## 1.4.1.3 Assessment 29.04.2024

ID	Risiko	Assessment-Datum	WS	SM	Status	Egriffene 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	mittelmässig	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[3] 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 1.13: Risiko-Assessment 29.04.2024

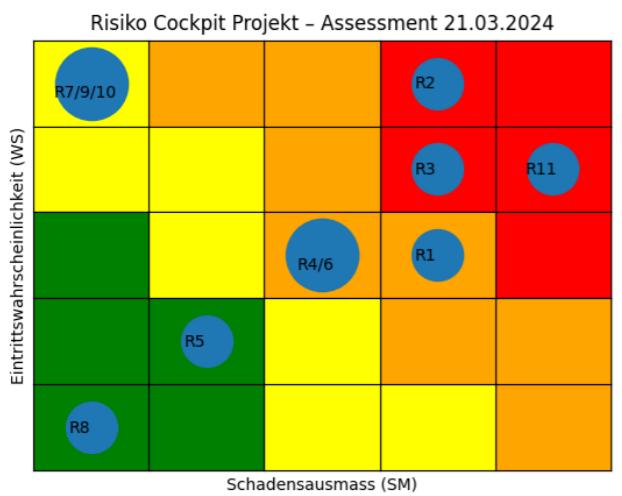


Abbildung 1.12: Riskikomatrix - Assessment 29.04.2024

## 1.5 Vorgehensweise und Methoden

**2**      **Projektmanagement**

**2.1**      **Projektplanung**

## 2.1.1 Projektcontrolling

Phase	Subphase	Dauer [h]	Geplante Dauer [h]	Verbleibende Zeit [h]	
0	1. Expertengespräch	1.0	1.0	0.0	
1	2. Expertengespräch	1.2	1.0	-0.2	
2	Aufbau und Implementation Testsystem	Basisinfrastruktur	3.0	4.0	1.0
3	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	10.0	20.0	10.0
4	Aufbau und Implementation Testsystem	Technical Review	2.0	3.0	1.0
5	Dokumentation	Dokumentation	38.8	80.0	41.2
6	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	51.2	16.0	-35.2
7	Evaluation	Anorderungskatalog	4.5	16.0	11.5
8	Evaluation	Gegenüberstellung	0.5	8.0	7.5
9	Evaluation	Variantenentscheid	1.0	4.0	3.0
10	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	5.0	4.0	-1.0
11	Letztes Expertengespräch	Letztes Expertengespräch	0.0	1.0	1.0
12	Puffer	Puffer	0.0	16.0	16.0
13	Resultate	Persönliches Fazit	0.0	2.0	2.0
14	Resultate	Schlussfolgerung	0.0	2.0	2.0
15	Resultate	Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten	0.0	1.0	1.0
16	Resultate	Zielüberprüfung	0.0	2.0	2.0
17	Testing	Protokollierung	0.0	4.0	4.0
18	Testing	Review und Auswertung	0.0	2.0	2.0
19	Testing	Testing Testsystem	0.0	8.0	8.0
20	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	11.0	8.0	-3.0
Total		129.2	203.0	73.8	

Tabelle 2.1: Projektcontrolling

## Projektcontrolling

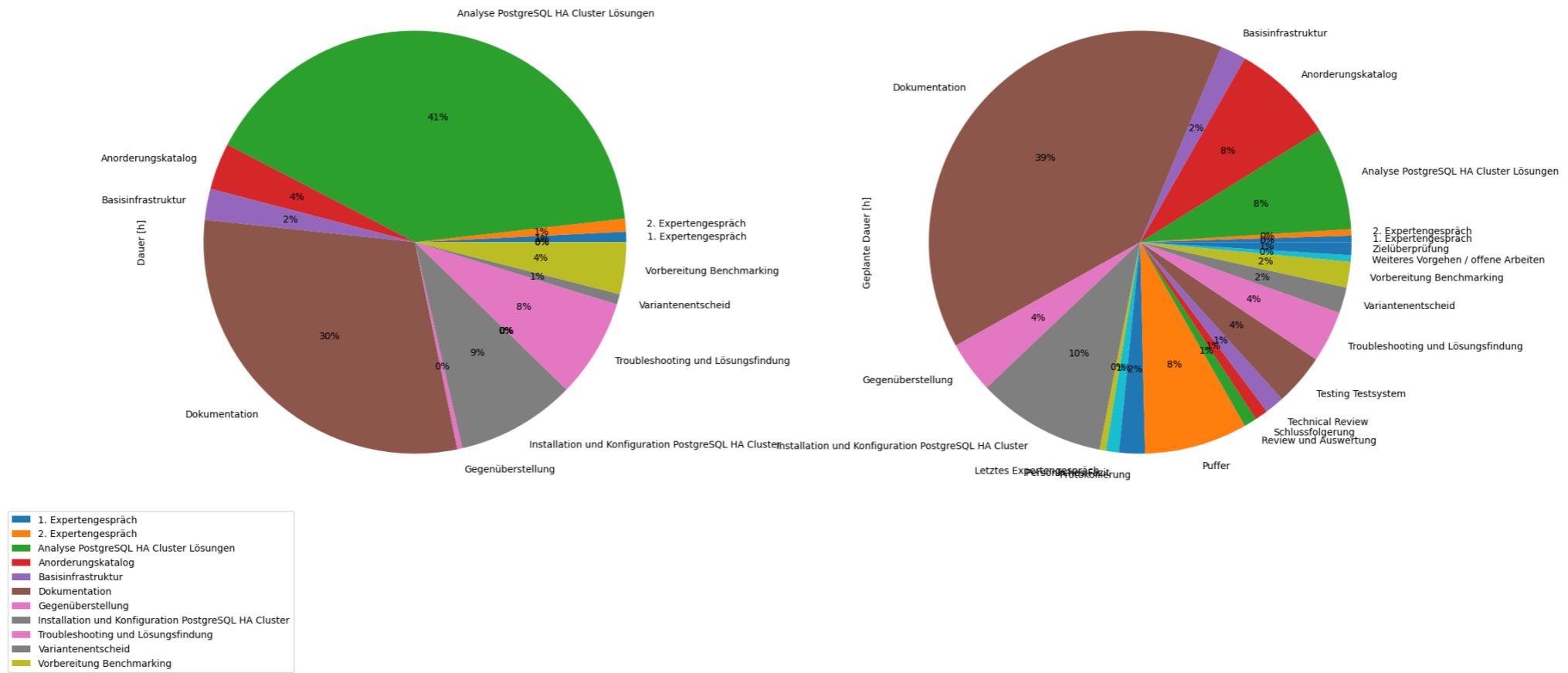
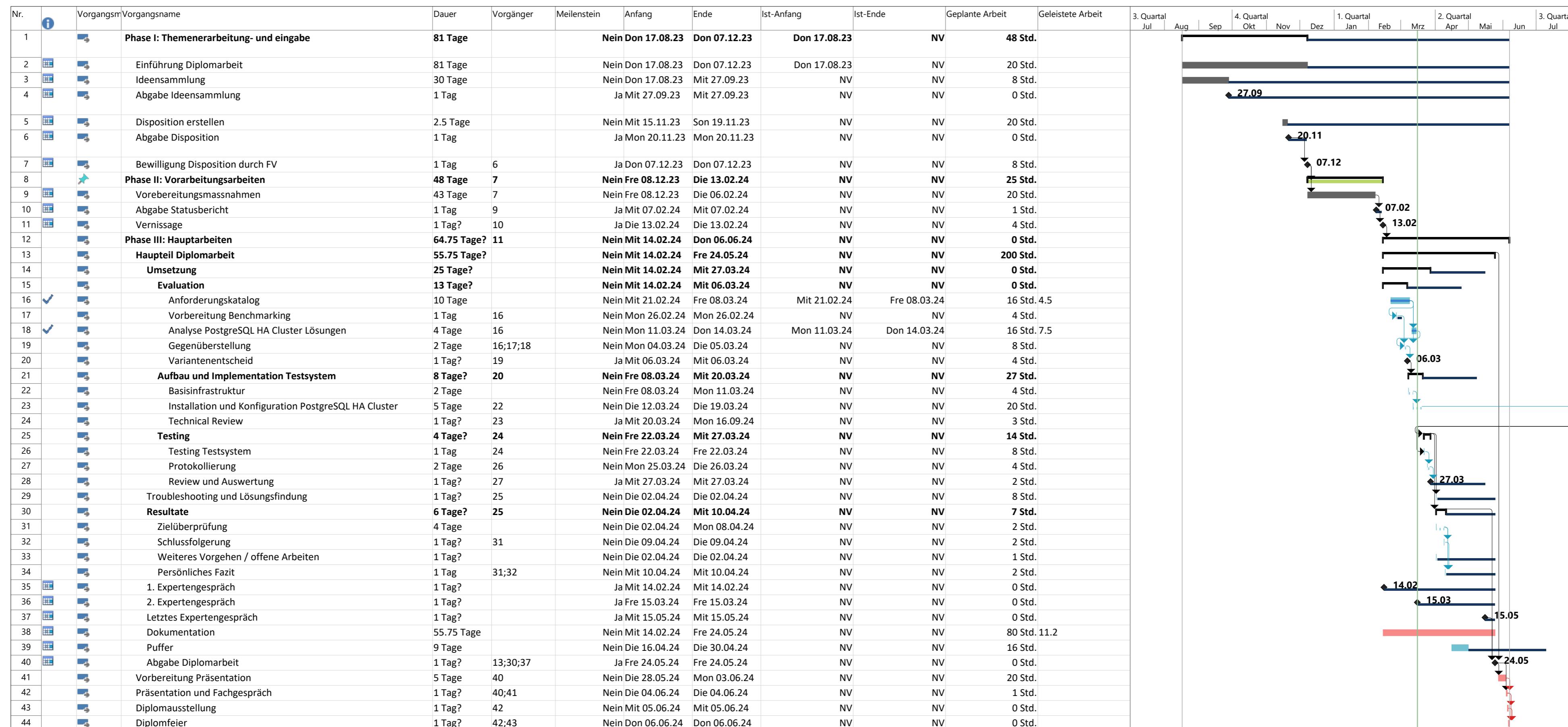


Abbildung 2.1: Projektcontrolling

## 2.1.2 GANTT-Diagramm



Projekt: Diplomarbeit - PostgreSQL  
Datum: Sam 16.03.24

## 2.2 Expertengespräche

Folgende Expertengespräche fanden statt:

Fachgespräch	Datum	Fachexperte	Nebenexperte	Studenten	Bemerkungen
1	14.02.2024	Norman Süsstrunk	-	Michael Graber Curdin Roffler	- Es wurden zwar für alle Studenten von Norman Süsstrunk Zoom-Räume bereitgestellt, aus effizienzgründen nahmen Curdin Roffler und ich beide am selben Meeting teil
2	26.03.2024	Norman Süsstrunk	-	Michael Graber	

Tabelle 2.2: Fachgespräche

Das Protokoll ist im Anhang zu finden.

### 3 Umsetzung

#### 3.1 Evaluation

##### 3.1.1 Exkurs Architektur

###### 3.1.1.1 Sharding

###### 3.1.1.1.1 Vertikales / Horizontales Sharding

Tabellen können Horizontal oder Vertikal partitioniert werden.

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
1	C
2	F
3	I
4	L
5	O
6	R

Primary Key	Column 1	Column 2
1	A	B
2	D	E
3	G	H
4	J	K
5	M	N
6	P	Q

Vertikale Partitionen

Abbildung 3.1: Sharding - Vertikale 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 meistens für das Sharding von Tabellen benutzt. Die Partitionen entsprechen dann den Shards.

### 3.1.1.1.2 Key Based Sharding

Hierbei wird das sharding anhand eines oder mehreren Keys ausgeführt.

### 3.1.1.1.3 Range Based Sharding

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

### 3.1.1.1.4 Directory Based Sharding

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

### 3.1.1.1.5 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 mittels Replikation eine Primary/Standby-Architektur aufweisen. Man kann mittels eines SQL Proxys ein gewisses Mass an Load Balancing betreiben, hat aber immer noch das Problem das es einen Primary Node gibt auf dem beschrieben wird. Monolithische Systeme sind daher nicht Cloud Native.

Nur verteilte Systeme, sogenannte Distributed SQL wiederum sind Cloud Native

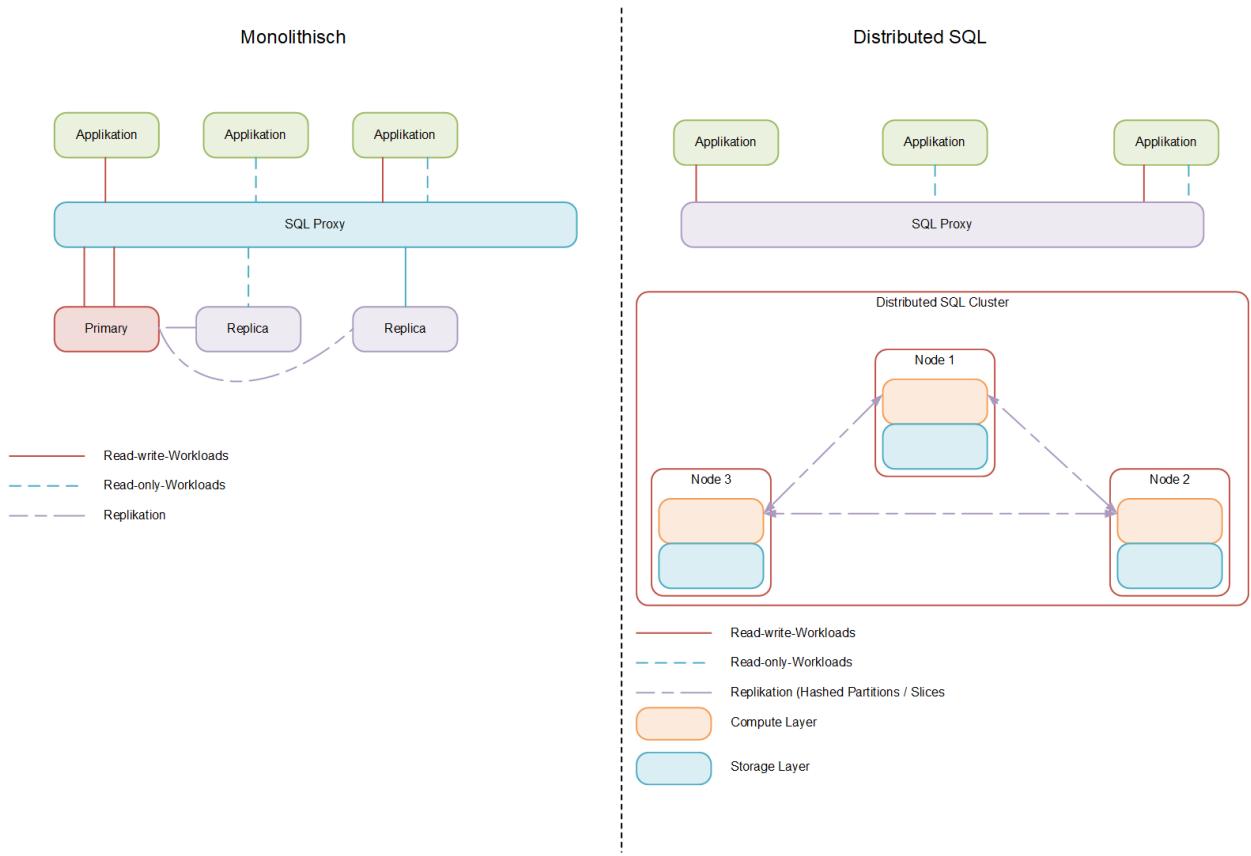


Abbildung 3.3: Monolithische vs. verteilte SQL Systeme

### 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 repliziert werden, dies nennt man Replikation[71]. 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 Committed ist. Bis zu diesem Moment ist die Transaktion nicht als Committed.

Dies wird dann zum Problem, wenn keine Verbindung mehr zu mindesten einer sekundären Seite vorhanden ist. Zudem wird die Synchrone Replikation bei hohen Latenzen zum Bottleneck der Datenbank.

#### Asynchrone Replikation

## Diplomarbeit

Bei der Asynchronen Replikation wird eine Transaktion erst auf der eigenen primären Seite Committed 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 Commitmend 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 [69, 81, 64] beschrieben werden. Es zeigt auf, ab wie vielen Nodes die Fehlertoleranz erhöht wird und wie sich der Representative 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

## Diplomarbeit

### 3.1.1.5 CAP Theorem

Das CAP Theorem besagt, dass nur zwei der drei folgenden drei Merkmale von verteilten Systemen gewährleistet werden können[53].

#### Konsistenz - Consistency

Die Datenbank ist konsistent, alle Clients sehen gleichzeitig die gleichen Daten unabhängig von 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 sind.

#### 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.

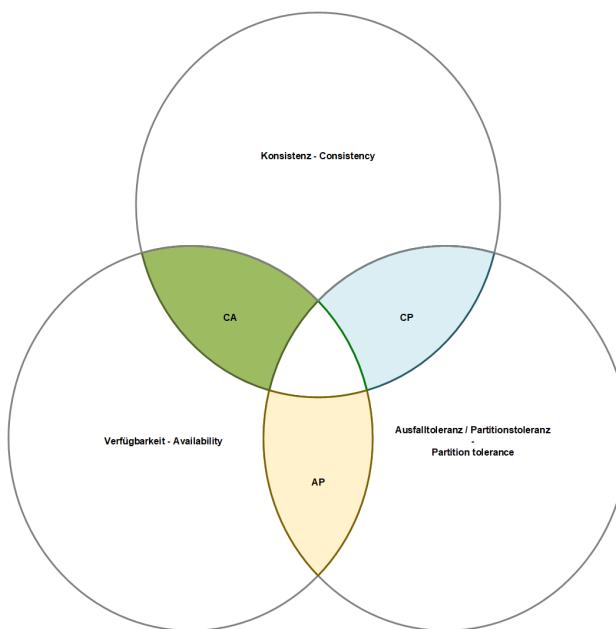


Abbildung 3.4: CAP-Theorem

PostgreSQL, Oracle Database oder IBM DB2 präferieren CA, also Konsistenz und Verfügbarkeit.

### 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

## Diplomarbeit

werden den DB-Servern 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[66]:

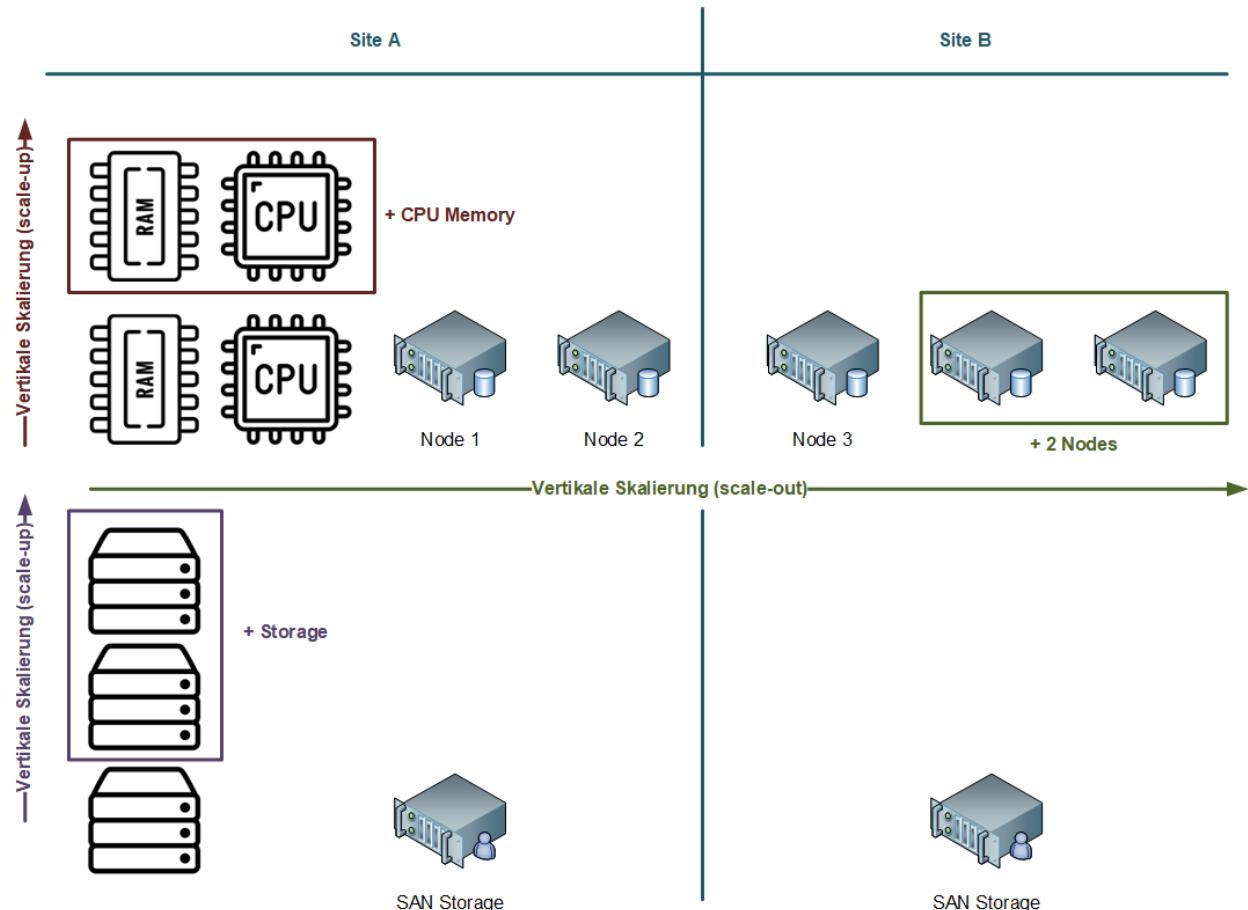


Abbildung 3.5: Datenbankskalierung

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

## Diplomarbeit

der Zeitaufwand reicht, können auch eine Cloud Native und Monolithisches System aufgebaut werden.



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 Monolithisches 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 umstellt	Beides	MUSS
4	Failover	Connection - Stabilität	Beim Failover dürfen bestehende Connections nicht getrennt werden oder sofort Wiederhergestellt werden	Beides	MUSS
5	Failover	Geschwindigkeit	Das umstellen auf den nächsten Node muss so schnell ausgeführt werden, das 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 Synchrone 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 dem das System zu konfigurieren, verwalten oder überwachen zu können. Zudem müssen mit geringen Arbeitsaufwand damit Nodes hinzugefügt oder entfernt werden können	Beides	MUSS
22	Management-API	Authentifizierung & Autorisierung	Es müssen gängige Standards für Authentifizierung und Autorisierung mitgebracht werden	Beides	MUSS
23	Management-API	Aufwand	Der 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	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	Beides	KANN
28	Monitoring - Node Failure		Läuft ein Node auf einen Fehler, muss das Clustersystem dies erkennen und Melden resp. eine Schnittstelle liefern die abgefragt werden kann	Beides	MUSS
29	Maintenance Quality		Da die meisten PostgreSQL HA Lösungen Open-Source sind, muss sichergestellt werden, dass die gewählte Lösung auch aktiv gepflegt wird.	Beides	MUSS
30	Performance	tps - Read-Only	Als Basis dienen hier Informationen wie z.B. GitHub Insights.	Beides	MUSS
31	Performance	tps - Read-Writes	Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DQL 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

## Diplomarbeit

### 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 3.3: Stakeholder

### 3.1.2.3 Gewichtung

Die Gewichtung wurde mittels einer Präferenzmatrix ermittelt.

Die Grundlegende Gewichtung wurde folgendermassen vorgenommen:

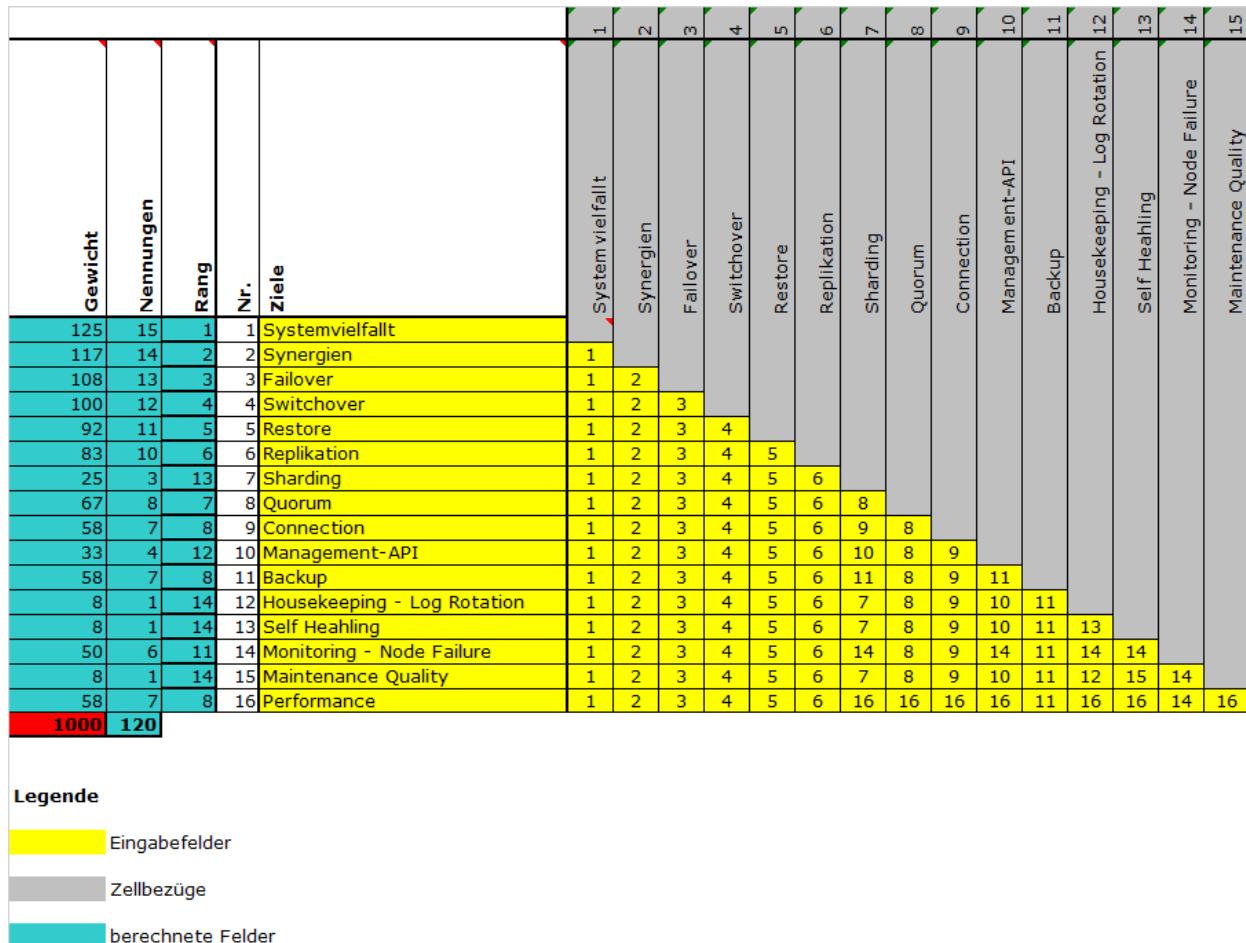


Abbildung 3.6: Präferenzmatrix

### 3.1.3 Testziele erarbeiten

#### 3.1.3.1 Evaluation - Testfälle

##### 3.1.3.1.1 Patroni

###### Failover

## Diplomarbeit

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

### 3.1.3.1.2 StackGres - Citus

## Failover

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

## Sharding

## Diplomarbeit

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 automatisch neu gesetzt werden, wenn notwendig

#### 3.1.3.1.3 YugabyteDB

### Failover

1. Ein k8s Node wird manuell heruntergefahren,  
indem der entsprechende Server heruntergefahren wird.
2. Während dem Failover müssen Daten via SQL  
eingeführt und ausgelesen werden.
3. Während dem 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.

#### 3.1.3.2 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:

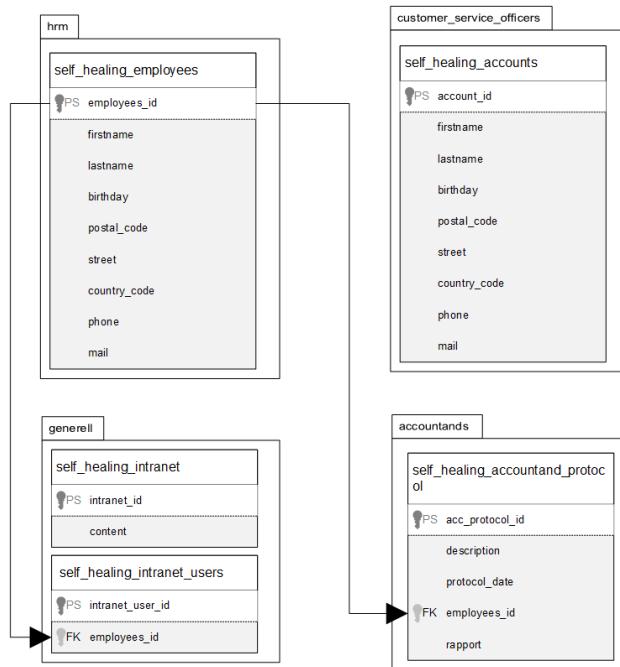


Abbildung 3.7: Testing - ERD DB `self_healing_test`

### 3.1.4 PostgreSQL Benchmarking

#### 3.1.4.1 pgBench - Basis-Benchmarking

PostgreSQL bietet ein Benchmarking-Tool,[60, 1] 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 unbrauchbar.

Es gibt einiges zu beachten, wenn PostgreSQL einem Benchmarking unterzogen wird. Aus diversen Quellen [41, 38, 97, 1] sind dies folgende Anforderungen:

#### pgGather

Mit pgGather [68] müssen vorgängig alle Probleme analysiert und beseitigt werden.

#### Maintenance

Vor und nach dem Initialisieren des Benchmarks muss AUTOVACUUM gestartet werden.

#### Statistiken bereinigen

Um saubere Informationen mit pgGather sammeln zu können, müssen sie jeweils neu generiert werden.

#### Non-Default Konfiguration

Die PostgreSQL DB sollte nicht mit der Default Konfiguration betrieben werden.

## Diplomarbeit

Die Konfiguration sollte anhand der zu erwartenden Workloads und Sessions konfiguriert werden.

### Benchmark anpassen

Der Benchmark sollte sich an die zu erwartenden Anzahl Sessions und Anzahl Transaktionen richten.

### Benchmark Dauer

Die Zeit zwischen den Transaktionen und die Dauer an sich sollten über einen längeren Zeitraum stattfinden.

Nur so, kann ein echtes Verhalten gemessen werden.

### Störfaktoren

Störfaktoren, etwa Netzwerklatenzen [93] usw., müssen ebenfalls bemessen werden.

Nur so kann sichergestellt werden, dass die Umgebung sauber ist.

#### 3.1.4.2 Replication Throughput Benchmarking

Etwas Komplexer wird es beim Benchmark des Throughput. Den nebst den DB-Latenzen usw. kommt nun noch die Netzwerklatenz usw. hinzu [79].

#### 3.1.4.3 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 3.8: Benchmark Settings - Zabbix - Systeminformationen

## Diplomarbeit

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:

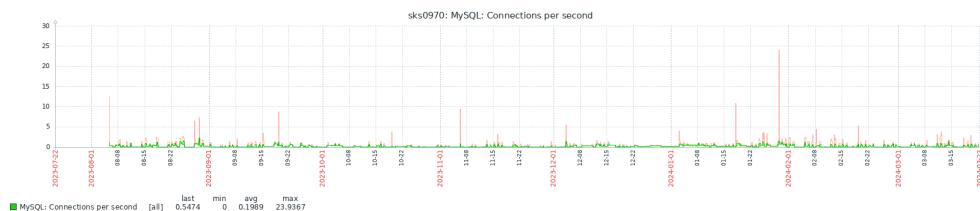


Abbildung 3.9: Benchmark Settings - Zabbix - Connections per Seconds

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

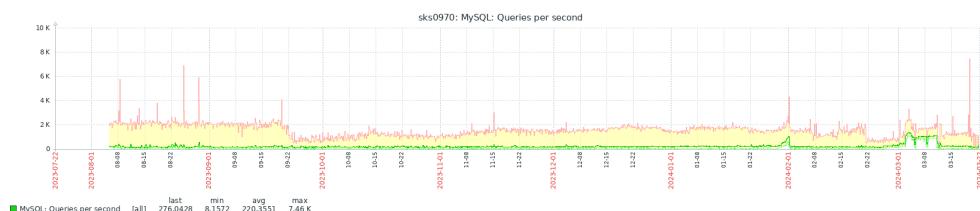


Abbildung 3.10: Benchmark Settings - Zabbix - Queries per Seconds

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

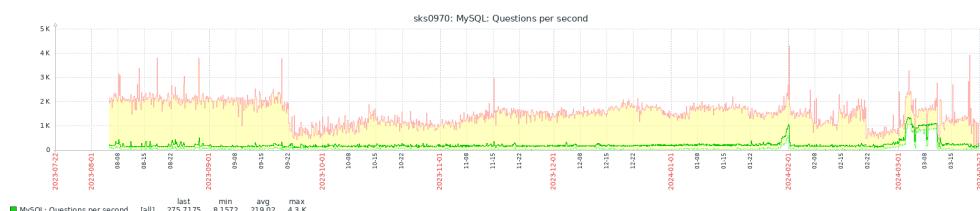


Abbildung 3.11: Benchmark Settings - Zabbix - Client Queries per Seconds

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

## Diplomarbeit

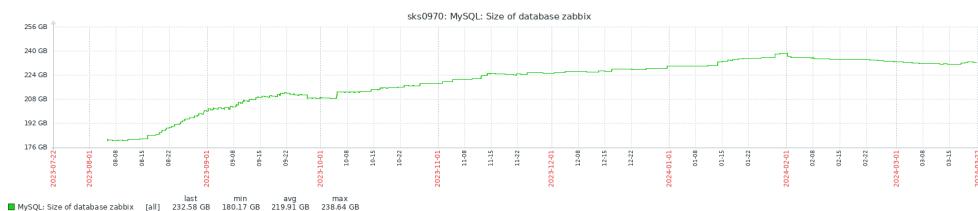


Abbildung 3.12: Benchmark Settings - Zabbix - DB Size

Nun kommen noch die restlichen, 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 3.4: 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 3.5: Benchmark Settings - DQL Transaktionen

Bei pgbench kann nicht einfach die größe 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 eine gewisse größe zu kommen, gibt es verschiedene Formeln.

Die als beste stellte sich folgende heraus[61]:

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 3.6: Benchmark Settings - Skalierungsfaktoren

Daraus errechnen sich für die DB-Größen 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 3.7: Benchmark Settings - Datenbankgrößen / 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 3.8: Benchmark Settings - Tabellengrößen / 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:

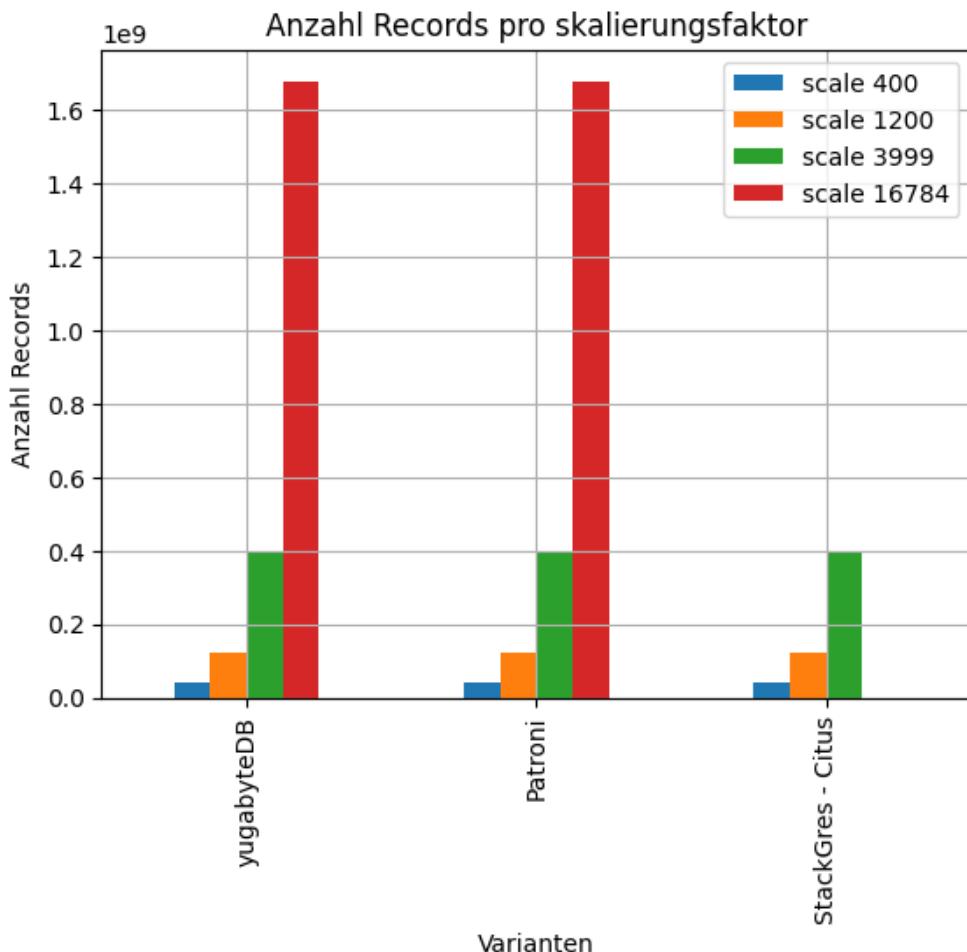


Abbildung 3.13: Benchmark Settings - Anzahl Records / Skalierungsfaktor

### 3.1.5 Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen

#### 3.1.5.1 Percona

Percona bietet nebst dem bekannteren Galera-Cluster und MySQL- und MariaDB auch Dienstleistungen [37] aller Art für PostgreSQL an.

Percona arbeitet oft auf Basis von Patroni, bietet aber auch eigene Erweiterungen und eigene Software an[33].

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

## Diplomarbeit

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

### 3.1.5.2 EnterpriseDB

EnterpriseDB, oder EDB, ist ein führendes Software- und Servicehaus für PostgreSQL[20]. 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 mittels CloudNativePG an, hat aber auch eine eigens entwickelte Distributed SQL / Active-Active Lösung an.

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 mal wieder auf frei zugängliche Dokumentationen von EDB verwiesen werden.

### 3.1.5.3 KSGR Lösung

Das Kantonsspital Graubünden hat basierend auf keepalived wird geprüft ob die primäre Seite erreichbar und betriebsbereit ist. Trifft dies nicht mehr zu, wird ein Failover durchgeführt[82]. Ist die primäre Seite wieder verfügbar, wird ein Restore auf die primäre Seite gefahren.

Es wird beim Restore immer 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.

### 3.1.5.4 pgpool-II

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

#### 3.1.5.4.1 Core-Features

pgpool-II bietet folgende Core-Feature[58]:

- Watchdog für Automatischer Failover

## Diplomarbeit

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

### 3.1.5.4.2 Replikation

pgpool-II bietet ein eigenes Replikationssystem an.

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

### 3.1.5.4.3 Proxy

pgpool-II hat bereits einen integrierten Load Balancer.

Einen zusätzlichen Proxy wird daher nicht benötigt.

### 3.1.5.4.4 Pooling

pgpool-II bietet ebenfalls von Haus aus einen Pooler.

### 3.1.5.4.5 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.

### 3.1.5.4.6 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 aktuell gehalten, ist aber sehr minimalistisch gehalten. Sie bietet nur wenig Informationen zum Aufbau und Architektur von pgpool-II.

## Diplomarbeit

### 3.1.5.5 pg\_auto\_failover

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

#### 3.1.5.5.1 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

#### 3.1.5.5.2 Replikation

pg\_auto\_failover bietet die Standard PostgreSQL Replikationen.

#### 3.1.5.5.3 Proxy

pg\_auto\_failover benötigt einen HAProxy, um Load Balancing usw. [24]

#### 3.1.5.5.4 API / Skripte

pg\_auto\_failover bietet ein eigenes CLI-Tool, pg\_autoctl. Dieses bietet Commands für das einbinden neuer Nodes,  
das Managen von Nodes (Maintenance resp. Switchover),  
konfigurieren oder monitoren des Systems bietet[29].

#### 3.1.5.5.5 Architektur

Die Dokumentation von pg\_auto\_failover [6] zeigt auf, wie der Failover funktioniert:

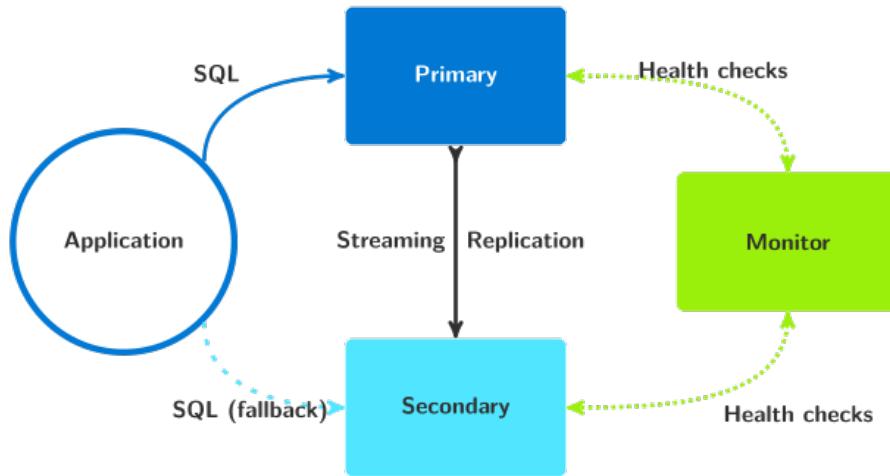


Abbildung 3.14: pg\_auto\_failover-Architektur - Single Standby

Aber auch Multi-Nodes können eingebunden werden[32]:

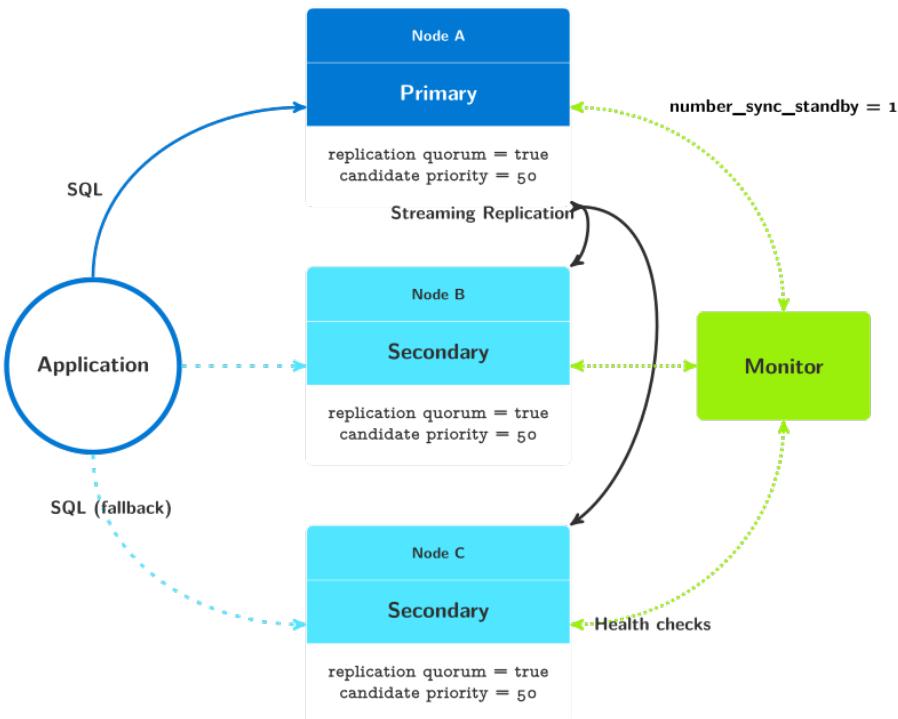


Abbildung 3.15: pg\_auto\_failover-Architektur - Multi-Node Standby

pg\_auto\_failover kann Citus einbinden[12]. Allerdings bleibt die Architektur im Kern immer Monolithisch.

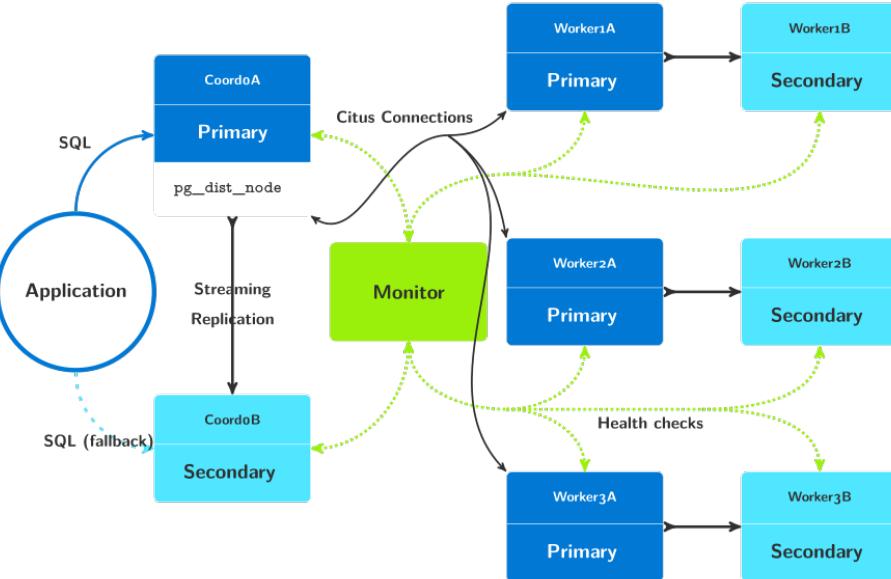


Abbildung 3.16: pg\_auto\_failover-Architektur - Citus

### 3.1.5.5.6 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.

### 3.1.5.6 CloudNativePG

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

#### 3.1.5.6.1 Core-Features

Die wichtigsten Features von CloudNativePG sind[14]:

- k8s API integration
- Autoamtischer Failover
- Self-Healing von Nodes resp. Replikas
- Skalierbarkeit (Vertikal, Horizontal bedingt)

## Diplomarbeit

- Volumne Backup
- Object Backup
- Rolling PostgreSQL Upgrade / Updates
- Pooling mit PgBouncer
- Offline und Online Import von bestehenden PostgreSQL DBs

### 3.1.5.6.2 Replikation

CloudNativePG bietet die üblichen PostgreSQL Replikaionen an.

### 3.1.5.6.3 Proxy

CloudNativePG benötigt keinen zusätzlichen Proxy.

### 3.1.5.6.4 Pooling

CloudNativePG unterstützt pgBouncer als Pooler.

### 3.1.5.6.5 API / Skripte

CloudNativePG bietet eine API zum Monitoren und Verwalten von Backups, Clustern und dem System selbst[4].

### 3.1.5.6.6 Architektur

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

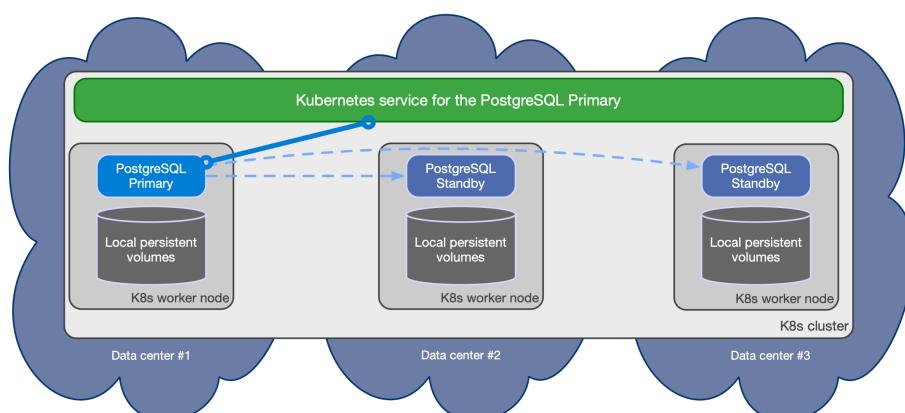


Abbildung 3.17: CloudNativePG - Kubernetes - PostgreSQL

Dabei werden die Read-write workloads an den Primary Node gesendet:

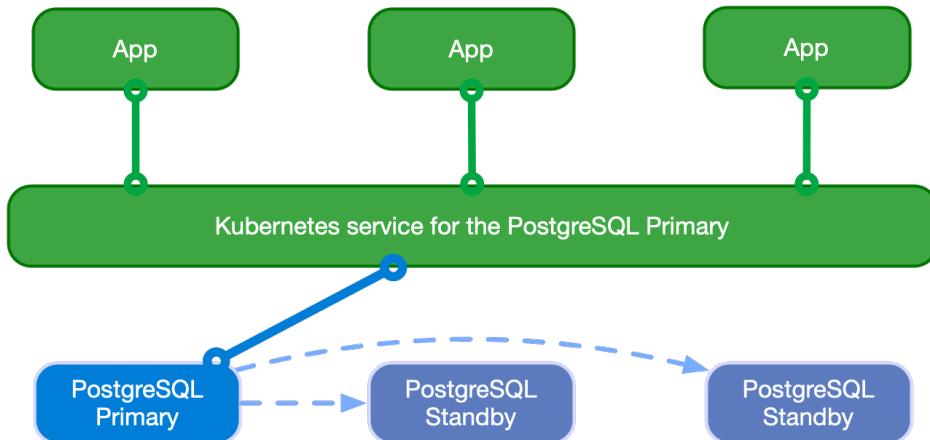


Abbildung 3.18: CloudNativePG - Kubernetes - Read-write workloads

Read-only workloads werden mit Round robin an die Replicas zugewiesen:

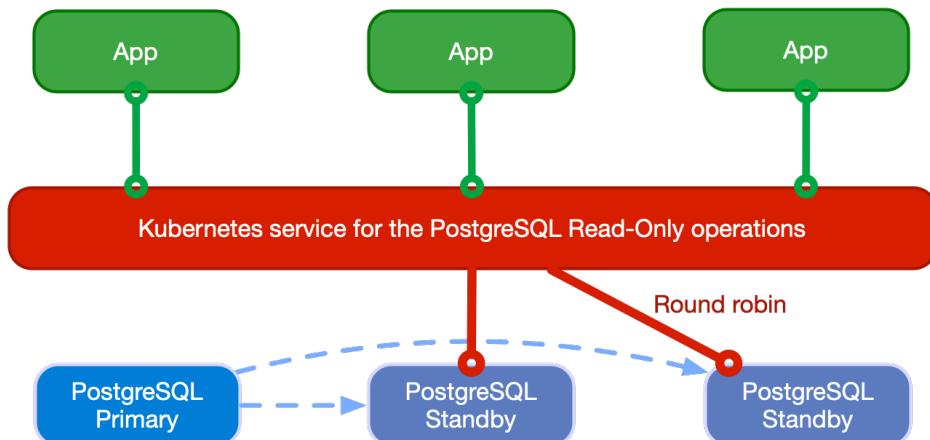


Abbildung 3.19: CloudNativePG - Kubernetes - Read-only workloads

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

### 3.1.5.6.7 Maintenance

Anhang - Maintenance

### 3.1.5.6.8 Synergien und Mehrwert

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

## Diplomarbeit

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

### 3.1.5.7 Patroni

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

#### 3.1.5.7.1 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 mittels Python darauf auf
- Automatische reintegration von Nodes nach einem Fehler
- Citus kompatibel
- Docker und Docker-compose Dokumentation

#### 3.1.5.7.2 Replikation

Patroni bietet per Default eine eigene Replikation an.  
Diese ist allerdings eine Asynchrone Replikation.

Es besteht allerdings die Möglichkeit, die Synchrone Replikation von PostgreSQL selbst einzuschalten.

#### 3.1.5.7.3 Proxy

Patroni benötigt einen HAProxy, um Load Balancing betreiben zu können[24].

#### 3.1.5.7.4 Pooling

Patroni benötigt einen externen Pooler.  
Hier wird oft PgBouncer [34] verwendet.

## Diplomarbeit

### 3.1.5.7.5 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 bereitstellt.

### 3.1.5.7.6 etcd

Patroni benötigt etcd als key-value-store

### 3.1.5.7.7 Architektur

Das Architektur-Schaubild sieht folgendermassen aus:

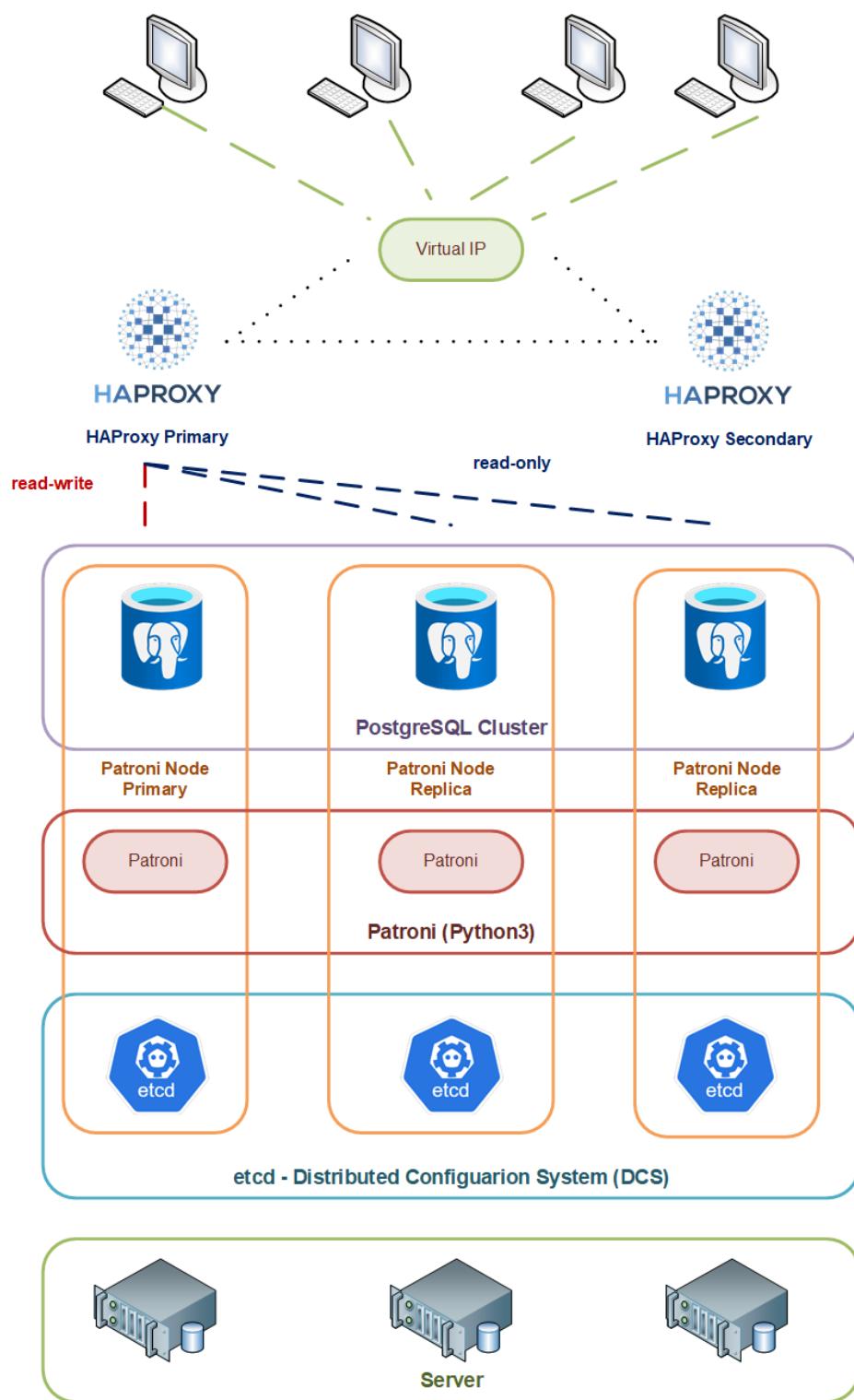


Abbildung 3.20: Patroni-Architektur

## Diplomarbeit

### 3.1.5.7.8 Maintenance

#### Anhang - Maintenance

### 3.1.5.7.9 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[98] bieten zudem die vorlage für eine noch stärkere automatisierung.

### 3.1.5.8 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 Installation eine Distributed SQL Umgebung macht.

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

### 3.1.5.8.1 Core-Features

Die wichtigsten Features von Stackgres sind[23]:

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

## Diplomarbeit

### 3.1.5.8.2 Replikation

Stackgres bietet Asynchrone und Synchrone Replikation, Gruppenreplikation sowie kaskadierende Replikation an.

Citus bietet sein eigenes Modell mit dem Sharding an.

### 3.1.5.8.3 Proxy

Stackgres hat den Proxy bereits mit envoy[21] implementiert.

### 3.1.5.8.4 Pooling

PgBounder[34] ist bereits integriert, es braucht also keinen weiteren Pooler.

### 3.1.5.8.5 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.

### 3.1.5.8.6 Architektur

#### 3.1.5.8.6.1 StackGres

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

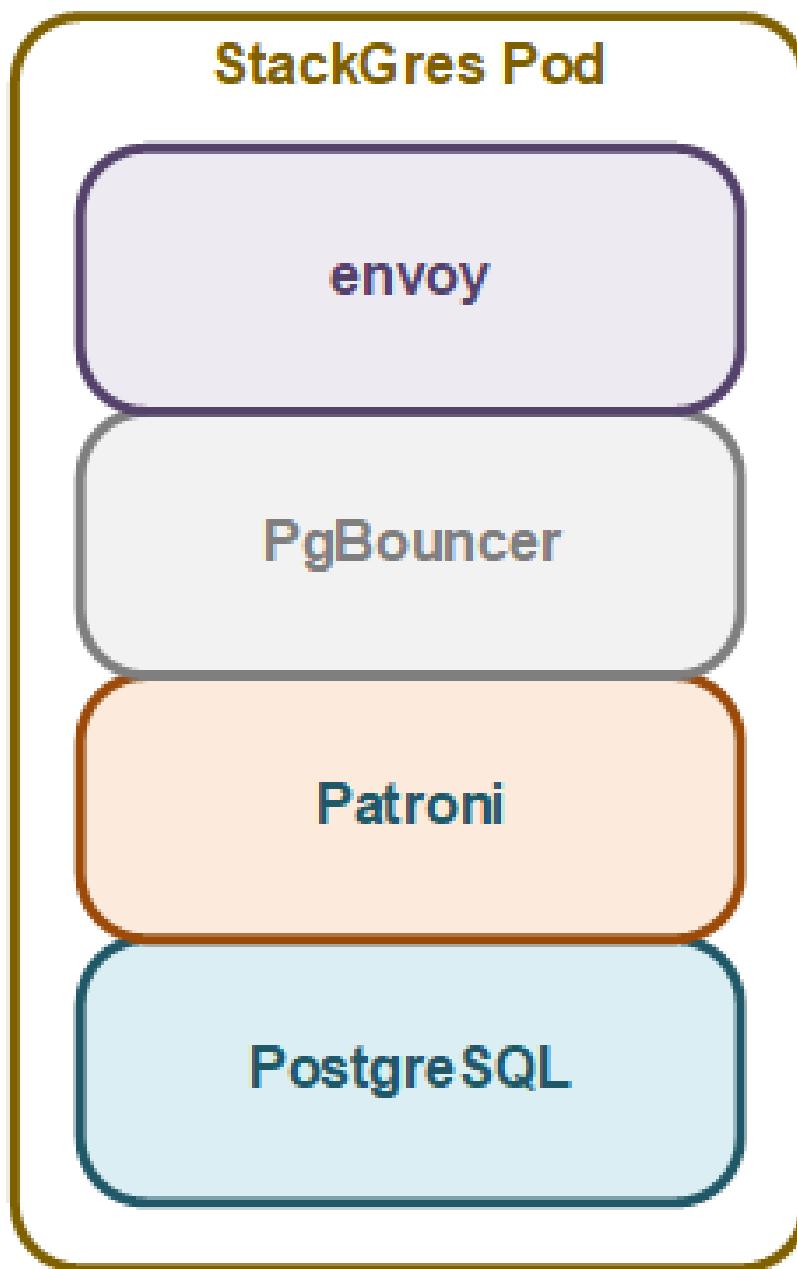


Abbildung 3.21: Stackgres - Grundarchitektur

#### 3.1.5.8.6.2 Citus Coordinator und Workers

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

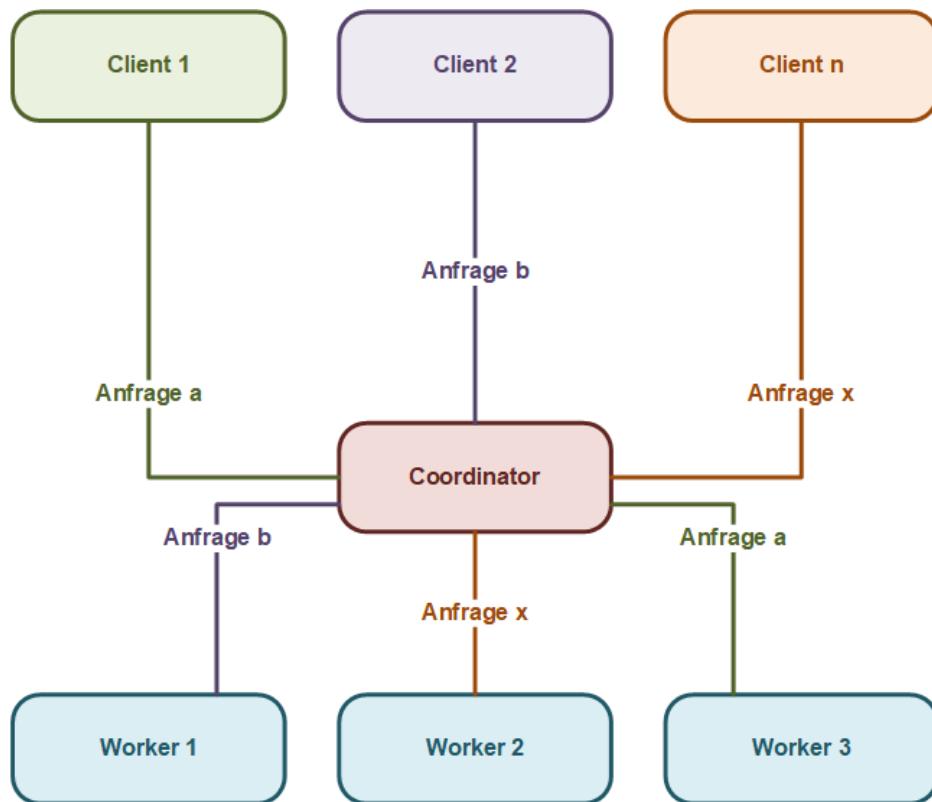


Abbildung 3.22: Citus - Coordinator und Workers

### 3.1.5.8.6.3 Citus Sharding

Citus bietet zwei Sharding-Modelle an.

**Row-based sharding** Beim diesen sharding werden Tabellen anhand einer Distribution Column aufgeteilt. [17, 9]

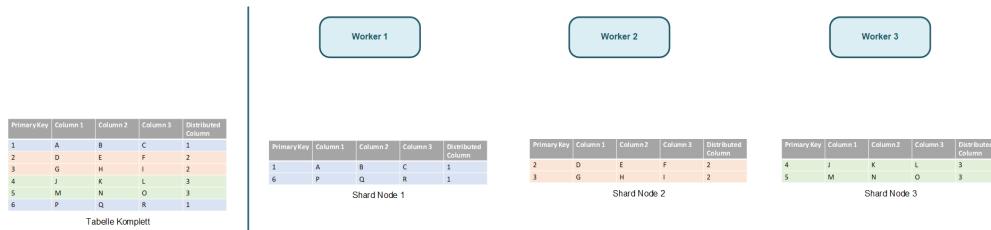


Abbildung 3.23: Citus - Row-Based-Sharding

### Schema-based sharding

## Diplomarbeit

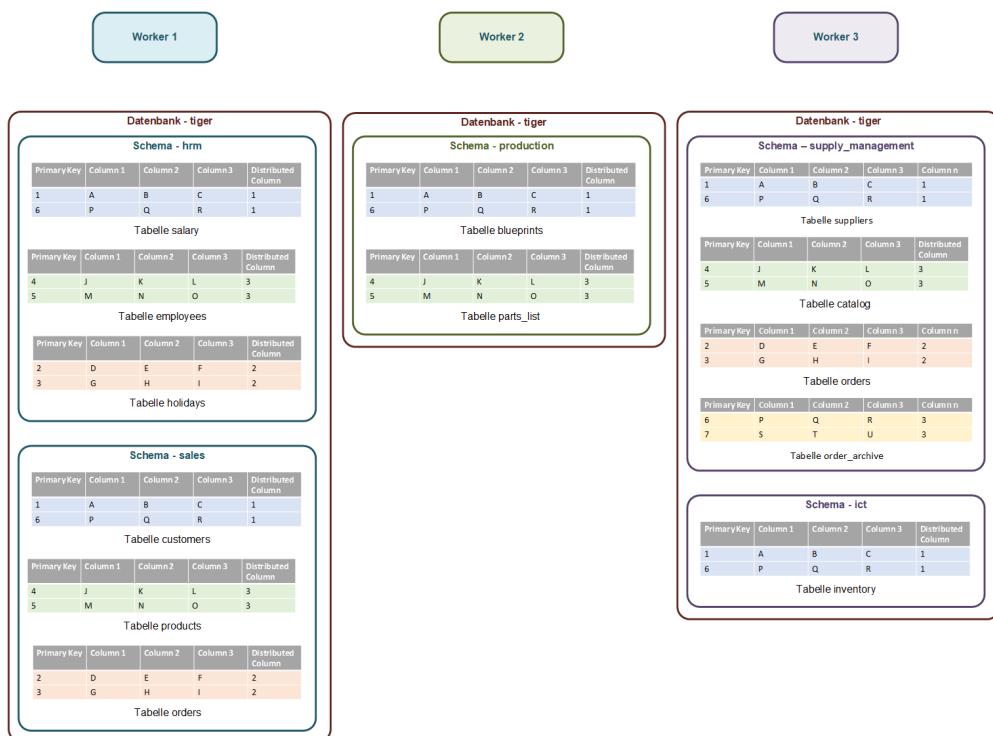


Abbildung 3.24: Citus - Schema-Based-Sharding

**Schlussfolgerung** Beide Sharding-Methoden haben eine grosse Schwäche. In Version 7.2 konnte noch ein Replikationsfaktor angegeben werden[16], ab Version 11 wurde auch diese Variante gestrichen und man konnte noch eine 1:1 Repliacation auf einen Worker fahren[11]. Spätestens mit Version 12 steht auch dies nicht mehr zur verfügung, man muss eine Replication auf e Sie sind nicht vollständig ACID-Konform da Datenverlust entstehen kann, wenn ein Node wegfällt. Dies muss aber bei der evaluation mittels Tests noch bestätigt werden.

Die Shards müssen aber, stand heute, mit entsprechenden mit Replikation gesichert werden[15]. 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  $Shard - Nodes^2$  Replika-Nodes erstellt werden, hier ein Schematisches-Beispiel mit drei Shard-Nodes:

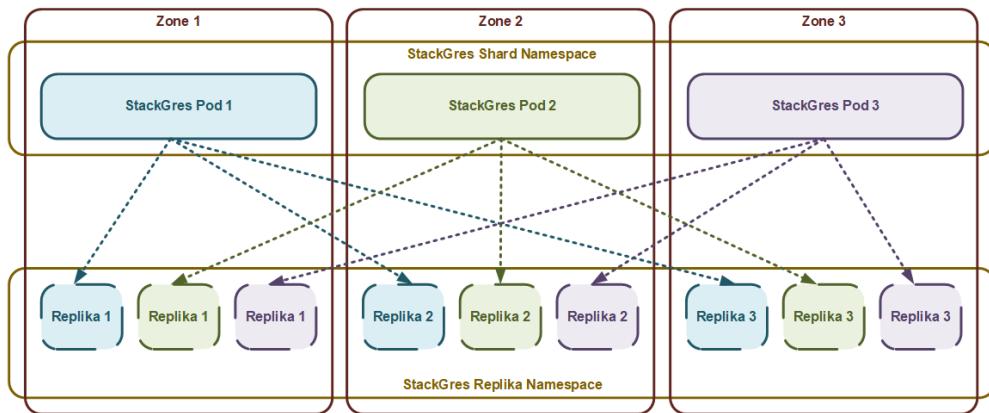


Abbildung 3.25: StackGres-Citus - Shard-Replikation

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 Throughput's und Performance-Einbussen.

Alternativ kann natürlich 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 ist ein HA-Betrieb nur noch begrenzt garantiebar.

### 3.1.5.8.7 Maintenance

Bei StackGres und Citus ist Citusdata, welches mittlerweile zu Microsoft gehört, sehr aktiv. Citusdata hält nicht nur die Community Standards ein sondern Committed regelmäßig 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 Regularmäßig Committed.

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

Die genaue Analyse ist im [Anhang - Maintenance](#) zu finden.

## Diplomarbeit

### 3.1.5.9      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[94].

#### 3.1.5.9.1    Core-Features

Die wichtigsten Features von YugabyteDB sind[8]:

- PostgreSQL Kombatibel
- Cassandra-Kompatibilität
- Horizontale Skalierbarkeit
- Global Verteilbar
- Cloud Native

#### 3.1.5.9.2    Replikation

#### 3.1.5.9.3    Proxy

YugabyteSQL nutzt Kubernetes und seine Core-Functions als Load Balancer. Ein zusätzlicher Proxy wird nicht benötigt.

#### 3.1.5.9.4    Pooling

YugabyteDB hat ein Connection Pooling mit dem YSQL Connection Manager integriert[62].

#### 3.1.5.9.5    API / Skripte

YugabyteDB bietet eigene APIs[5] und CLIs[13] für das Verwalten an.

Diese bieten auch die Möglichkeit, abgesichert zu werden.

#### 3.1.5.9.6    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:

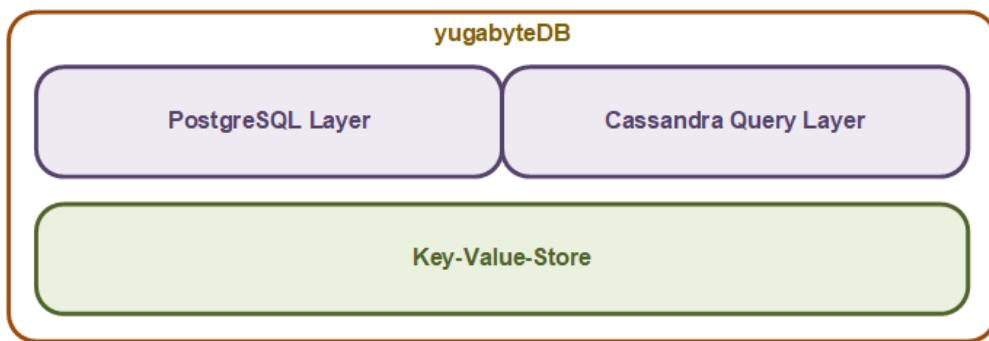


Abbildung 3.26: YugabyteDB - Grundkonzept

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

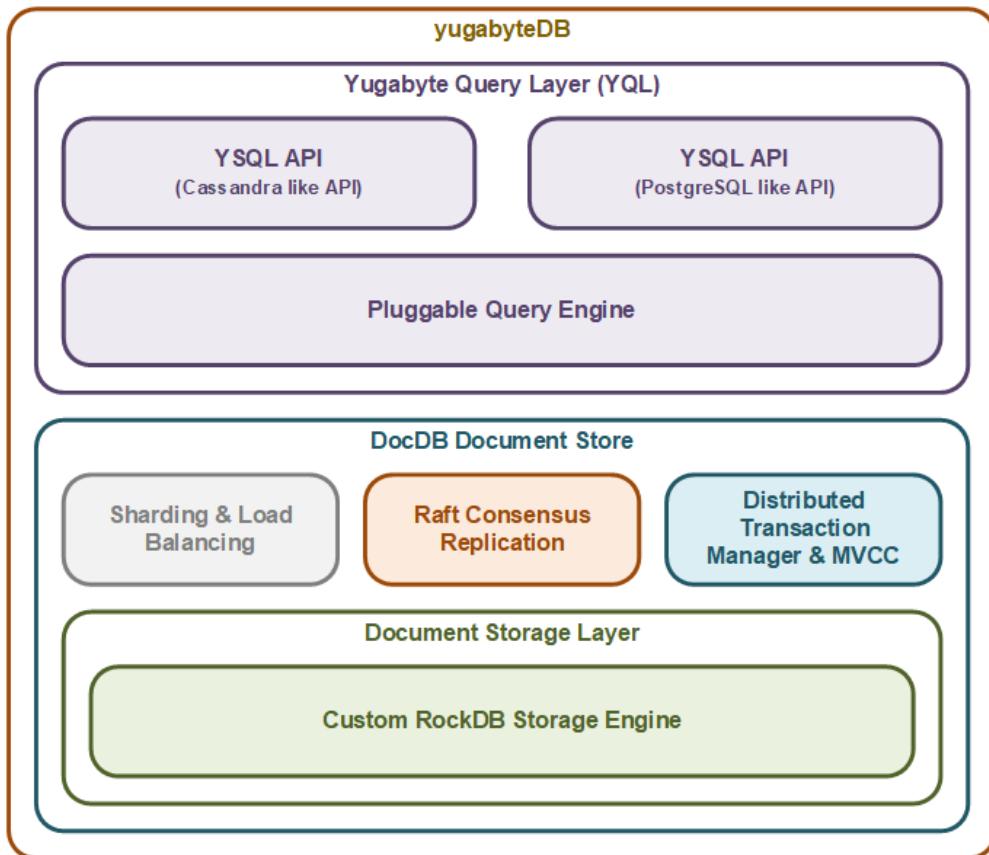


Abbildung 3.27: YugabyteDB - Architektur

### 3.1.5.9.6.1 YugabyteDB - Sharding

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

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

Tabelle Komplett

Primary Key	Column 1	Column 2	Column 3	Distributed Column
1	A	B	C	1
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
5	M	N	O	3

Tablet 3

Abbildung 3.28: YugabyteDB - Sharding

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

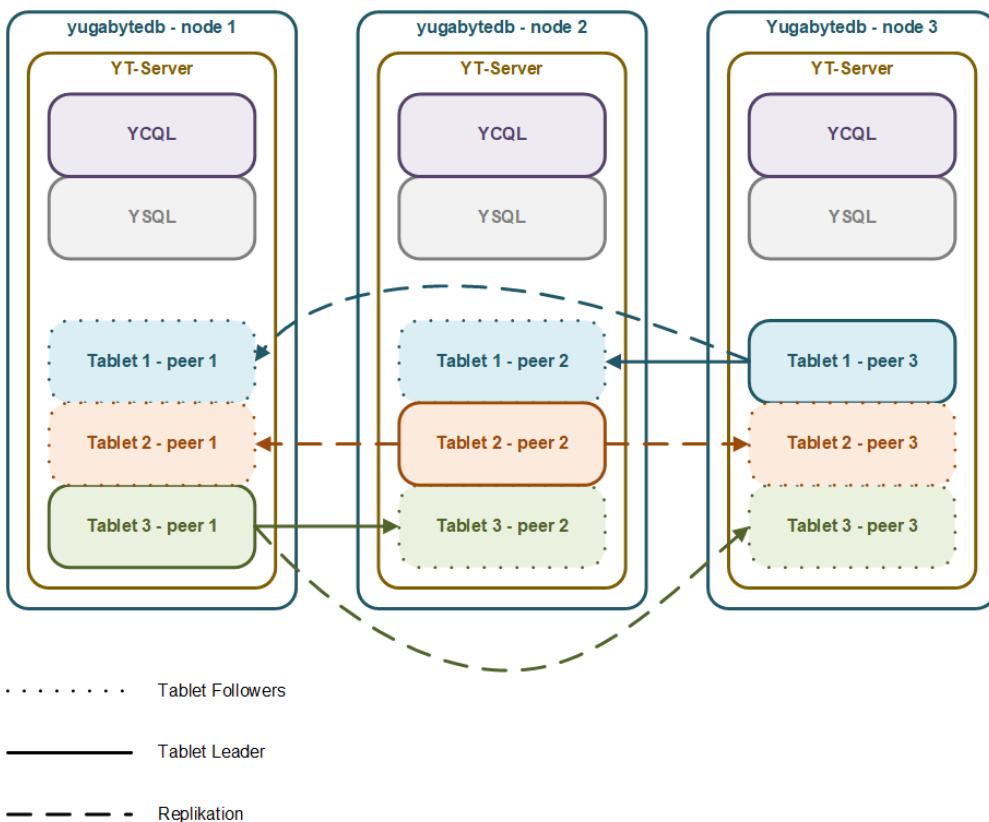


Abbildung 3.29: YugabyteDB - Tablet - Leader und Follower

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

## Diplomarbeit

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 [39] geregelt:

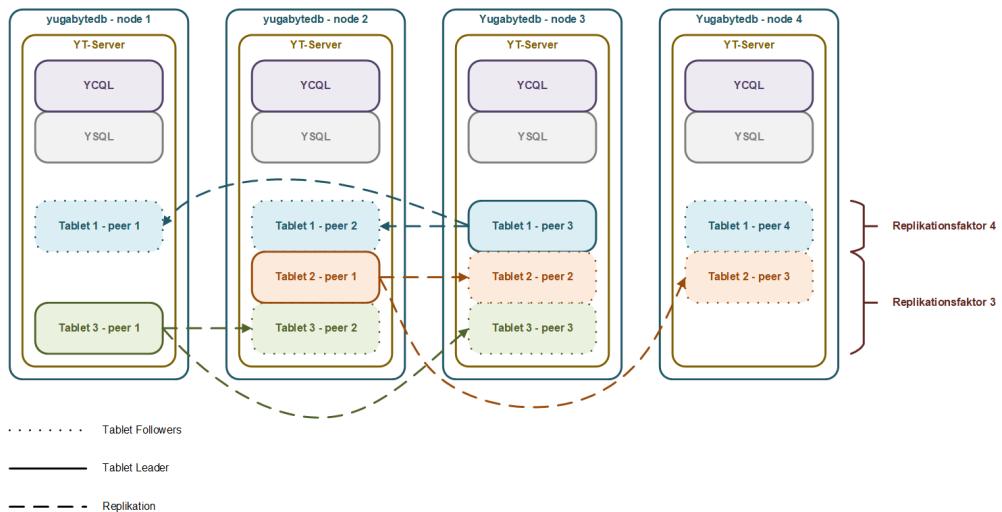


Abbildung 3.30: YugabyteDB - Tablet - Replikationsfaktor

Durch das Raft-Protokoll werden die Tablet-Leader regelmäßig gewechselt.

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

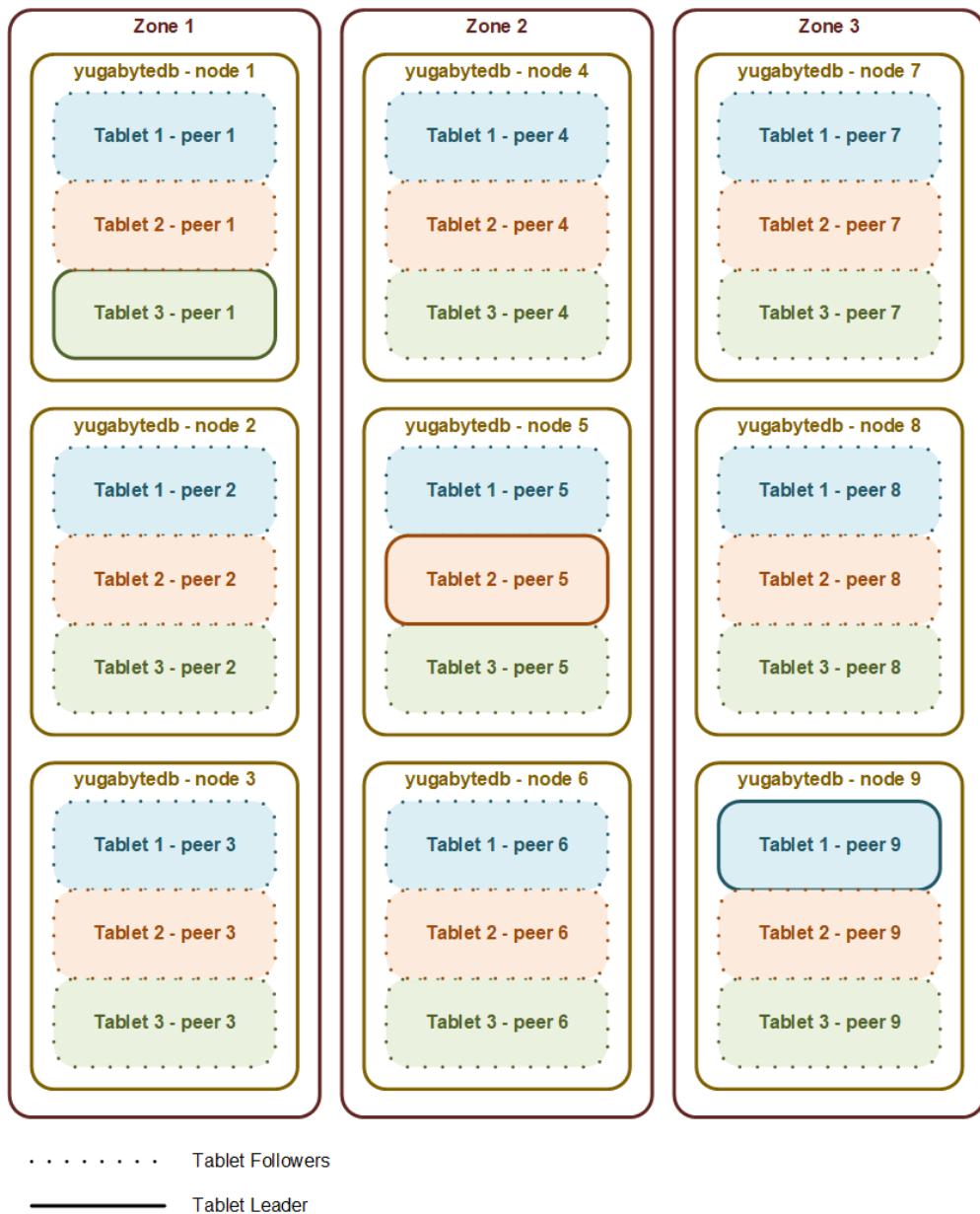


Abbildung 3.31: YugabyteDB - Zonen

Dies wird dann sinnvoll, wenn eine gewisse Ausfalltoleranz erreicht werden soll. Fällt nämlich 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[36].

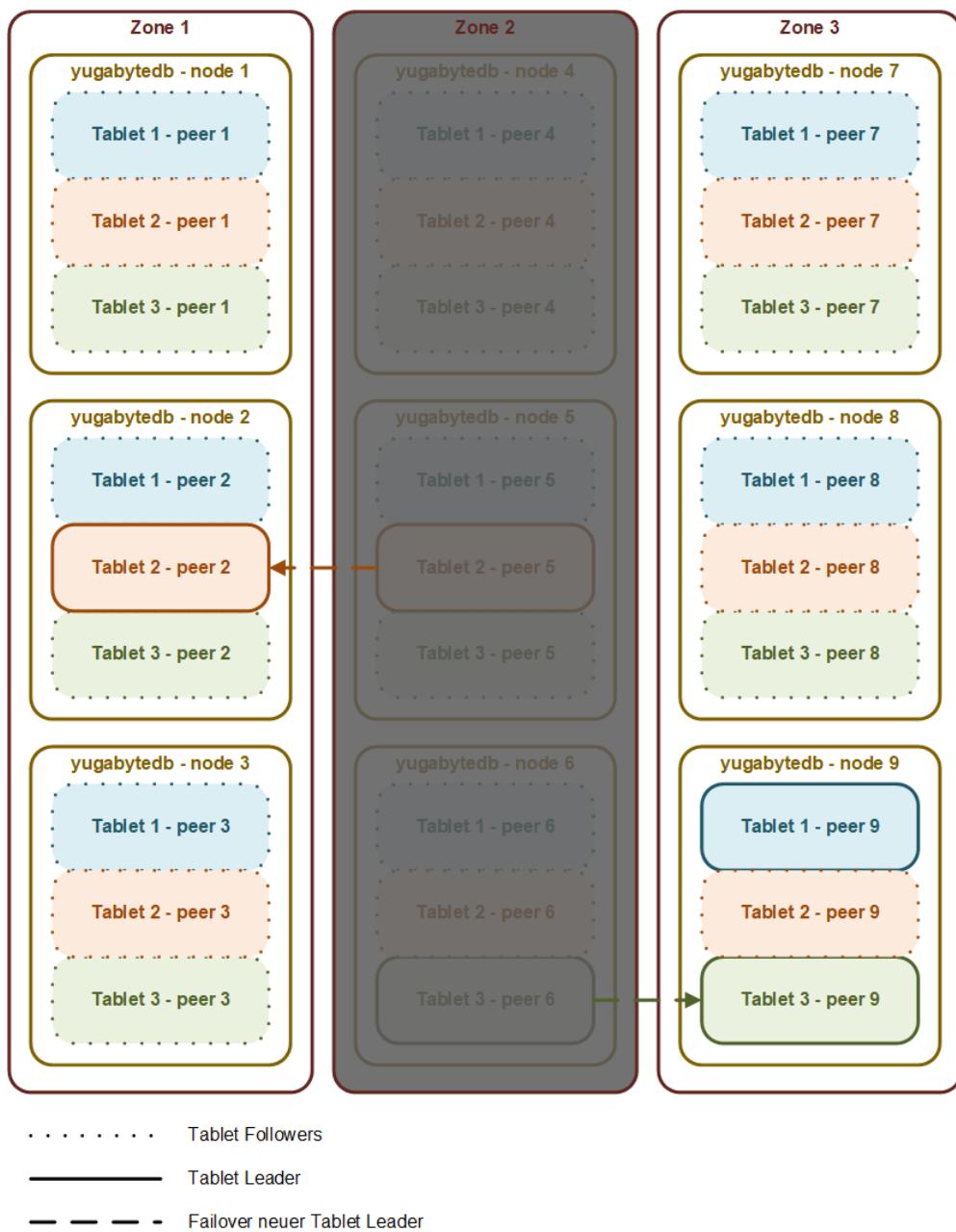


Abbildung 3.32: YugabyteDB - Zone outage Tolerance

### 3.1.5.9.7 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.

## Diplomarbeit

### 3.1.5.9.8 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.

### 3.1.6 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 vernünftigen Zeit.
2	pgpool-II	Vorausgeschieden	pgpool-II hat kein GitHub-Repository und bietet daher keine vergleichswerte mittels Github Insights.
3	pg_auto_failover	Vorausgeschieden	pg_auto_failover würde zwar Citus-Support bieten, allerdings gibt es keine gut dokumentierte Implementation für Kubernetes. Erfüllt daher das Kriterium für die Synergien nicht
4	CloudNativePG	Vorausgeschieden	CloudNativePG ist keine vollständige Cloud Native Lösung. Mittels Citus könnte sogar eine Distributed SQL Lösung implementiert werden.
8	Citus row-based-sharding	Vorausgeschieden	Die Grundarchitektur bleibt aber Monolithisch mit einem Primary und Replikas. Und da kein Benefit in Form von Synergien vorhanden sind, fällt CloudNativePG raus. Citus row-based-sharding wäre Hocoeffizient 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 3.9: 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
6	Stackgres mit Citus	Evaluation	Bietet eine einfache und kompakte Möglichkeit für ein Distributed SQL System.
7	Yugabyte-DB	Evaluation	Da Patroni unter der Haube ist, kann die API und sonstige Skripte auch auf einem Monolithischen System eingesetzt werden.

Tabelle 3.10: Vorauswahl - Evaluation

### 3.1.7 Installation verschiedener Lösungen

Entsprechend wurden folgende Server bereitgestellt:

## Diplomarbeit

Server	Typ	Funktion	Full Qualified Device Name	IP
sk1183	Distributed SQL	Server	sk1183.ksgr.ch	10.0.20.97
sk1184	Distributed SQL	Agent	sk1184.ksgr.ch	10.0.20.104
sk1185	Distributed SQL	Agent	sk1185.ksgr.ch	10.0.20.105
sk1232	Monolith	Server	sk1232.ksgr.ch	10.0.20.110
sk1233	Monolith	Server	sk1233.ksgr.ch	10.0.20.111
sk1234	Monolith	Server	sk1234.ksgr.ch	10.0.20.112
sk9016	Benchmark Server	Client	sk9016.ksgr.ch	10.0.21.216
vks0032	Distributed SQL	Virteulle IP	vks0032.ksgr.ch	10.0.20.106
vks0040	Monolith	Virteulle IP	vks0040.ksgr.ch	10.0.20.113

Tabelle 3.11: Evaluationssyssteme

### 3.1.7.1 rke2 - Evaluationsplattform

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

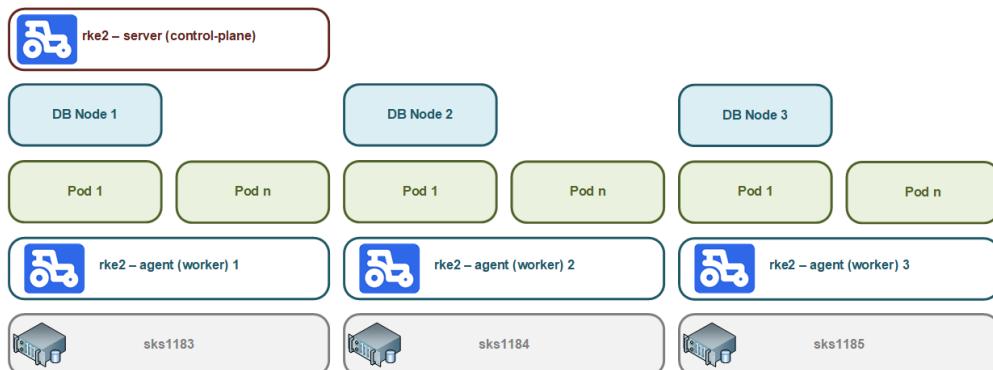


Abbildung 3.33: Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards

Die Konfiguration der rke2-Nodes sieht folgendermassen aus:

<b>Kubernetes Runtime</b>	rke2
<b>Container-Enviroment</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 3.12: Evaluationssystem - Distributed SQL / Sharding

### 3.1.7.2 Patroni

#### 3.1.7.2.1 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 sich die Architektur folgendermassen aussieht:

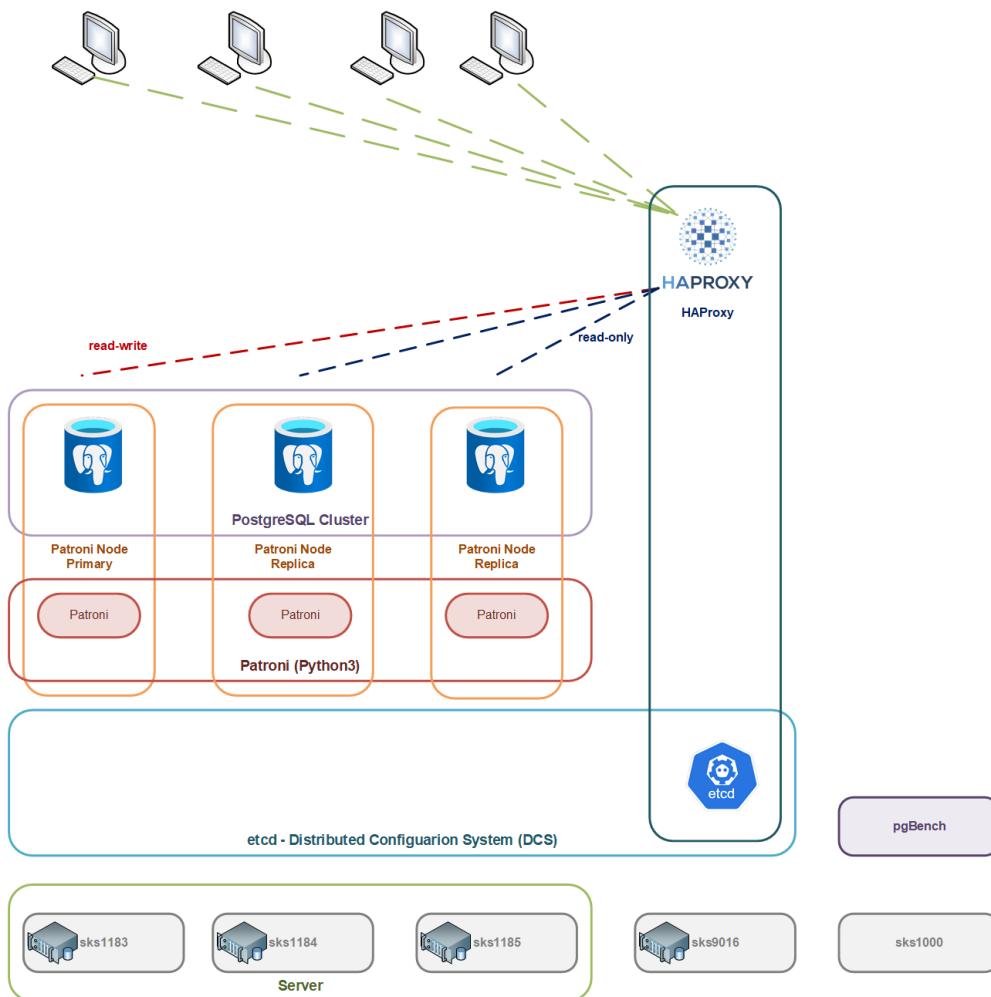


Abbildung 3.34: Patroni - Evaluationsarchitektur

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

#### 3.1.7.2.2 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:

## Diplomarbeit

```

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 ETCDCCTL_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 jeweils 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 für den jeweiligen Hostnamen resp. die jeweilige 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

## Diplomarbeit

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.

### 3.1.7.3 StackGres - Citus

#### 3.1.7.3.1 Architektur

Für das Benchmarking wurde ein minimales setting ausgewählt.

Ein Coordinator und einen Shard-Node mit einem Leader- und Replica-Pod.

## Diplomarbeit

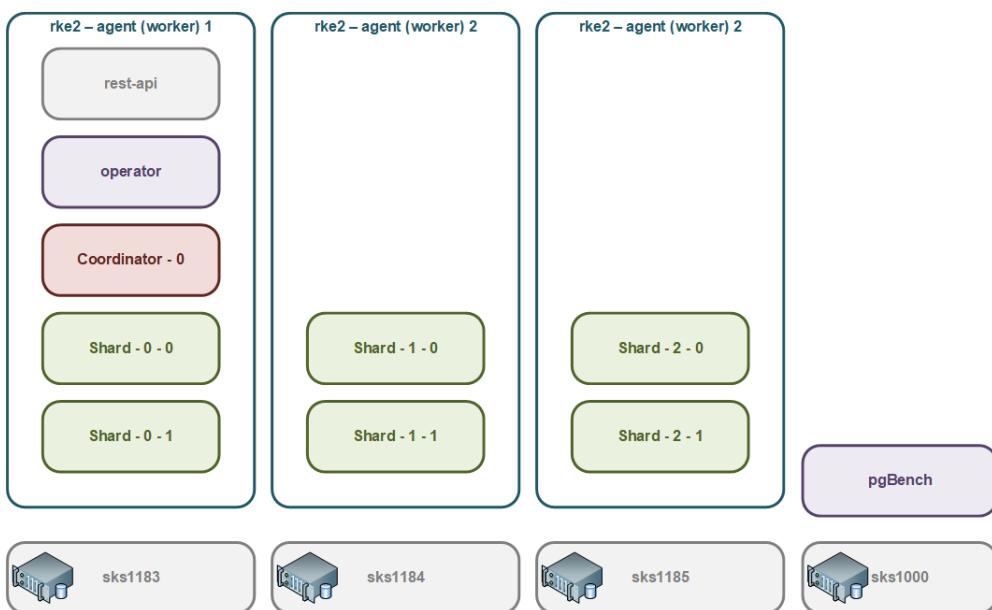


Abbildung 3.35: Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur Benchmarking

Für die Self Healing Tests wurde eine umfangreichere Architektur vorgenommen. Es stellt sich heraus, dass man relativ leicht die beim [Citus Sharding](#) beschriebene Lösung zum Replizieren leicht umzusetzen ist:

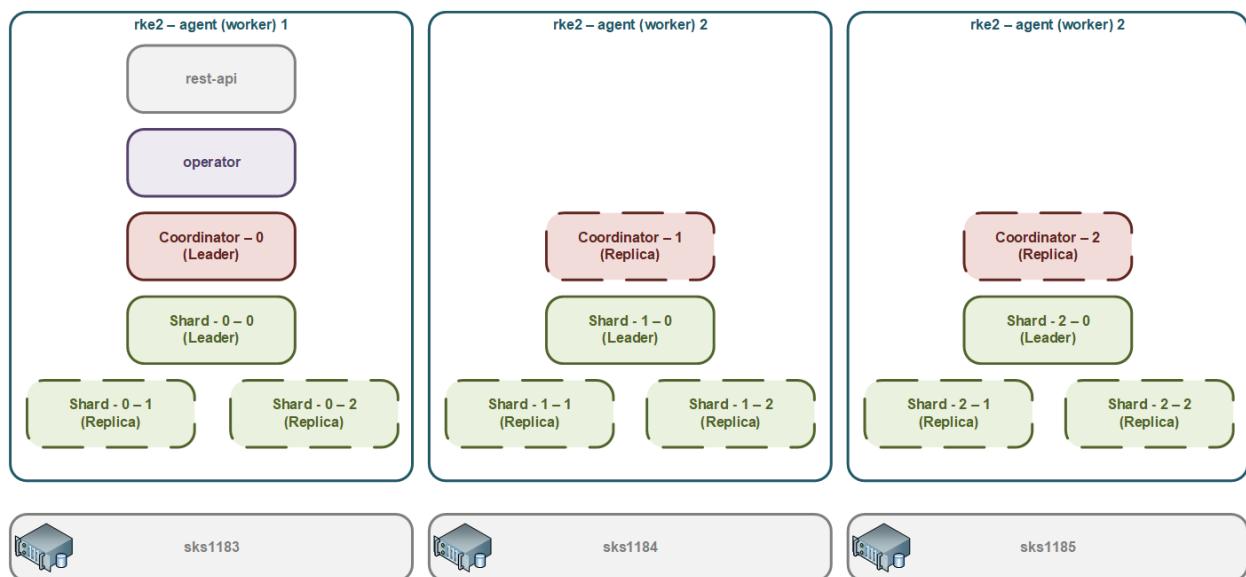


Abbildung 3.36: Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur Self Healing Tests

### 3.1.7.3.2 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 Worst-Case 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:

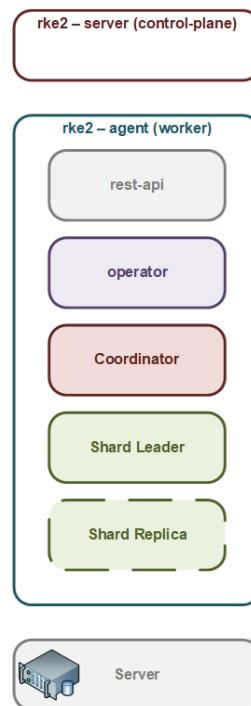


Abbildung 3.37: Stackgres - Citus - Resourcen - Stack

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.

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:

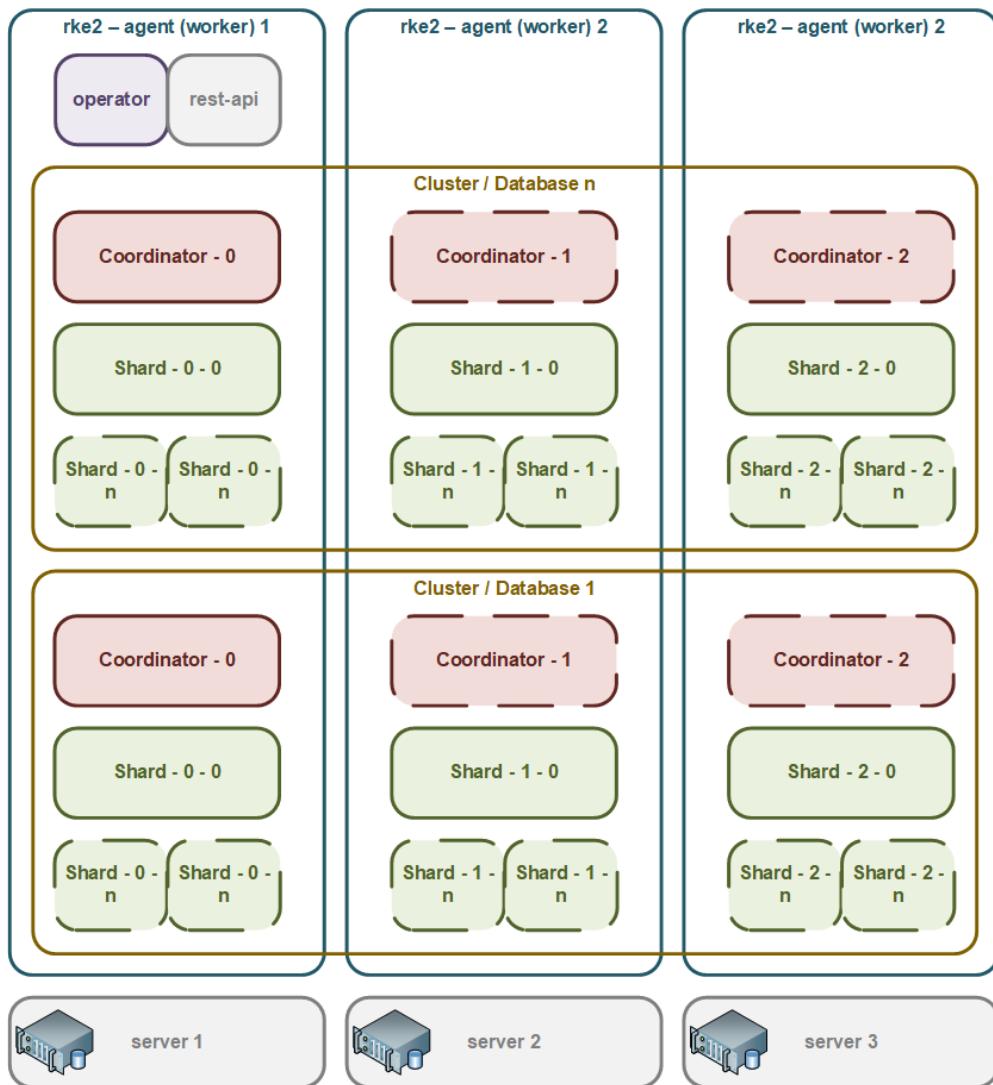


Abbildung 3.38: Stackgres - Citus - Datenbank - Cluster

Entsprechend steigt der Ressourcenbedarf zusätzlich.

#### 3.1.7.3.3 Installation

OnGres bietet für StackGres ein helm-Chart, welches über ein eigenes `values.yaml`-Manifest oder direkt aus dem Repository mittels 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, welches mit [https](https://) erreichbar sein muss.

## Diplomarbeit

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 mittels https aus dem Pod heraus kommuniziert werden kann, selbst wenn es mit curl möglich ist.

Damit dies möglich ist, 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%2
Fproxy.svc.first-it.ch%3A8080?skipHostnameVerification:true&setHttpScheme:
true
```

Listing 3.7: StackGres - values.yaml - Extension Proxy

Die Ursachenforschung hat viel Zeit in Anspruch genommen.

Es sind nebst dem Versuch, eine Freigabe via Pod-Affinität zu lösen, drei Tage verstrichen bis StackGres die Extensions ausführen konnte.

Anders als bei YugabyteDB, kann man das Web-GUI nicht mittels 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 mittels der entsprechenden Keys im values.yaml oder den Parametern beim Deploy.

### 3.1.7.3.4 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).

## Diplomarbeit

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,  
das 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 das Instanz-Profil auch, ist dies nicht zwingend, allerdings wird dann eine  
PostgreSQL-DB mit minimalem Setting deployt.

### **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 mittels 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:

## Diplomarbeit

```

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: 'GrößeGi'
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 ...

```

## Diplomarbeit

```
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 das es wohl einen Bug bei grösseren Workloads gibt, zumindest ist dies meine Interpretation.

Die Lösung bei einigen schien zu sein, dass das Pooling abgeschaltet wird[35].

Für das Benchmarking wurde dies dann auch umgesetzt.

Dies wird folgendermassen gemacht:

```
1 ...
2   coordinator:
3     pods:
4       ...
5       disableConnectionPooling: true
6 ...
```

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 sich aber als schwieriges unterfangen auszeichnete da Ongres dies nicht wirklich Dokumentiert hat.

Daher wurde immer ein Testing-Profil gesetzt:

```
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.

## Diplomarbeit

Die vollständige Dokumentation der Evaluationsinstallation ist im [Anhang - Installation StackGres - Citus](#) zu finden.

### 3.1.7.4 YugabyteDB

#### 3.1.7.4.1 Architektur

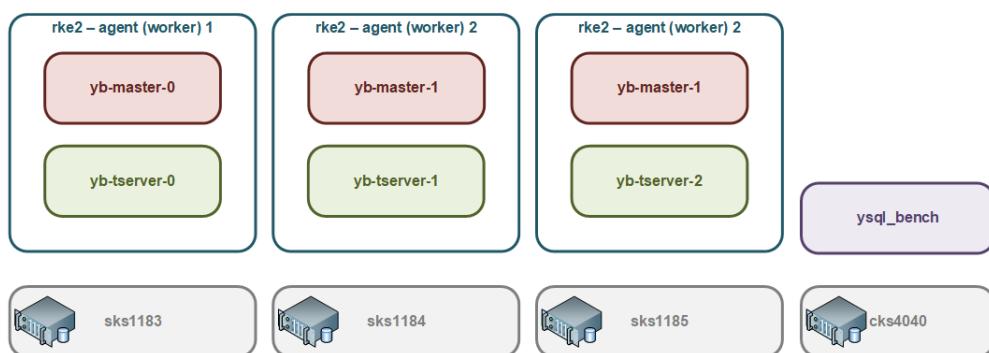


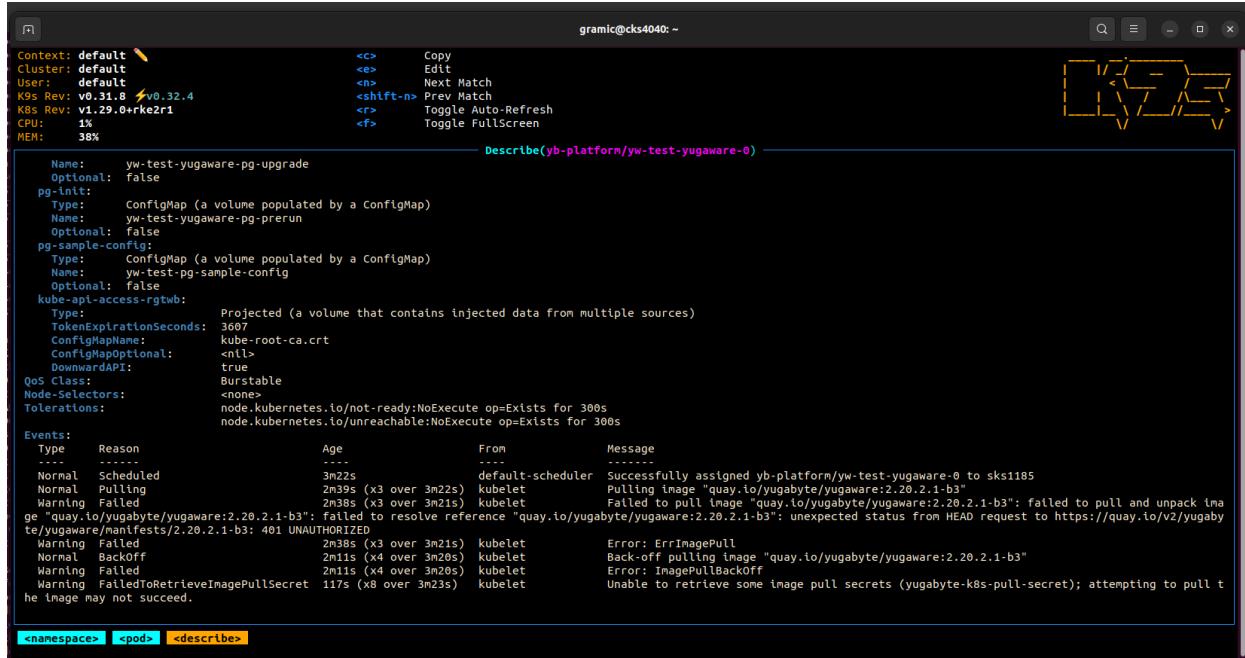
Abbildung 3.39: YugabyteDB - Evaluationsarchitektur

Die Architektur ist einfach.

Auf allen Worker-Nodes wird je ein `tmaster` und `tserver` Pod gestartet werden.

#### 3.1.7.4.2 Installation

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



```

Context: default          <C>   Copy
Cluster: default         <E>   Edit
User: default            <N>   Next Match
K9s Rev: v0.31.8 ✨v0.32.4 <Shift-N> Prev Match
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1   <R>   Toggle Auto-Refresh
CPU: 1%                  <F>   Toggle FullScreen
MEM: 38%
Name: yw-test-yugaware-0
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-apiserver-rgtwb:
  Type: Projected (a volume that contains injected data from multiple sources)
  TokenExpirationSeconds: 3600
  ConfigMapName: kube-root-ca.crt
  ConfigMapOptional: encls
  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.

```

Abbildung 3.40: YugabyteDB - Subscription Yugawre

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 zuwenig Cores zur Verfügung stehen.

Bei der Konstellation 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 3.13: metallb - Konfig YAML - Detail L2Advertisement

Dieses Problem ist schwer zu greifen und hat zwei Tage in Anspruch genommen, es zu lösen. Die Vorschläge zum Lösen des Problems reichten von deaktivieren von kube-proxy bis hin zu einer Migration zum Cilium-Loadbalancers.

## Diplomarbeit

Mit diesem funktionierte dann nicht einmal mehr die Installation von YugabyteDB. Lösung brachte nur ein GitHub-Eintrag[30], wo oben genannter Ansatz empfohlen wurde.

### 3.1.7.4.3 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 3.14: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Image

Die StorageClass muss im `values.yaml` gesetzt werden, einmal für den `master` und einmal für den `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 3.15: 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"

```

## Diplomarbeit

```

9      ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating
10     from these formats
11
12     ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes'
13     ' flag.
14
15     ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so
16     may lead to
17
18     ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects
19     integer values.
20
21     memory: 2Gi
22
23   tserver:
24
25     requests:
26
27       cpu: "1"
28
29       memory: 4Gi
30
31     limits:
32
33       cpu: "1"
34
35       ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating
36       from these formats
37
38       ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes'
39       ' flag.
40
41       ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so
42       may lead to
43
44       ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects
45       integer values.
46
47     memory: 4Gi
48
49 ...
50
51

```

Listing 3.16: 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 3.17: 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 3.18: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Disable YSQL

Nun muss die Domain und die Service-Endpoints konfiguriert werden.

Der Domainname bleibt vorerst `cluster.local` wie Default hinterlegt.

Die Servicenamen und Ports werden nicht angetastet, 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 3.19: 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:

## Diplomarbeit

```

1 ...
2     "nodePathMap": [
3     {
4         "node": "DEFAULT_PATH_FOR_NON_LISTED_NODES",
5         "paths": ["<Lokaler Pfad>"]
6     },
7     {
8         "node": "<Nodename>",
9         "paths": ["<Lokaler Pfad>"]
10    },
11 ...

```

Listing 3.20: 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 3.21: 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 logischerweise dazu führt, dass zuwenig 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:

```

## Diplomarbeit

```

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

```

Listing 3.22: 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.

### 3.1.8 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@sk1234:~# 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"

```

## Diplomarbeit

```

15 + Cluster: postgres (7357340759952276373) -----+-----+-----+
16 | Member      | Host          | Role        | State       | TL | Lag in MB |
17 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
18 | postgres01  | 10.0.20.110 | Replica    | stopped    |     | unknown || postgres02 |
19 |           | 10.0.20.111 | Leader     | running    | 3 |           |
20 | postgres03  | 10.0.20.112 | Replica    | running    | 3 |           | 0 |
21 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Listing 3.23: 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 3.24: 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 oder 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 der 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 geschrieben 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. Es wurde aber keiner eingesetzt.

Tabelle 3.13: 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,

## Diplomarbeit

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 Citrus-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.

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 bei einem 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 bei einem ganzen Cluster
Sharding und Datenintegrität	4	Datenkonsistenz			
Daten sind Konsistent und Inetgr.	5	Schutz vor Datenverlust	Die Daten müssen Konsistent und schnell auf die Shards verteilt werden	Eingetroffen	
Sharding	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 3.14: Testresultate Evaluation StackGres - Citus

Die genauen Details sind im Anhang zu finden: [Anhang - StackGres - Citus Testing](#)

### 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, dass offene Connections nicht wegen eines Timeouts geschlossen werden.	Eingetroffen
Sharding und Datenintegrität	4	Datenkonsistenz		
Daten sind Konsistent und Inetgr.	5	Schutz vor Datenverlust	Die Daten müssen Konsistent und schnell auf die Tablets verteilt werden	Eingetroffen
Sharding	6	Node stellt sich selber wieder her	Tablet wird automatisch synchronisiert	Eingetroffen
Self Healing				

Tabelle 3.15: Testresultate Evaluation YugabyteDB

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

Während dem Testing kam es immer wieder vor, dass ein Node Probleme mit der Zeit bekam. Dies fiel immer dann auf, wenn ein Node (meistens `skss1184`), heruntergefahren und später rebooted wurde.

## Diplomarbeit

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[83].

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 zu finden:

[Anhang - YugabyteDB Testing](#)

### 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 Tablespace 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 Primary die Files und die Disk lief jeweils voll.

Es wurde an verschiedenen Stellschrauben geschraubt, etwa an der Anzahl Worker, der grössere 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/
```

## Diplomarbeit

```
3 watch --interval=30 patronictl -c /etc/patroni/config.yml list
```

Listing 3.25: Patroni - Benchmarking - Monitoring

Alle Benchmarking-Commands und SQLs zur ermittlung der grössze 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\_accounts und pgbench\_history jeweils neu initialisiert wurde[7].

Das hat einen besonderen Grund.

Wenn die Tabellen mittels 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 3.26: Citus - Benchmarking - Distributed Table Sharding

Ursache ist, dass eine Distributed Table keine Foreign Key Constraints erlaubt.

pgbench erzeugt aber gleich mehrere davon:

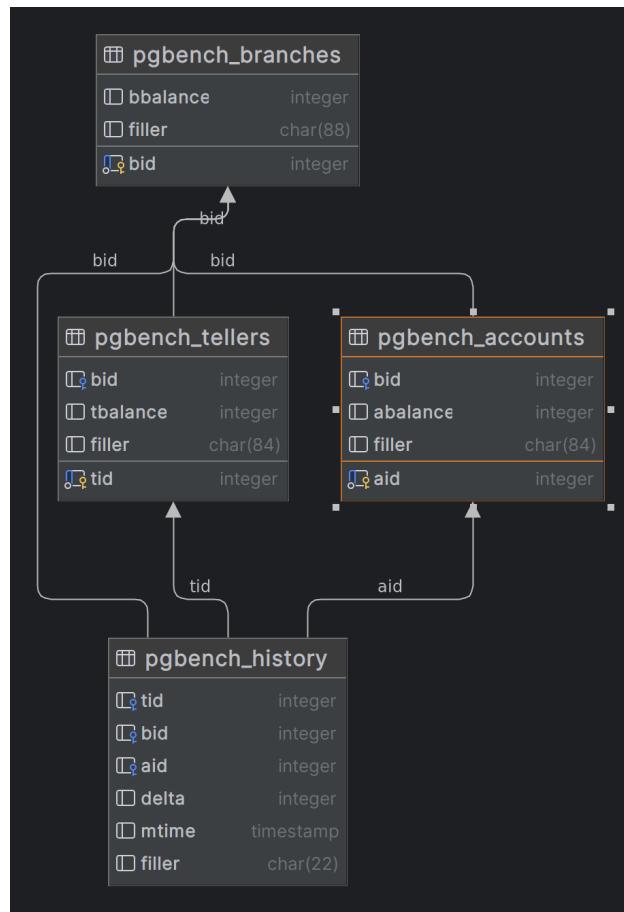


Abbildung 3.41: Benchmarking - ERD pgbench

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 3.27: 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[18].

## Diplomarbeit

Aber auch in diesem Fall muss das Sharding im Nachgang des pgbench-Init gemacht werden. Bei den kleinen Tabellen geht das relativ flot, 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), also 3 x 750GiB, allokiert werden müssen.

Auf diesen Mehraufwand wurde verzichtet um das SAN und somit das Daily Business nicht zu stark zu belasten.

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.

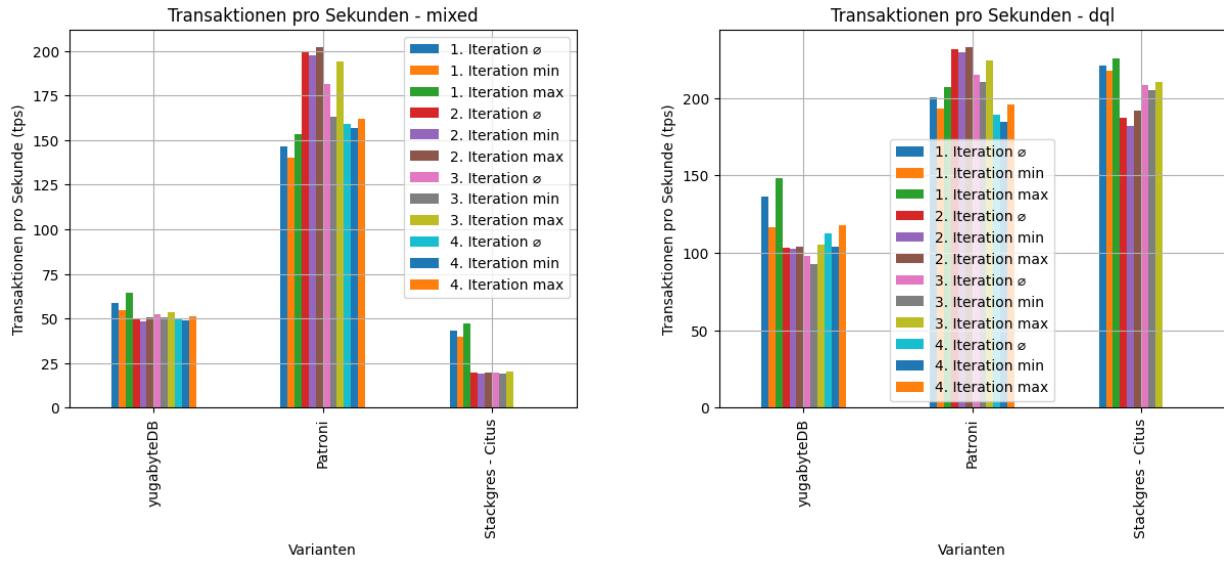


Abbildung 3.42: Benchmarks - tps

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

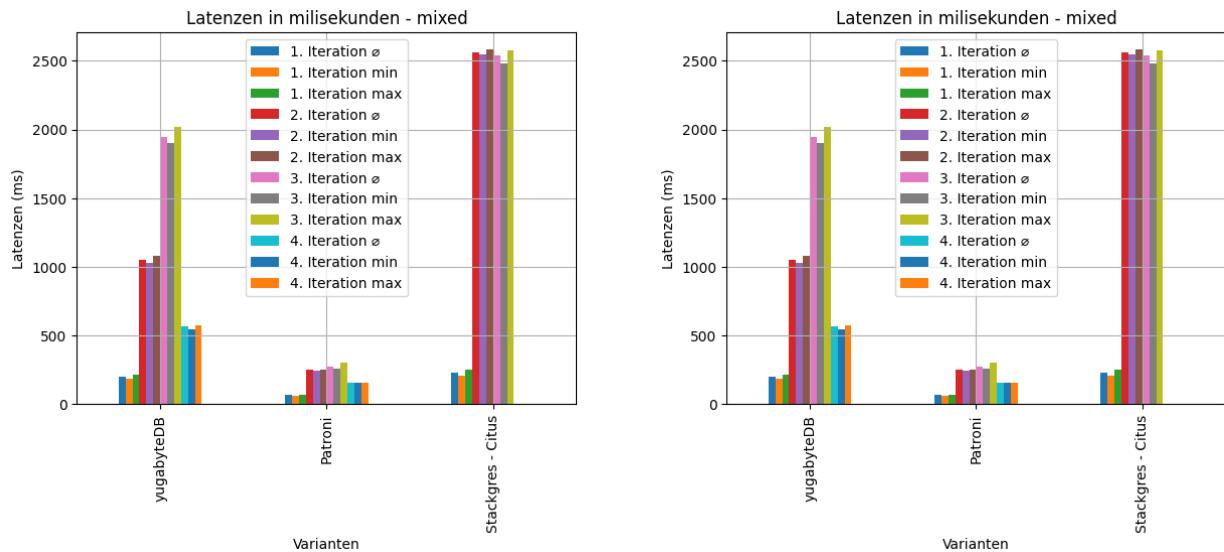


Abbildung 3.43: Benchmarks - latency

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:

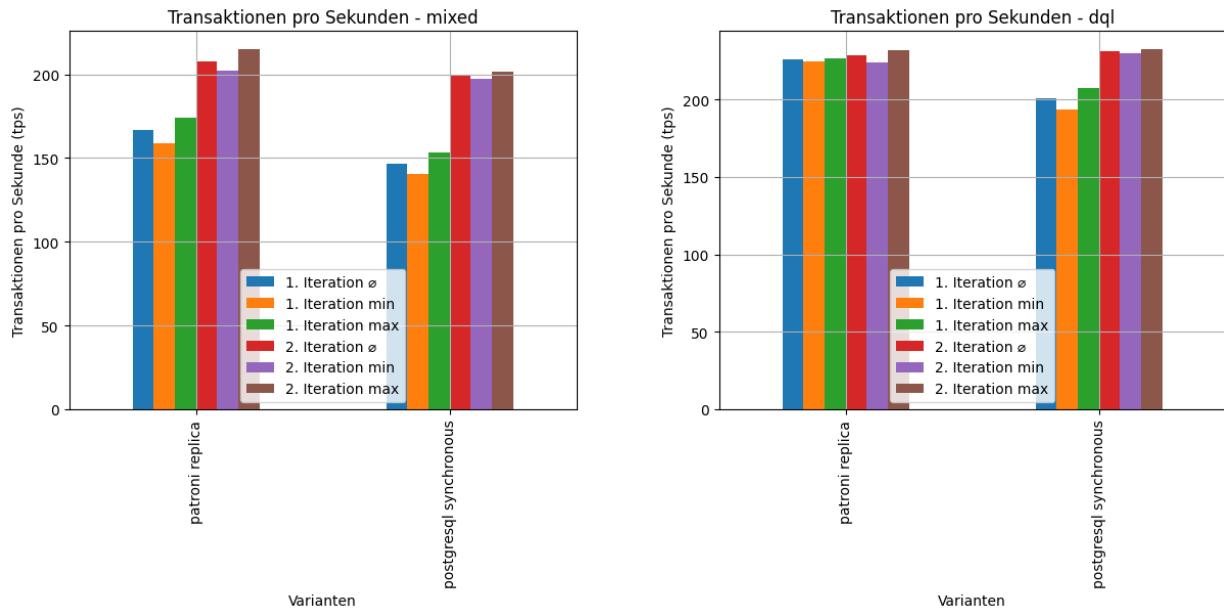


Abbildung 3.44: Benchmarks - tps Patroni Replica

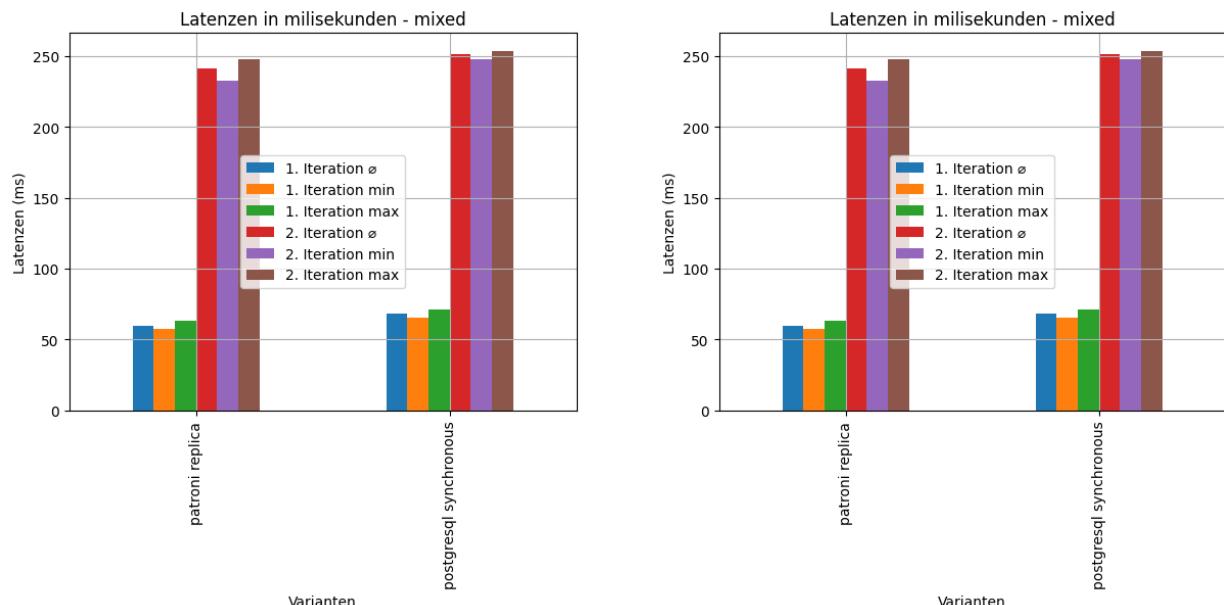


Abbildung 3.45: Benchmarks - latency Patroni Replica

Die Asynchrone Replikation ist dabei ein klein wenig schneller als die Synchrone Replikation.

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

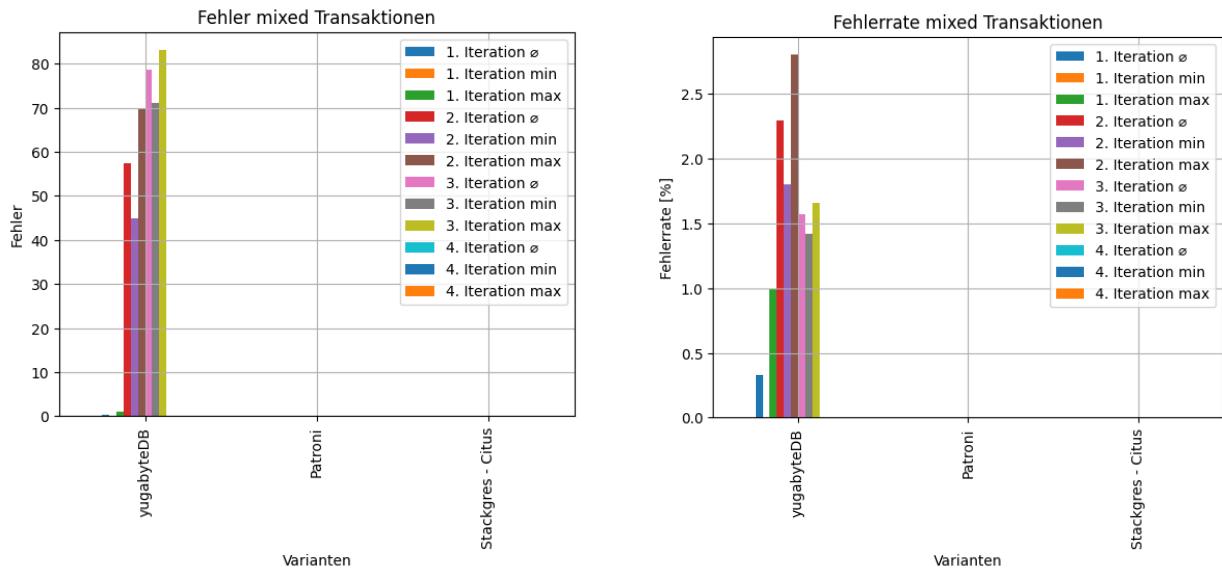


Abbildung 3.46: Benchmarks - Fehler bei mixed-Transaktionen

Ebenfalls ein wichtiger Benchmark ist die Zeit, die benötigt wird, um mittels `pgbench` initialisiert die Tabellen zu erstellen.

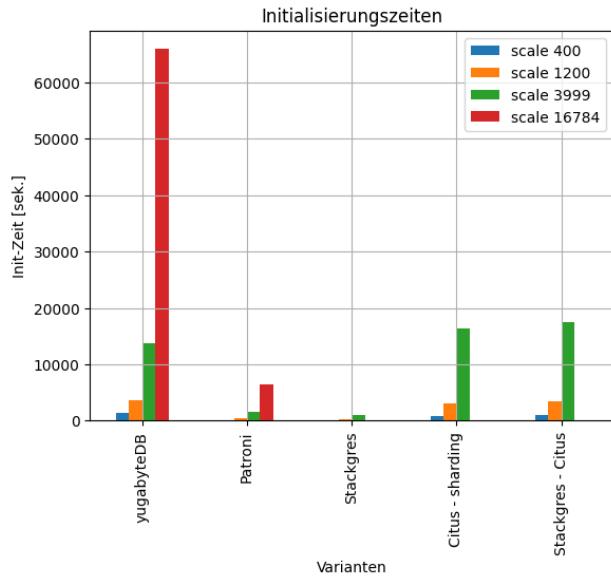


Abbildung 3.47: Benchmarks - Initialisierungszeit - sekunden

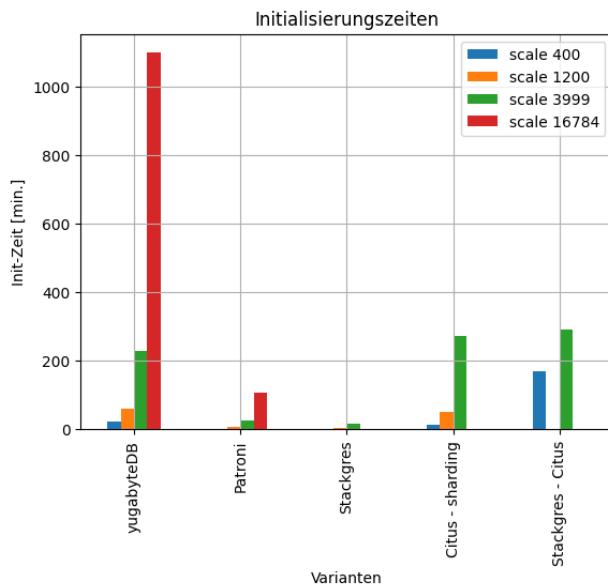


Abbildung 3.48: Benchmarks - Initialisierungszeit - Minuten

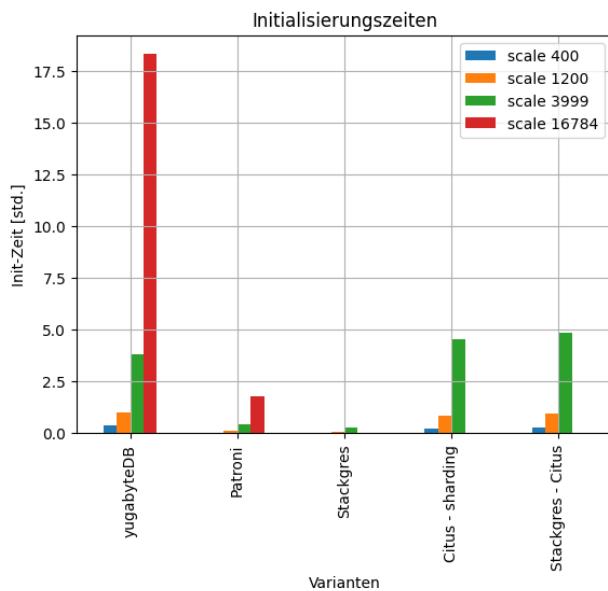


Abbildung 3.49: Benchmarks - Initialisierungszeit - Stunden

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.

## Diplomarbeit

### 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.

Es wurden also folgende Annahmen getroffen resp. folgende Parameter sind gegeben:

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 3.16: 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.

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.

## Diplomarbeit

Phase	Subphase	Patroni - vanilla	Patroni - postgresql-cluster	StackGres - Citus	YugabyteDB
Initialer Aufwand					
	Basisinstallation	5.0	6.0	4.0	5.0
	Basiskonfiguration	5.0	5.0	5.0	5.0
	Backup Konfiguration	1.0	1.0	1.0	2.0
	Monitoring Konfiguration	2.0	2.0	2.0	2.0
Security Aufwand	private container registry Integration	0.0	0.0	1.0	1.0
	PKI Integration	3.0	3.0	3.0	3.0
Erweiterungsaufwand	Automatisierung Backup	1.0	1.0	4.0	4.0
	Automatisierung Skalierung	8.0	4.0	8.0	2.0
	Self-Healing	8.0	4.0	16.0	0.0
	Auto-Recovery	8.0	4.0	16.0	2.0
	DB Self-Service	16.0	16.0	16.0	16.0
Operationsaufwand / 5 Jahre	Switchover	50.0	25.0	50.0	0.0
	Node Recovery	50.0	25.0	100.0	25.0
	Backup Recovery	50.0	25.0	50.0	25.0
	Quorum erweitern	30.0	20.0	5.0	5.0
		237.0	141.0	281.0	97.0

Tabelle 3.17: Gemessene und Extrapolierte Aufwände Bsp.

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

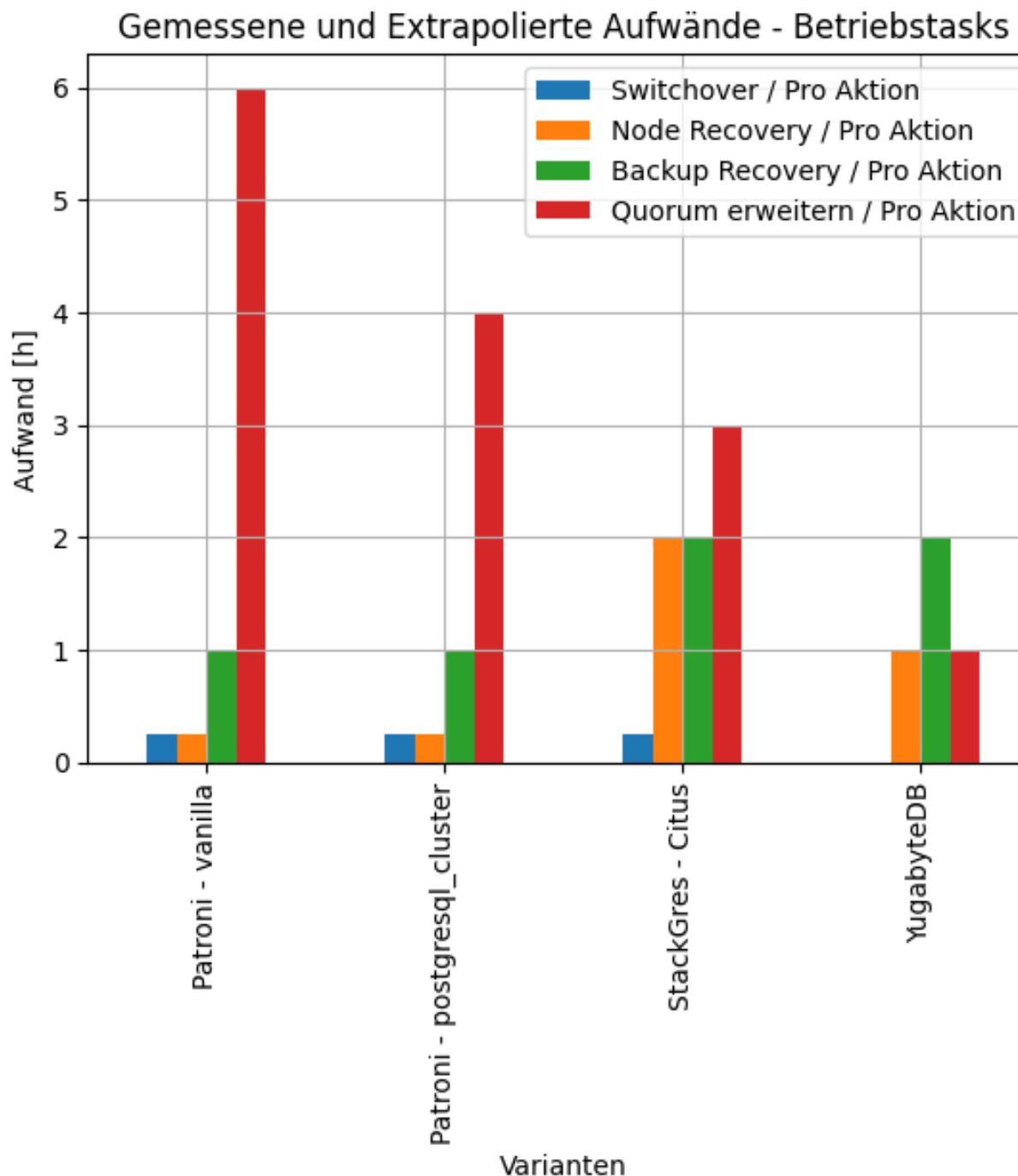


Abbildung 3.50: Zeitaufwände pro Betriebstask

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

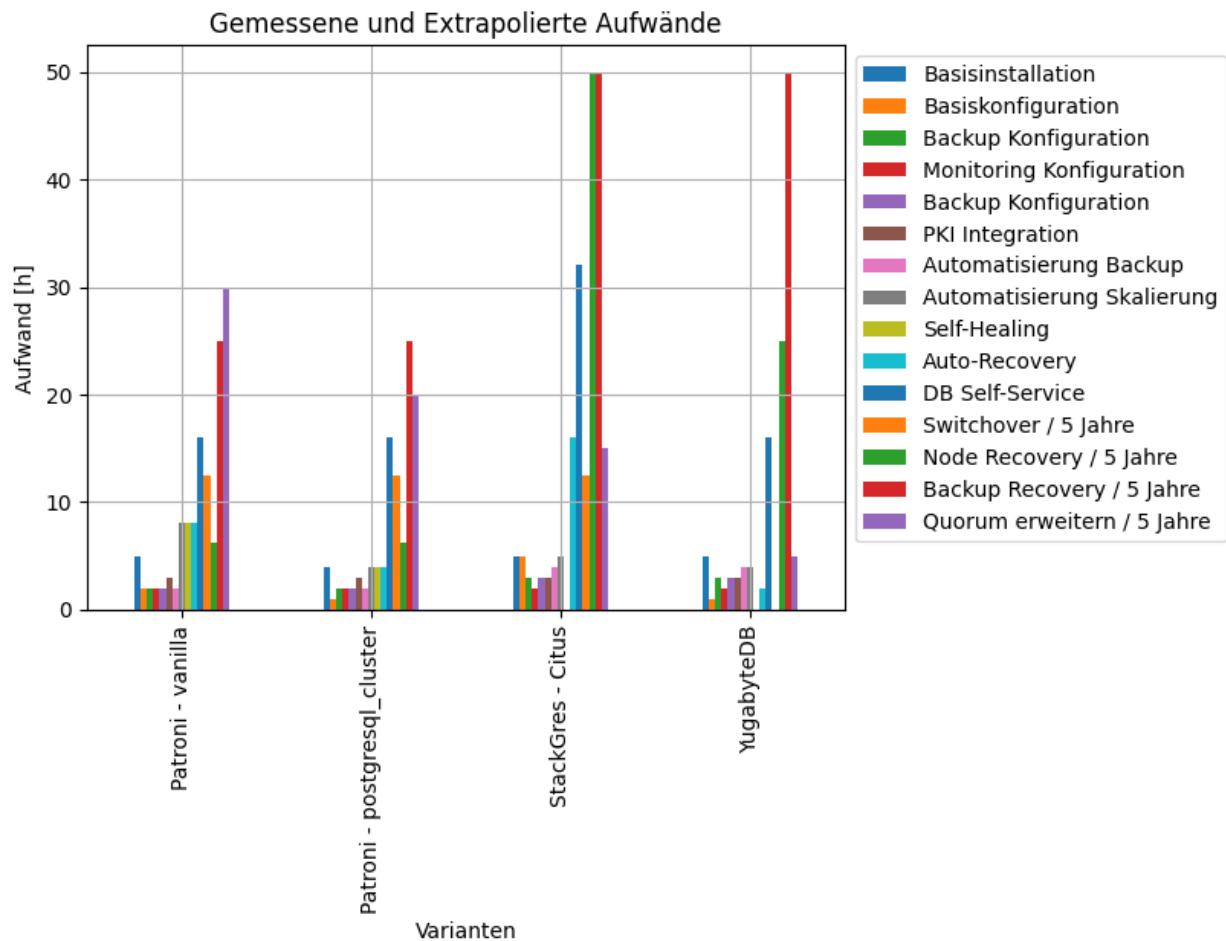
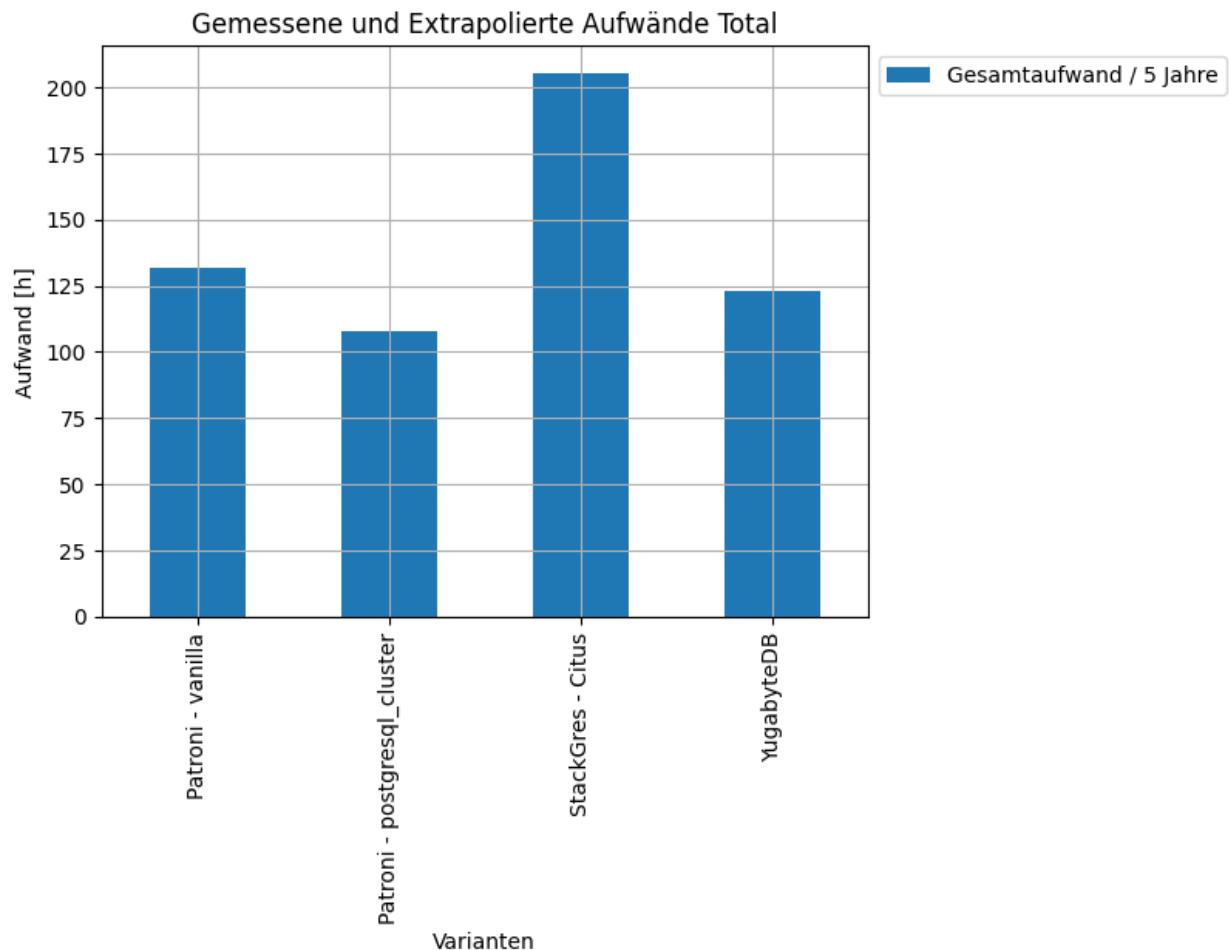


Abbildung 3.51: Zeitaufwände

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



### 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:

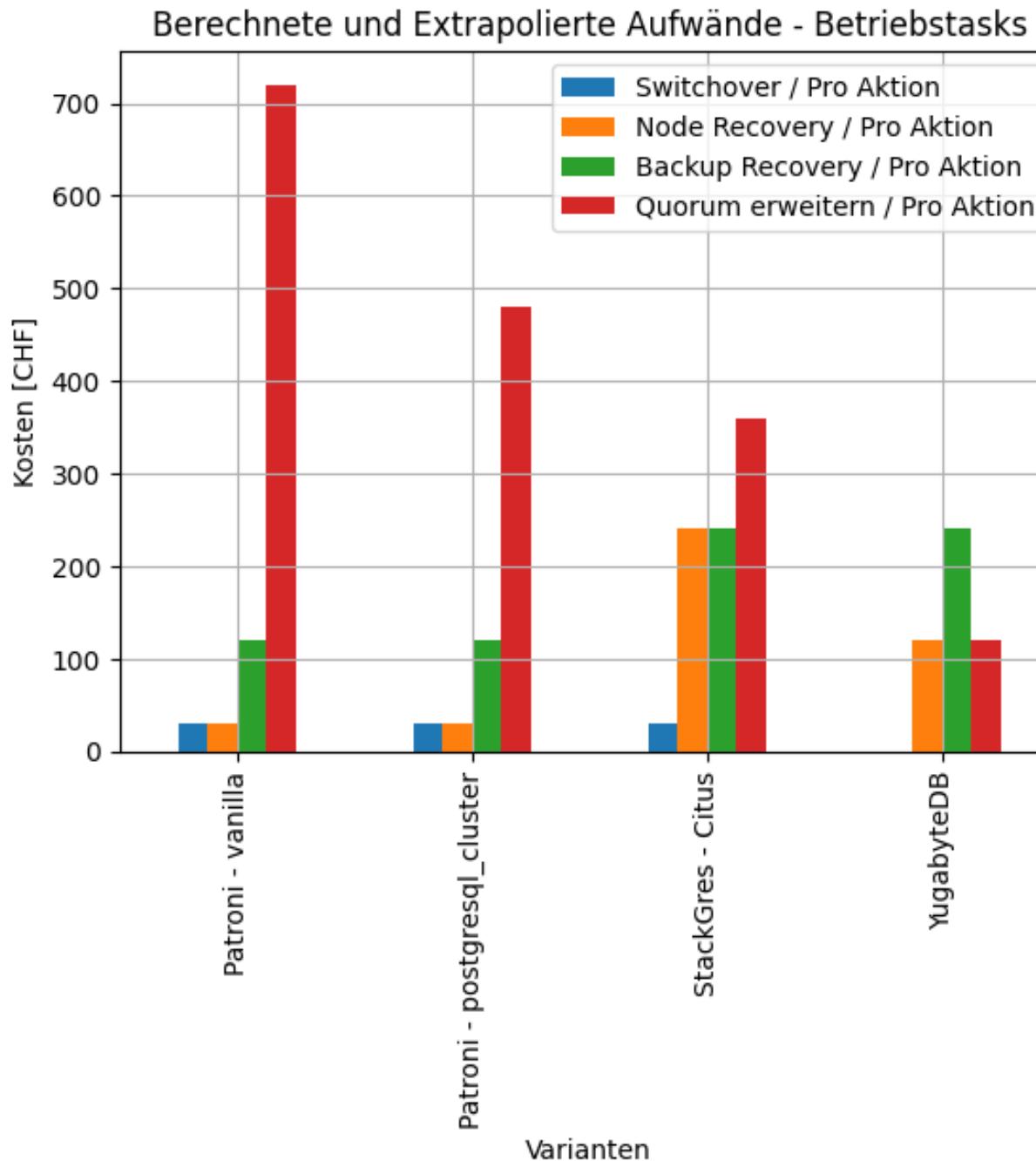


Abbildung 3.53: Kostenaufwände pro Betriebstask

Entsprechend entstehen ist auf fünf Jahre verteilt, mit folgenden Kosten zu rechnen:

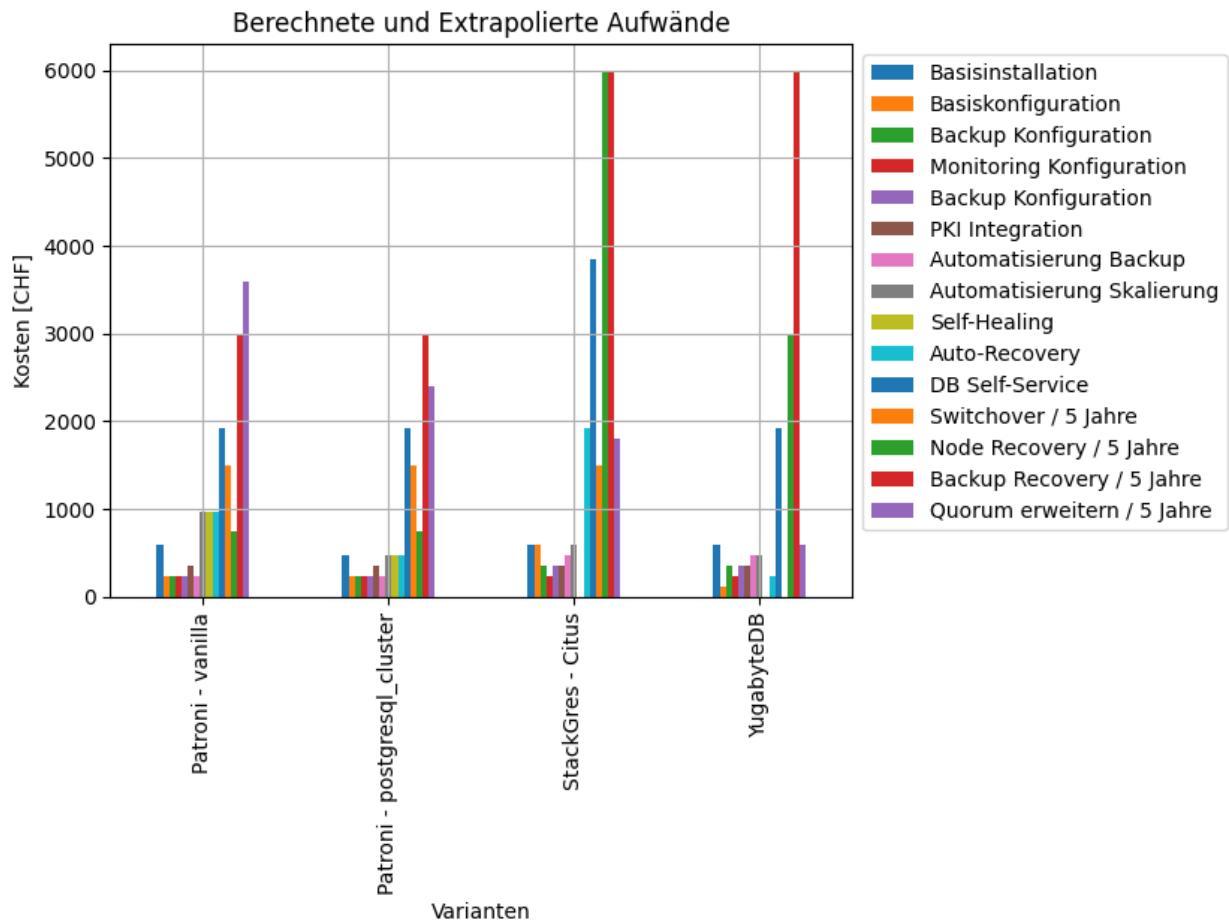


Abbildung 3.54: Kostenaufwände

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

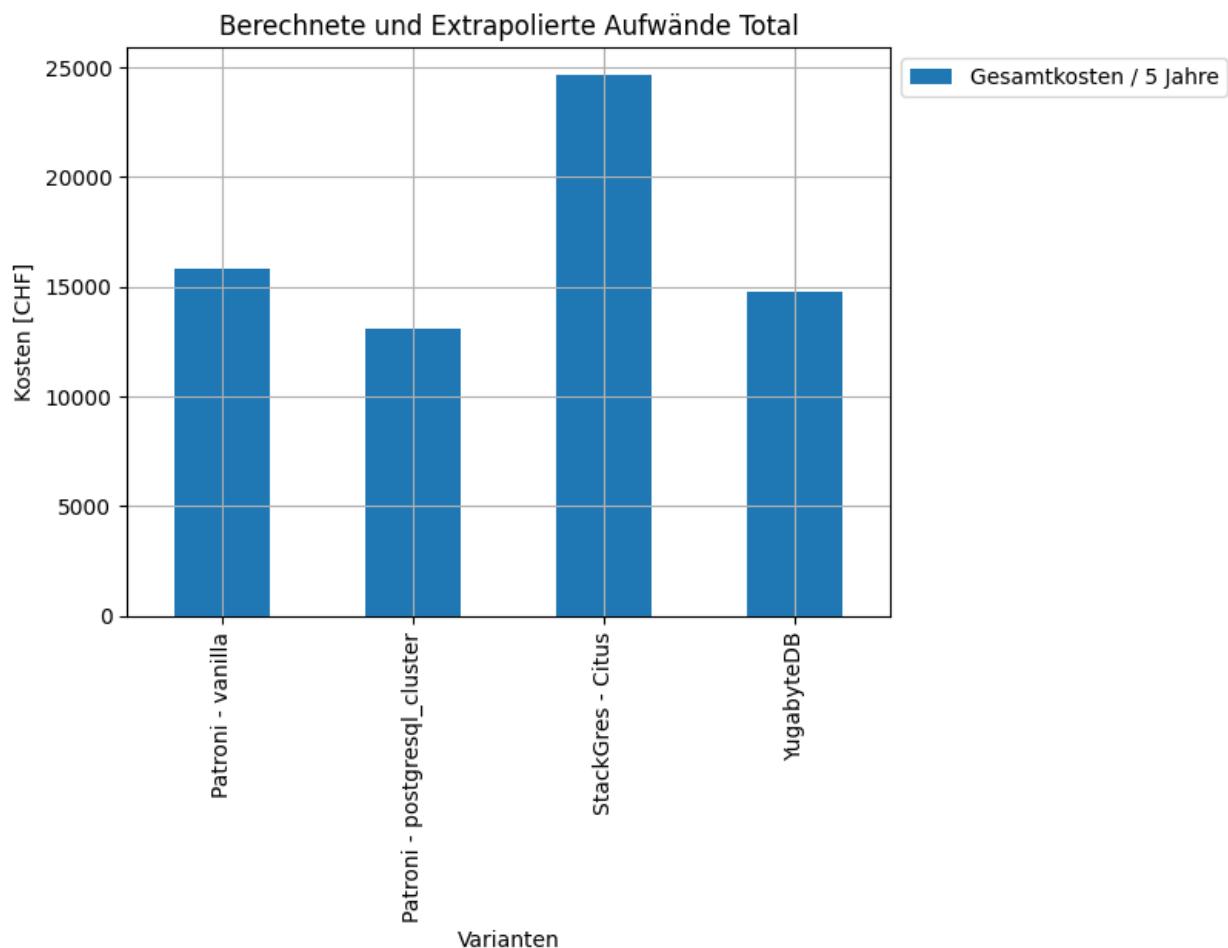


Abbildung 3.55: Kostenaufwände Total

### 3.1.9.2.5 Schlussfolgerung

### 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:

## Diplomarbeit

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

■ berechnete Felder  
 ■ Zellbezüge  
 ■ Eingabefelder

Rang	1	Rang	3	Rang	4	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 relativ Tiefen Installationskosten und der schnellen erweiterungen.

Da dass 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

■ berechnete Felder  
 ■ Zellbezüge  
 ■ Eingabefelder

Abbildung 3.57: Kosten-Nutzen-Ranking

Daraus ergibt sich, folgendes Diagramm:

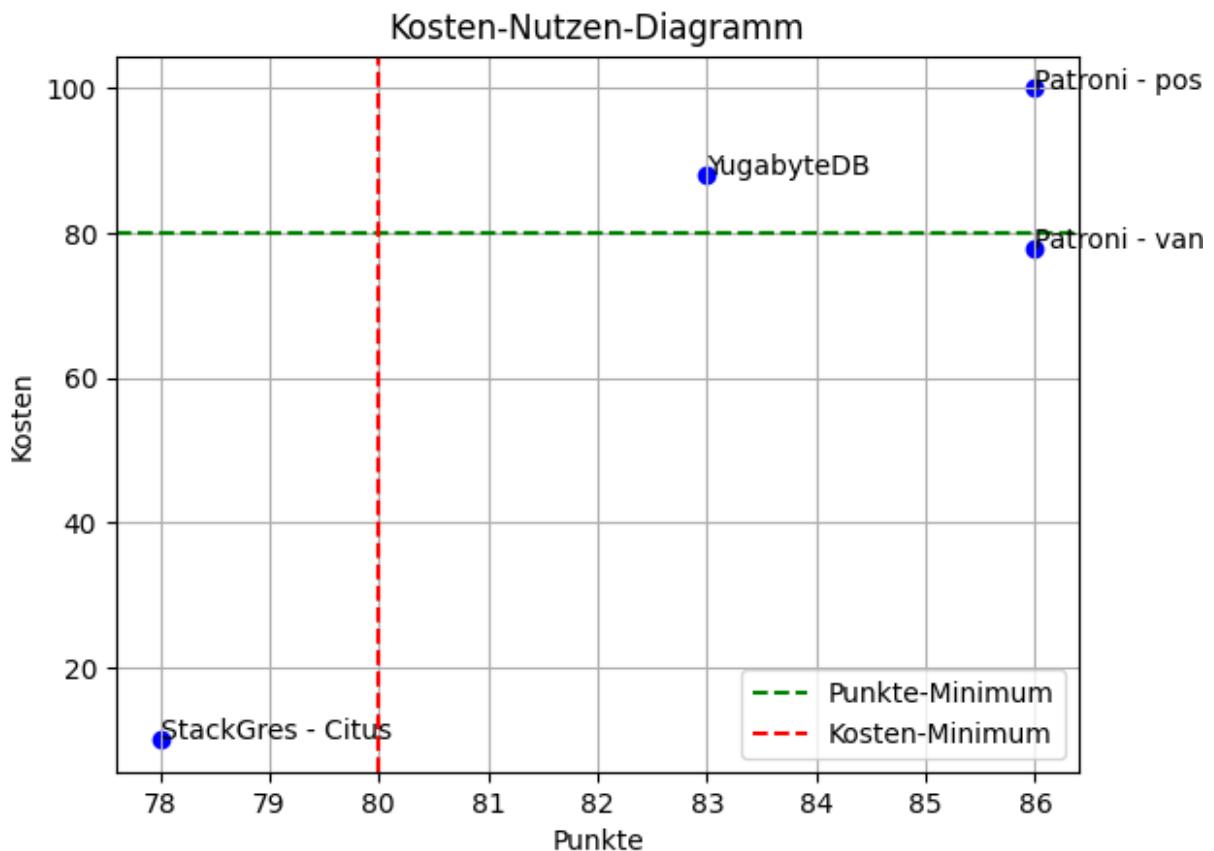


Abbildung 3.58: Kosten-Nutzen-Diagramm

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% 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).

## Diplomarbeit

### 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 3.18: Testsystem - Komponenten

Entsprechend sieht das Architektschema aus:

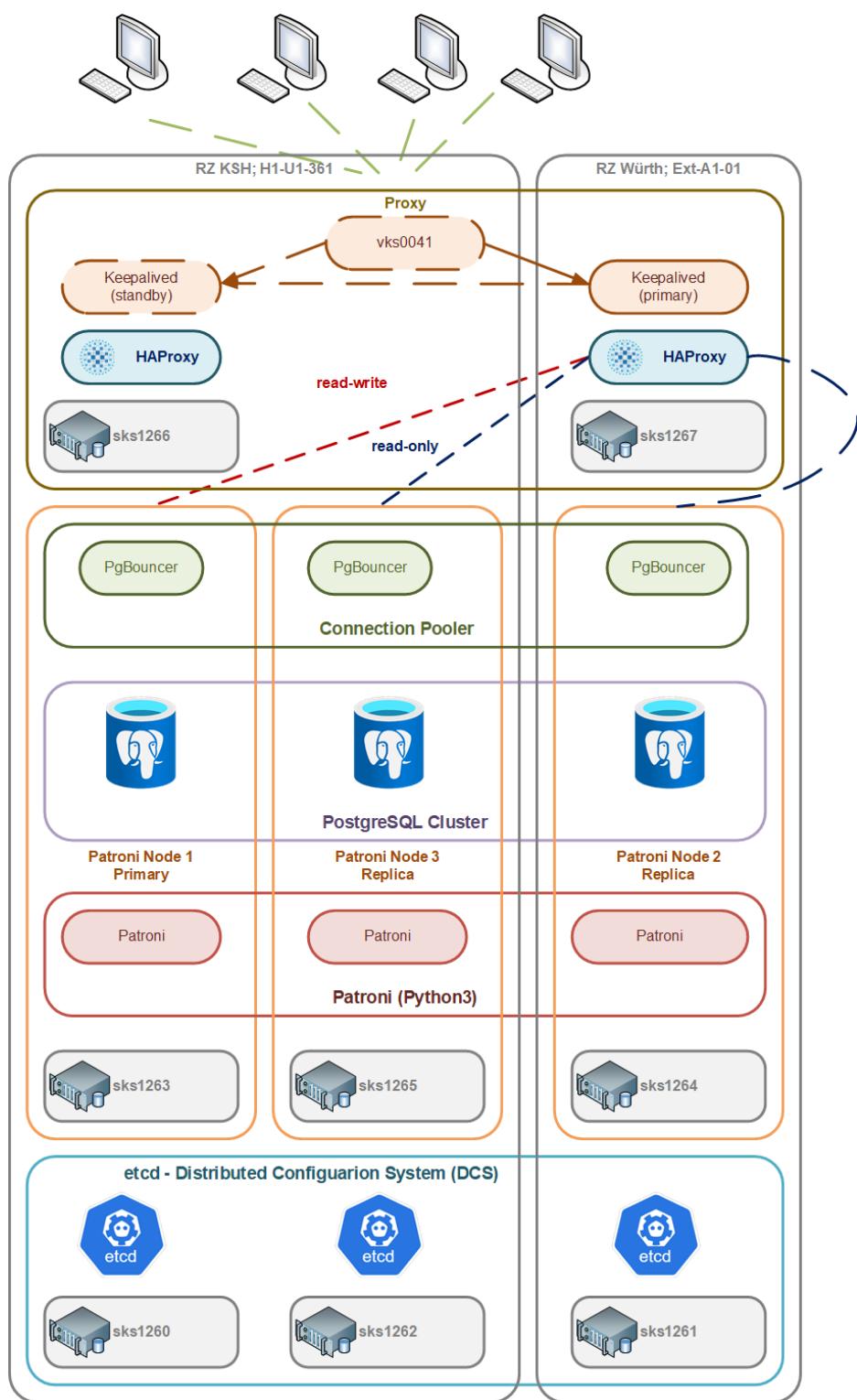


Abbildung 3.59: Testsystem - Architektur

Folgende Server stehen daher im Einsatz:

## Diplomarbeit

Server	Typ	Funktion	Full Qualified Device Name	Domain	IP
sk1260	Monolith	etcd Node 1	sk1260.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.170
sk1261	Monolith	etcd Node 2	sk1261.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.171
sk1262	Monolith	etcd Node 3	sk1262.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.172
sk1263	Monolith	Database Node 1	sk1263.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.173
sk1264	Monolith	Database Node 2	sk1264.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.174
sk1265	Monolith	Database Node 3	sk1265.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.175
sk1266	Monolith	Pooler / Proxy Node 1	sk1266.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.176
sk1267	Monolith	Pooler / Proxy Node 2	sk1267.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.177
vks0041	Monolith	VirtualIP	vks0041.ksgr.ch	ksgr.ch	10.0.22.178

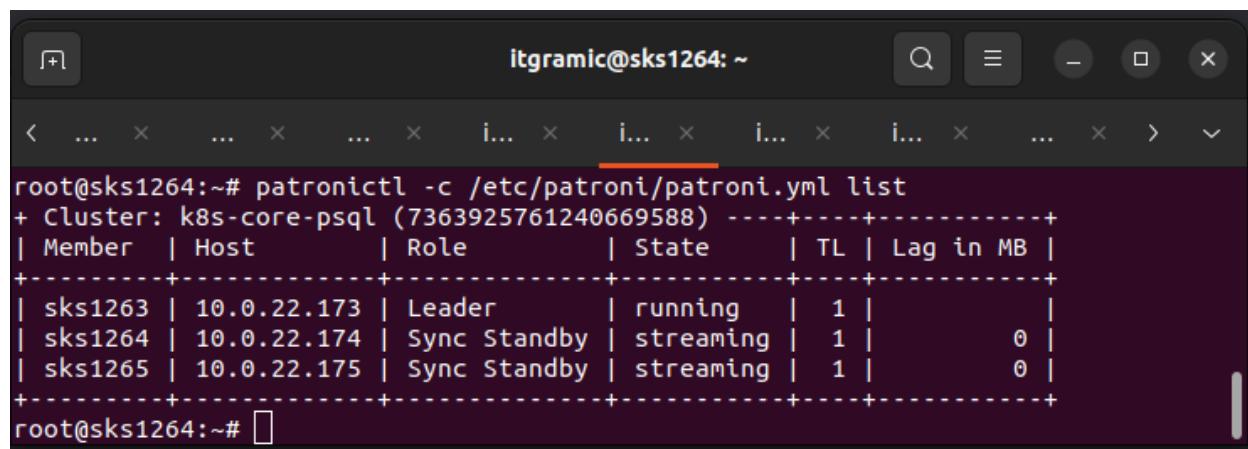
Tabelle 3.19: Testsystem - Inventar

### 3.2.2 Bereitstellen der Grundinfrastruktur

### 3.2.3 Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster

### 3.2.4 Technical Review der Umgebung

Die beiden Patroni-Nodes sks1264 und sks1265 sind Sychrone Replicas und der sks1263 ist der Primary:

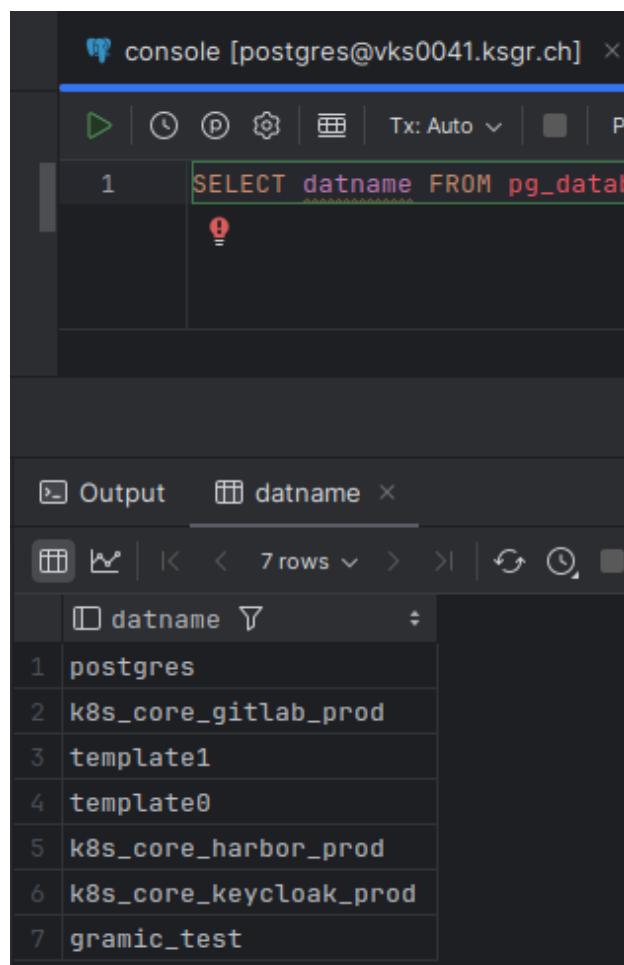


```
root@sk1264:~# patronictl -c /etc/patroni/patroni.yml list
+ Cluster: k8s-core-psql (7363925761240669588) -----+
| Member | Host           | Role          | State       | TL | Lag in MB |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| sks1263 | 10.0.22.173 | Leader        | running     | 1  |             |
| sks1264 | 10.0.22.174 | Sync Standby | streaming   | 1  | 0           |
| sks1265 | 10.0.22.175 | Sync Standby | streaming   | 1  | 0           |
+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Abbildung 3.60: Technical Review - Patroni Nodes

Alle Datenbanken, die übergeben wurden, sind erstellt worden:

## Diplomarbeit

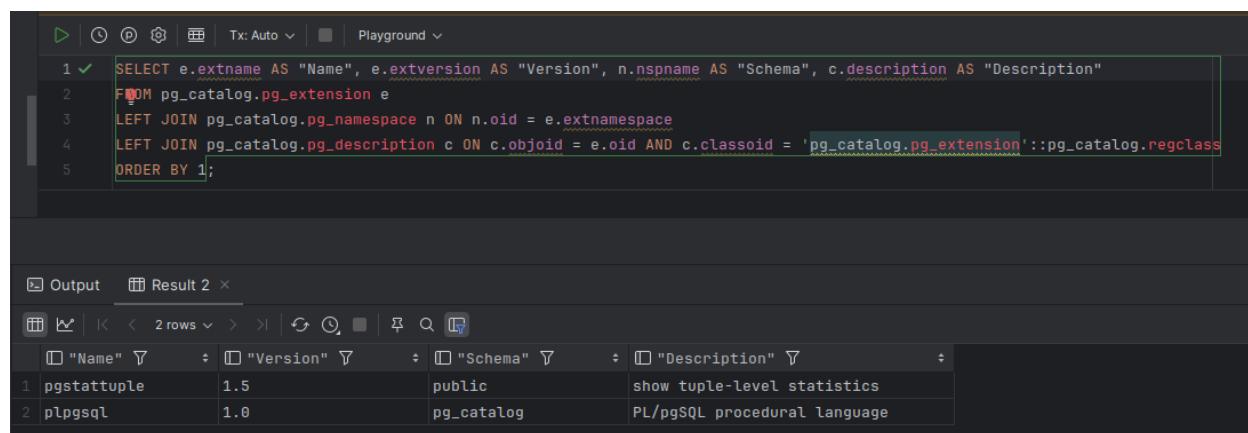


The screenshot shows a pgAdmin interface. In the top query editor window, the command `SELECT datname FROM pg_database` is entered. Below it, the results are displayed in a table titled "Output" with the column "datname". The table lists seven databases: postgres, k8s\_core\_gitlab\_prod, template1, template0, k8s\_core\_harbor\_prod, k8s\_core\_keycloak\_prod, and gramic\_test.

datname
postgres
k8s_core_gitlab_prod
template1
template0
k8s_core_harbor_prod
k8s_core_keycloak_prod
gramic_test

Abbildung 3.61: Technical Review - Datenbanken

Die Extensions wurden ebenfalls installiert:



The screenshot shows a pgAdmin interface with a query editor containing the following SQL code:

```

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;

```

Below the editor is an "Output" tab showing the results of the query. The results table has four columns: "Name", "Version", "Schema", and "Description". It contains two rows:

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

Abbildung 3.62: Technical Review - PostgreSQL Extensions

Die Rollen und User wurden erstellt:

## Diplomarbeit

```
postgres@vks0041.ksgr.ch
  >  postgres 3
    < Server Objects
      < roles 22
        pg_checkpoint
        pg_create_subscription
        pg_database_owner
        pg_execute_server_program
        pg_monitor
        pg_read_all_data
        pg_read_all_settings
        pg_read_all_stats
        pg_read_server_files
        pg_signal_backend
        pg_stat_scan_tables
        pg_use_reserved_connections
        pg_write_all_data
        pg_write_server_files
        pgbouncer
        postgres
        replicator
        xksgr_k8s_core_psql_backup
        xksgr_k8s_core_psql_monitor
        xksgr_sks1160_gitlab
        xksgr_sks1172_harbor
        xksgr_sks1195_kcsso
```

Abbildung 3.63: Technical Review - PostgreSQL User und Rollen

Die beiden HAproxy-Hosts `sks1266` und `sks1267` sind aktiv:



## Diplomarbeit

d	name	host	port	database	force_user	pool_size	min_pool_size	reserve_pool	pool_mode	max_connections	current_connections	paused	disab
0	gramic_test	/var/run/postgresql	5432	gramic_test		20	0	1		1000	0	0	0
0	k8s_core_gitlab_prod	/var/run/postgresql	5432	k8s_core_gitlab_prod		20	0	1		1000	0	0	0
0	k8s_core_harbor_prod	/var/run/postgresql	5432	k8s_core_harbor_prod		20	0	1		1000	0	0	0
0	k8s_core_keycloak_prod	/var/run/postgresql	5432	k8s_core_keycloak_prod		20	0	1		1000	0	0	0
0	pgbouncer		6432	pgbouncer	pgbouncer	2	0	0	statement	1000	0	0	0
0	postgres	/var/run/postgresql	5432	postgres		20	0	1		1000	1	0	0

(6 rows)

Abbildung 3.66: Technical Review - PgBouncer - Datenbanken

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

So hat der User `pgbouncer` keine Berechtigung, Lokal zuzugreifen.

Auch nicht auf die Lokale Datenbank `pgbouncer`.

Hierfür muss der User `postgres` verwendet werden:

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

Listing 3.28: PgBouncer - Connect

Die Abfrage der Tabellen wird dann mittels folgendem Command gemacht:

```
1 show databases;
```

Listing 3.29: PgBouncer - Databases

## 3.3 Testing

### 3.3.0.1 Testfälle

#### Failover

1. Der Server des Primary-Node wird manuell heruntergefahren.
2. Während dem Failover müssen Daten via SQL eingeführt und ausgelesen werden.
3. Vor dem Failover muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden, welche über den Failover läuft.

#### 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. Vor dem Switchover muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden, welche über den Switchover läuft.

## Diplomarbeit

### 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 mittels 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 dem Restore muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden und Daten via SQL eingeführt und ausgelesen werden.

### Ansible - Deploy

14. Mit Ansible kann der Patroni Cluster deployed werden.

### Ansible - Patroni Node Extend

15. Mit hilfe eines Ansible Playbooks kann ein Patroni Node angehängt werden.

### Ansible - HAProxy Node Extend

16. Mit hilfe eines Ansible Playbooks kann ein HAProxy Node angehängt werden.

#### 3.3.1 Protokollierung

#### 3.3.2 Review und Auswertung

#### 3.4 Maintenance-Tool

#### 3.5 Troubleshooting und Lösungsfindung

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

### Evaluation - Yugaware

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

## Diplomarbeit

### Evaluation - etcd für Patroni

Erst wurde versucht, drei etcd-Hosts auf Patroni zu installieren.

Dies führte zu einem Hostnamenskonflikt.

So wurde etcd auf den Stanbdalone 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 containider-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 mittels `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 mittels `pgbench` resp. `ysql_bench` mittels 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.

## Diplomarbeit

- Im Ansible `vars/main.yml` konnten Proxy-Settings gesetzt 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**
- 4.2 Schlussfolgerung**
- 4.3 Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten**
- 4.4 Persönliches Fazit**

## Abbildungsverzeichnis

1.1	Spitalregionen Kanton Graubünden[57]	1
1.2	Wahlkreise Kanton St. Gallen[84]	2
1.3	Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[51]	3
1.4	Organigramm Kantonsspital Graubünden	4
1.5	Organigramm Departement 10 - ICT	5
1.6	Datenbanken - Aufgeschlüsselt nach RDBMS	8
1.7	Datenbanken - Aufgeschlüsselt nach Betriebssystem	9
1.8	Risikomanagement PostgreSQL	13
1.9	Systemabgrenzung	19
1.10	Risikomanagement Projekt	25
1.11	Riskikomatrix - Assessment 21.03.2024	27
1.12	Riskikomatrix - Assessment 29.04.2024	29
2.1	Projektcontrolling	32
3.1	Sharding - Vertikale Partitionierung	35
3.2	Sharding - Horizontales Partitionierung	36
3.3	Monolithische vs. verteilte SQL Systeme	38
3.4	CAP-Theorem	40
3.5	Datenbankskalierung	41
3.6	Präferenzmatrix	45
3.7	Testing - ERD DB self_healing_test	48
3.8	Benchmark Settings - Zabbix - Systeminformationen	49
3.9	Benchmark Settings - Zabbix - Connections per Seconds	50
3.10	Benchmark Settings - Zabbix - Queries per Seconds	50
3.11	Benchmark Settings - Zabbix - Client Queries per Seconds	50
3.12	Benchmark Settings - Zabbix - DB Size	51
3.13	Benchmark Settings - Anzahl Records / Skalierungsfaktor	53
3.14	pg_auto_failover-Architektur - Single Standby	57
3.15	pg_auto_failover-Architektur - Multi-Node Standby	57
3.16	pg_auto_failover-Architektur - Citus	58
3.17	CloudNativePG - Kubernetes - PostgreSQL	59
3.18	CloudNativePG - Kubernetes - Read-write workloads	60
3.19	CloudNativePG - Kubernetes - Read-only workloads	60
3.20	Patroni-Architektur	63
3.21	Stackgres - Grundarchitektur	66

## Diplomarbeit

3.22 Citus - Coordinator und Workers . . . . .	67
3.23 Citus - Row-Based-Sharding . . . . .	67
3.24 Citus - Schema-Based-Sharding . . . . .	68
3.25 StackGres-Citus - Shard-Replikation . . . . .	69
3.26 YugabyteDB - Grundkonzept . . . . .	71
3.27 YugabyteDB - Architektur . . . . .	71
3.28 YugabyteDB - Sharding . . . . .	72
3.29 YugabyteDB - Tablet - Leader und Follower . . . . .	72
3.30 YugabyteDB - Tablet - Replikationsfaktor . . . . .	73
3.31 YugabyteDB - Zonen . . . . .	74
3.32 YugabyteDB - Zone outage Tolerance . . . . .	75
3.33 Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards . . . . .	77
3.34 Patroni - Evaluationsarchitektur . . . . .	78
3.35 Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur Benchmarking . . . . .	81
3.36 Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur Self Healing Tests . . . . .	81
3.37 Stackgres - Citus - Resourcen - Stack . . . . .	82
3.38 Stackgres - Citus - Datenbank - Cluster . . . . .	83
3.39 YugabyteDB - Evaluationsarchitektur . . . . .	88
3.40 YugabyteDB - Subscription Yugaware . . . . .	89
3.41 Benchmarking - ERD pgbench . . . . .	99
3.42 Benchmarks - tps . . . . .	101
3.43 Benchmarks - latency . . . . .	101
3.44 Benchmarks - tps Patroni Replica . . . . .	102
3.45 Benchmarks - latency Patroni Replica . . . . .	102
3.46 Benchmarks - Fehler bei mixed-Transaktionen . . . . .	103
3.47 Benchmarks - Initialisierungszeit - sekunden . . . . .	103
3.48 Benchmarks - Initialisierungszeit - Minuten . . . . .	104
3.49 Benchmarks - Initialisierungszeit - Stunden . . . . .	104
3.50 Zeitaufwände pro Betriebstask . . . . .	107
3.51 Zeitaufwände . . . . .	108
3.52 Zeitaufwände summiert . . . . .	109
3.53 Kostenaufwände pro Betriebstask . . . . .	110
3.54 Kostenaufwände . . . . .	111
3.55 Kostenaufwände Total . . . . .	112
3.56 Kosten-Nutzen-Analyse . . . . .	113
3.57 Kosten-Nutzen-Ranking . . . . .	113
3.58 Kosten-Nutzen-Diagramm . . . . .	114
3.59 Testsystem - Architektur . . . . .	116
3.60 Technical Review - Patroni Nodes . . . . .	117

## Diplomarbeit

3.61 Technical Review - Datenbanken . . . . .	118
3.62 Technical Review - PostgreSQL Extensions . . . . .	118
3.63 Technical Review - PostgreSQL User und Rollen . . . . .	119
3.64 Technical Review - HAProxy sks1266 . . . . .	120
3.65 Technical Review - HAProxy sks1267 . . . . .	120
3.66 Technical Review - PgBouncer - Datenbanken . . . . .	121
I CloudNativePG - Pulse . . . . .	xix
II CloudNativePG - Code Frequency . . . . .	xix
III CloudNativePG - Community Standards . . . . .	xx
IV CloudNativePG - Contributors Commits . . . . .	xx
V CloudNativePG - Contributors Deletations . . . . .	xxi
VI CloudNativePG - Contributors Additions . . . . .	xxi
VII CloudNativePG - Commit Activity . . . . .	xxi
VIII CloudNativePG - Network Graph . . . . .	xxii
IX Patroni - Pulse . . . . .	xxii
X Patroni - Code Frequency . . . . .	xxiii
XI Patroni - Community Standards . . . . .	xxiii
XII Patroni - Contributors Commits . . . . .	xxiv
XIII Patroni - Contributors Deletations . . . . .	xxiv
XIV Patroni - Contributors Additions . . . . .	xxiv
XV Patroni - Commit Activity . . . . .	xxv
XVI Patroni - Network Graph . . . . .	xxv
XVII Stackgres - Pulse . . . . .	xxvi
XVIII Citus - Pulse . . . . .	xxvi
XIX Stackgres - Code Frequency . . . . .	xxvi
XX Citus - Code Frequency . . . . .	xxvii
XXI Stackgres - Community Standards . . . . .	xxvii
XXII Citus - Community Standards . . . . .	xxviii
XXIII Stackgres - Contributors Commits . . . . .	xxviii
XXIV Stackgres - Contributors Deletations . . . . .	xxviii
XXV Stackgres - Contributors Additions . . . . .	xxix
XXVICitus - Contributors Commits . . . . .	xxix
XXVICitus - Contributors Deletations . . . . .	xxix
XXVICitus - Contributors Additions . . . . .	xxix
XXIX Stackgres - Commit Activity . . . . .	xxx
XXX Citus - Commit Activity . . . . .	xxx
XXXI Stackgres - Network Graph . . . . .	xxxi
XXXICitus - Network Graph . . . . .	xxxi

## Diplomarbeit

XXXI YugabyteDB - Pulse . . . . .	xxxii
XXXIV YugabyteDB - Code Frequency . . . . .	xxxii
XXXV YugabyteDB - Community Standards . . . . .	xxxiii
XXXVI YugabyteDB - Contributors . . . . .	xxxiii
XXXVII YugabyteDB - Commit Activity . . . . .	xxxiv
XXXVIII YugabyteDB - Network Graph . . . . .	xxxiv
XXXIX Aproxy - Web-GUI . . . . .	lxxvii
XL StackGres Testing - Node sks1184 down . . . . .	cx
XLI StackGres Testing - Pods Down . . . . .	cx
XLII StackGres Testing - Patroni Übersicht . . . . .	cxi
XLIII StackGres Testing - DB Zugriff . . . . .	cxii
XLIV StackGres Testing - Connection Timeout . . . . .	cxiii
XLV YugabyteDB - Too big clock skew is detected . . . . .	cxiv
XLVI YugabyteDB - Tablet Leader - No Lease . . . . .	cxv
XLVII YugabyteDB - CrashLoopBackOff . . . . .	cxv
XLVIII YugabyteDB - Too big clock skew is detected - tmaster . . . . .	cxvi
XLIX YugabyteDB - Too big clock skew is detected - tserver . . . . .	cxvii

## Tabellenverzeichnis

1.1 Inventarisierte Datenbanksysteme . . . . .	7
1.2 Datenbankinventar . . . . .	8
1.3 Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt . . . . .	9
1.4 Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken . . . . .	12
1.5 Administrative Aufgaben . . . . .	15
1.6 Automatisierung Administrativer Aufgaben . . . . .	16
1.7 Ziele . . . . .	17
1.8 Gegebene Systeme . . . . .	18
1.9 Abhängigkeiten . . . . .	21
1.10 Risiko-Matrix der Diplomarbeit . . . . .	23
1.11 Neu Erkannte / Erfasste Risiken . . . . .	26
1.12 Risiko-Assessment 21.03.2024 . . . . .	26
1.13 Risiko-Assessment 29.04.2024 . . . . .	28
2.1 Projektcontrolling . . . . .	31
2.2 Fachgespräche . . . . .	34
3.1 Quorum Beispiele . . . . .	39
3.2 Anforderungskatalog . . . . .	44
3.3 Stakeholder . . . . .	45
3.4 Benchmark Settings - Mixed Transaktionen . . . . .	51
3.5 Benchmark Settings - DQL Transaktionen . . . . .	51
3.6 Benchmark Settings - Skalierungsfaktoren . . . . .	52
3.7 Benchmark Settings - Datenbankgrößen / Skalierungsfaktor . . . . .	52
3.8 Benchmark Settings - Tabellengrößen / Skalierungsfaktor . . . . .	52
3.9 Vorauswahl - Ausgeschieden . . . . .	76
3.10 Vorauswahl - Evaluation . . . . .	76
3.11 Evaluationssyssteme . . . . .	77
3.12 Evaluationssysstem - Distributed SQL / Sharding . . . . .	77
3.13 Testresultate Evaluation Patroni . . . . .	95
3.14 Testresultate Evaluation StackGres - Citus . . . . .	96
3.15 Testresultate Evaluation YugabyteDB . . . . .	96
3.16 Kostenberechnung - Annahmen . . . . .	105
3.17 Gemessene und Extrapolierte Aufwände Bsp. . . . .	106
3.18 Testsystem - Komponenten . . . . .	115
3.19 Testsystem - Inventar . . . . .	117

## Diplomarbeit

I	Arbeitsrapport . . . . .	ii
II	Kommentare - Anmerkung . . . . .	xvii

## Listings

3.1	Patroni - etcd API V2 Error . . . . .	79
3.2	Patroni - etcd API V2 Enable . . . . .	79
3.3	Patroni - etcd3 Flag . . . . .	79
3.4	Patroni - Passwörter . . . . .	79
3.5	Patroni - Synchrone Replikation setzen . . . . .	80
3.6	StackGres - values.yaml - Extension proxyUrl . . . . .	84
3.7	StackGres - values.yaml - Extension Proxy . . . . .	84
3.8	StackGres-Citus - LoadBalancer -Annotation . . . . .	86
3.9	StackGres-Citus - StorageClass -PVC Binding . . . . .	86
3.10	StackGres-Citus - Instanz-Profile . . . . .	86
3.11	StackGres-Citus - StorageClass -PVC Binding . . . . .	87
3.12	StackGres-Citus - Cluster Profil . . . . .	87
3.13	metallb - Konfig YAML - Detail L2Advertisement . . . . .	89
3.14	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Image . . . . .	90
3.15	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail StorageClass . . . . .	90
3.16	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Resources . . . . .	90
3.17	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Replika . . . . .	91
3.18	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Disable YSQL . . . . .	91
3.19	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Domainname und Service-Endpoints . . . . .	92
3.20	local-path-provisioner nodePathMap . . . . .	92
3.21	local-path-provisioner nodePathMap Beispiel . . . . .	93
3.22	yugabyteDB - StorageClass nodeAffinity . . . . .	93
3.23	Patroni - Testing - Switchover . . . . .	94
3.24	Patroni - Testing - Reinit . . . . .	95
3.25	Patroni - Benchmarking - Monitoring . . . . .	97
3.26	Citus - Benchmarking - Distributed Table Sharding . . . . .	98
3.27	Citus - Benchmarking - Reference Table Sharding . . . . .	99
3.28	PgBouncer - Connect . . . . .	121
3.29	PgBouncer - Databases . . . . .	121
1	Proxy Settings . . . . .	xxxiv
2	rke2 server - Verzeichnis erstellen . . . . .	xxxv
3	rke2 server - config.yaml . . . . .	xxxv
4	rke2 server - cilium-config.yaml . . . . .	xxxv
5	rke2 server installieren . . . . .	xxxv

## Diplomarbeit

6	rke2 agenten installieren . . . . .	xxxvi
7	rke2 agent - config.yaml . . . . .	xxxvi
8	-rke2 agent service restart . . . . .	xxxvi
9	rke2 server proxy . . . . .	xxxvi
10	rke2 server proxy kopieren . . . . .	xxxvi
11	rke2 server cilium installieren . . . . .	xxxvi
12	rke2 server cilium aktivieren . . . . .	xxxvi
13	rke2 server starten . . . . .	xxxvi
14	iptables entries server . . . . .	xxxvii
15	rke2 server token . . . . .	xxxvii
16	local-path-storage auf Linux Bereitstellen . . . . .	xxxvii
17	local-path-provisioner definieren . . . . .	xxxvii
18	local-path-storage aktualisieren . . . . .	xxxviii
19	MetallB installieren . . . . .	xxxviii
20	MetallB konfigurieren . . . . .	xxxviii
21	MetallB Konfiguration einspielen . . . . .	xxxix
22	rke2 - 250GiB Disk mount . . . . .	xxxix
23	local-path-storage 250GiB auf Linux Bereitstellen . . . . .	xxxix
24	local-path-provisioner Grosse Volumes . . . . .	xl
25	local-path-storage 250GiB aktualisieren . . . . .	xli
26	yugabyteDB - StorageClass setzen . . . . .	xli
27	yugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren . . . . .	xli
28	yugabyteDB - Namespace . . . . .	xlii
29	yugabyteDB - Helm Chart Manifest . . . . .	xlii
30	yugabyteDB - Installation . . . . .	lii
31	yugabyteDB - Deinstallieren . . . . .	lii
32	yugabyteDB - StorageClass setzen . . . . .	lii
33	yugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume Grosse Volumes aktivieren . . . . .	liii
34	yugabyteDB - Namespace 250GiB . . . . .	liii
35	yugabyteDB - Helm Chart Manifest 250GiB . . . . .	liii
36	yugabyteDB - Cloud - Region - Zone . . . . .	lxii
37	yugabyteDB - Benchmarking - DB erstellen . . . . .	lxii
38	yugabyteDB - Benchmarking - Table Size . . . . .	lxii
39	YugabyteDB - Self Healing Tests - CREATE-SQL . . . . .	lxii
40	YugabyteDB - Self Healing Tests - Init Data . . . . .	lxiv
41	YugabyteDB - Self Healing Tests - Failover Data . . . . .	lxv
42	YugabyteDB - Self Healing Tests - Recovery Data . . . . .	lxv
43	sks9016 - Download YugabyteDB On-Premise . . . . .	lxvi
44	sks9016 - Installation YugabyteDB On-Premise . . . . .	lxvi

## Diplomarbeit

45	sks9016 - Check YugabyteDB On-Premise . . . . .	lxvi
46	Patroni - Firewall Settings . . . . .	lxvii
47	Patroni - Proxy Settings . . . . .	lxvii
48	Patroni - apt-Proxy Settings . . . . .	lxvii
49	Patroni - PostgreSQL einbinden . . . . .	lxviii
50	Patroni - Prerequisites installieren . . . . .	lxviii
51	Patroni - Stop Patroni und PostgreSQL . . . . .	lxviii
52	Patroni - Symlink binaries . . . . .	lxviii
53	Patroni - Checks . . . . .	lxviii
54	etcd - Installation . . . . .	lxviii
55	etcd - Konfiguration . . . . .	lxix
56	etcd - restart . . . . .	lxix
57	etcd - member list . . . . .	lxix
58	Patroni Bootstrap - Konfiguration bereinigen . . . . .	lxix
59	Patroni - Konfiguration - sks1232 . . . . .	lxix
60	Patroni - Konfiguration - sks1233 . . . . .	lxxi
61	Patroni - Konfiguration - sks1234 . . . . .	lxxiii
62	Patroni Bootstrap - pg_hba . . . . .	lxxiv
63	Patroni Bootstrap - Patroni-Verzeichnis . . . . .	lxxv
64	Patroni Bootstrap - Neu starten . . . . .	lxxv
65	Patroni Bootstrap - Disable PostgreSQL . . . . .	lxxv
66	HAproxy - Hostliste . . . . .	lxxv
67	HAproxy - Installation . . . . .	lxxv
68	HAproxy - Safe Alte Config . . . . .	lxxv
69	HAproxy - Konfiguration . . . . .	lxxv
70	HAproxy - Restart . . . . .	lxxvi
71	Patroni - 250GiB Disk mount . . . . .	lxxvii
72	Patroni - 250GiB Verzeichnisse . . . . .	lxxvii
73	Patroni - 250GiB Cluster Pause . . . . .	lxxviii
74	Patroni - 250GiB PostgreSQL stoppen . . . . .	lxxviii
75	Patroni - 250GiB move pg_wal . . . . .	lxxviii
76	Patroni - 250GiB chmod - chown pg_wal . . . . .	lxxviii
77	Patroni - 250GiB PostgreSQL - Patroni resume . . . . .	lxxviii
78	Patroni - 250GiB Finaler Check . . . . .	lxxviii
79	Patroni - 250GiB set Parameter . . . . .	lxxxi
80	Patroni - Benchmarking - DB erstellen . . . . .	lxxxii
81	Patroni - Benchmarking - DB Cleanup . . . . .	lxxxii
82	Patroni - Benchmarking - Tablespaces erneut erstellen . . . . .	lxxxii
83	Patroni - Self Healing Tests - CREATE-SQL . . . . .	lxxxii

## Diplomarbeit

84	Patroni - Self Healing Tests - Init Data . . . . .	Ixxxv
85	Patroni - Self Healing Tests - Failover Data . . . . .	Ixxxv
86	Patroni - Self Healing Tests - Recovery Data . . . . .	Ixxxvi
87	StackGres-Citus - StorageClass setzen . . . . .	Ixxxvi
88	StackGres-Citus - StorageClass / PersistentVolume aktivieren . . . . .	Ixxxvii
89	StackGres-Citus - Namespace . . . . .	Ixxxvii
90	StackGres-Citus - Helm Chart Manifest . . . . .	Ixxxvii
91	StackGres-Citus - Installation . . . . .	xciv
92	StackGres-Citus - Post-Installation . . . . .	xciv
93	StackGres-Citus - System Username . . . . .	xciv
94	StackGres-Citus - System Passwort . . . . .	xciv
95	StackGres-Citus - System Passwort Cleanup . . . . .	xcv
96	StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Coordinator . . . . .	xcv
97	StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Shard . . . . .	xcv
98	StackGres-Citus - Benchmarking - Instanz-Profil Deploy . . . . .	xcv
99	StackGres-Citus - Benchmarking - SGShardedCluster . . . . .	xcv
100	StackGres-Citus - Benchmark - Cluster Deploy . . . . .	xcvi
101	StackGres-Citus - Benchmark DB Passwort . . . . .	xcvi
102	StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGInstanceProfile Coordinator . . . . .	xcvi
103	StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGInstanceProfile Shard . . . . .	xcvii
104	StackGres-Citus - Self Healing Testing - Instanz-Profil Deploy . . . . .	xcvii
105	StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGShardedCluster . . . . .	xcvii
106	StackGres-Citus - Self Healing Testing - Cluster Deploy . . . . .	xcviii
107	StackGres-Citus - Self Healing Testing DB Passwort . . . . .	xcviii
108	StackGres-Citus - Deinstallieren . . . . .	xcviii
109	StackGres-Citus - StorageClass setzen . . . . .	xcviii
110	StackGres-Citus - StorageClass / PersistentVolume Grosse Volumes aktivieren . . . . .	xcix
111	StackGres-Citus - Namespace 250GiB . . . . .	xcix
112	StackGres-Citus - Installation 250GiB . . . . .	xcix
113	StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Coordinator 250GiB . . . . .	xcix
114	StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Shard 250GiB . . . . .	xcix
115	StackGres-Citus - Benchmarking - Instanz-Profil Deploy 250GiB . . . . .	c
116	StackGres-Citus - Benchmarking - SGShardedCluster 250GiB . . . . .	c
117	StackGres-Citus - Benchmark - Cluster Deploy 250GiB . . . . .	ci
118	StackGres-Citus - Self Healing Tests - CREATE-SQL . . . . .	ci
119	StackGres-Citus - Self Healing Tests - Init Data . . . . .	ciii
120	StackGres-Citus - Self Healing Tests - Failover Data . . . . .	civ
121	StackGres-Citus - Self Healing Tests - Recovery Data . . . . .	civ
122	YugabyteDB - Benchmarking-Commands . . . . .	civ

## Diplomarbeit

123	yugabyteDB - Benchmarking - Table Size SQL . . . . .	cvi
124	Patroni - Benchmarking-Commands . . . . .	cvi
125	Patroni - Benchmarking - Table Size SQL . . . . .	cvi
126	StackGres-Citus - Benchmarking-Commands . . . . .	cvi
127	StackGres-Citus - Benchmarking - Table Size SQL . . . . .	cix
128	Python LaTex - zotero.py - Zotero BibLaTex Importer . . . . .	cixviii
129	Python LaTex - zotero_bibtex_configuration.yaml - Konfigurationsdatei - Zotero Bi- bLaTex Importer . . . . .	cxxii
130	Python LaTex - zotero_biblatex_keystore.yaml - x-y-Achse Konfigurationsdatei - Zo- tero BibLaTex Importer . . . . .	cxxiii
131	Python LaTex - riskmatrix.py - Risikomatrizen . . . . .	cxxix
132	Python LaTex - riskmatrix_plotter_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Risikomatrizen	cxxxii
133	Python LaTex - riskmatrix_xy_axis_tuple_matrix.yaml - Konfigurationsdatei - Risi- komatrizen - X-Y-Achsen Tuples . . . . .	cxxxvi
134	Python LaTex - cost_benefit_diagram.py - Kosten-Nutzen-Diagramm . . . . .	cxxxvi
135	Python LaTex - cost_benefit_diagram_plotter_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Kosten- Nutzen-Diagramm . . . . .	cxxxviii
136	Python LaTex - pandas_dataframe_to_latex_table.py CSV - LaTex Tabelle . . . . .	cxxxix
137	Python LaTex - csv_to_latex_diplomarbeit.yaml - Konfigurationsdatei - CSV - LaTex- Tabelle . . . . .	cxlv
138	Python LaTex - pandas_data_chart_plotter.py CSV - Diagramm . . . . .	clxiii
139	Python LaTex - pandas_data_chart_plotter_conf.yaml - Konfigurationsdatei - CSV - Diagramme . . . . .	clxvii

## Literatur

- [1] *About pgbench-tools.* <https://github.com/gregs1104/pgbench-tools>. original-date: 2010-02-17T13:33:28Z. 2023.
- [2] Satyadeep Ashwathnarayana und Inc. Netdata. *How to monitor and fix Database bloats in PostgreSQL? | Netdata Blog.* <https://blog.netdata.cloud/postgresql-database-bloat/>. 2022.
- [3] unknown author. *#1 Backup-Lösung für Kubernetes.* <https://www.veeam.com/de/kubernetes-native-backup.html?ck=1697900263871>.
- [4] unknown author. *API Reference - CloudNativePG.* <https://cloudnative-pg.io/documentation/1.22/cloudnative-pg.v1/>.
- [5] unknown author. *API reference (for YSQL and YCQL).* <https://docs.yugabyte.com/preview/api/>.
- [6] unknown author. *Architecture Basics — pg\_auto\_failover 2.0 documentation.* <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/architecture.html>.
- [7] unknown author. *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).
- [8] unknown author. *Benefits of using YugabyteDB.* <https://docs.yugabyte.com/preview/features/>. Section: preview.
- [9] unknown author. *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).
- [10] unknown author. *Cilium - Cloud Native, eBPF-based Networking, Observability, and Security.* <https://cilium.io>.
- [11] unknown author. *Citus Replication Model: Today and Tomorrow - Replication Groups.* <https://www.citusdata.com/blog/2016/12/15/citus-replication-model-today-and-tomorrow/>.
- [12] unknown author. *Citus Support — pg\_auto\_failover 2.0 documentation.* <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/citus.html>.
- [13] unknown author. *CLIs and command line tools.* <https://docs.yugabyte.com/preview/admin/>.
- [14] unknown author. *CloudNativePG - Main Features.* <https://cloudnative-pg.io/documentation/1.22/#main-features>.
- [15] unknown author. *Cluster Management - Citus 12.1 documentation - worker-node-failure.* [https://docs.citusdata.com/en/v12.1/admin\\_guide/cluster\\_management.html#worker-node-failure](https://docs.citusdata.com/en/v12.1/admin_guide/cluster_management.html#worker-node-failure).

## Diplomarbeit

- [16] unknown author. *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).
- [17] unknown author. *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).
- [18] unknown author. *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).
- [19] unknown author. *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).
- [20] unknown author. *EDB-Home*. <https://enterprisedb.com/>.
- [21] unknown author. *Envoy proxy - home*. <https://www.envoyproxy.io/>.
- [22] unknown author. *etcd*. <https://etcd.io/>.
- [23] unknown author. *Features - StackGres Documentation*. <https://stackgres.io/doc/latest/features/>.
- [24] unknown author. *HAProxy Documentation Converter*. <https://docs.haproxy.org/>.
- [25] unknown author. *HAProxy version 2.9.6 - Starter Guide*. <https://docs.haproxy.org/2.9/intro.html#3.2>.
- [26] unknown author. *Helm*. <https://helm.sh/>.
- [27] unknown author. *Introduction | RKE2*. <https://docs.rke2.io/>. 2024.
- [28] unknown author. *Introduction to Cilium & Hubble — Cilium 1.15.3 documentation*. <https://docs.cilium.io/en/stable/overview/intro/#what-is-cilium>.
- [29] unknown author. *Manual Pages — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/ref/manual.html>.
- [30] unknown author. *MetallLB provides Services with IP Addresses but doesn't ARP for the address · Issue #1154 · metallb/metallb*. <https://github.com/metallb/metallb/issues/1154>.
- [31] unknown author. *MetallLB, bare metal load-balancer for Kubernetes*. <https://metallb.universe.tf/>.
- [32] unknown author. *Multi-node Architectures — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/architecture-multi-standby.html>.
- [33] unknown author. *Percona Software for PostgreSQL*. <https://www.percona.com/postgresql-software>.
- [34] unknown author. *PgBouncer - lightweight connection pooler for PostgreSQL*. <https://www.pgbouncer.org/>.

- [35] unknown author. *Problem with 08P01: server conn crashed? · Issue #714 · pgbouncer/pgbouncer*. <https://github.com/pgbouncer/pgbouncer/issues/714>.
- [36] unknown author. *Replication in DocDB - Zone Fault Tolerance*. <https://docs.yugabyte.com/preview/architecture/docdb-replication/replication/>. Section: preview.
- [37] unknown author. *Support and Services for PostgreSQL*. <https://www.percona.com/postgresql/support-and-services>.
- [38] unknown author. *Tuning PostgreSQL with pgbench*. <https://www.cloudbees.com/blog/tuning-postgresql-with-pgbench>. 2017.
- [39] unknown author. *YB-TServer service*. <https://docs.yugabyte.com/preview/architecture/concepts/yb-tserver/>. Section: preview.
- [40] GitLab B.V. und GitLab Inc. *The DevSecOps Platform | GitLab*. <https://about.gitlab.com/>.
- [41] Fernando Laudares Camargos Avinash Vallarapu. *Tuning PostgreSQL for sysbench-tpcc*. <https://www.percona.com/blog/tuning-postgresql-for-sysbench-tpcc/>. 2018.
- [42] Alexandre Cassen und Read the Docs. *Introduction — Keepalived 1.2.15 documentation*. <https://keepalived.readthedocs.io/en/latest/introduction.html>. 2017.
- [43] Microsoft Corporation. *Azure SQL-Datenbank – ein verwalteter Clouddatenbankdienst | Microsoft Azure*. <https://azure.microsoft.com/de-de/products/azure-sql/database>. 2023.
- [44] Microsoft Corporation. *Datenbank-Software und Datenbankanwendungen | Microsoft Access*. <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/access>. 2023.
- [45] Microsoft Corporation. *Microsoft Data Platform | Microsoft*. <https://www.microsoft.com/de-ch/sql-server>.
- [46] Varun Dhawan und data-nerd.blog. *PostgreSQL-Diagnostic-Queries – data-nerd.blog*. <https://data-nerd.blog/2018/12/30/postgresql-diagnostic-queries/>.
- [47] Elektronik-Kompendium.de und Schnabel Schnabel. *SAN - Storage Area Network*. <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0906071.htm>. 2023.
- [48] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *DB-Engines Ranking*. <https://db-engines.com/en/ranking>.
- [49] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *relationale Datenbanken - DB-Engines Enzyklopädie*. <https://db-engines.com/de/article/relationale+Datenbanken?ref=RDBMS>.
- [50] The Linux Foundation. *Harbor*. <https://goharbor.io/>. 2023.
- [51] 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-spitaeler-kliniken/spitalzukunft.html>.

## Diplomarbeit

- [52] Git. *About - Git*. <https://git-scm.com/about>.
- [53] IBM Deutschland GmbH. *Was ist das CAP-Theorem? / IBM*. <https://www.ibm.com/de-de/topics/cap-theorem>. 2023.
- [54] IBM Deutschland GmbH. *Was ist OLAP? / IBM*. <https://www.ibm.com/de-de/topics/olap>.
- [55] Jedox GmbH. *Was ist OLAP? Online Analytical Processing im Überblick*. <https://www.jedox.com/de/blog/was-ist-olap/>. Section: Knowledge.
- [56] 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>.
- [57] 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/InstitutionenGesundeitswesens/Spitaeler/Dok%20Spitler/Kenndaten%202016%20Spit%C3%A4ler.pdf>.
- [58] The Pgpool Global Development Group. *What is Pgpool-II?* <https://www.pgpool.net/docs/44/en/html/intro-whatis.html>. 2023.
- [59] The PostgreSQL Global Development Group. *25.1. Routine Vacuuming*. <https://www.postgresql.org/docs/16/routine-vacuuming.html>. 2023.
- [60] The PostgreSQL Global Development Group. *pgbench*. <https://www.postgresql.org/docs/16/pgbench.html>. 2023.
- [61] 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> 2018.
- [62] Michael Haag. *Built-in Connection Manager Turns Key PostgreSQL Weakness into a Strength*. <https://www.yugabyte.com/blog/connection-pooling-management/>. 2023.
- [63] Inc. HashiCorp. *Terraform by HashiCorp*. <https://www.terraform.io/>.
- [64] Patrick Hunt, Mahadev Konar, Flavio P Junqueira und Benjamin Reed. „ZooKeeper: Wait-free coordination for Internet-scale systems“. In: (2010).
- [65] Splunk Inc. *Splunk / Der Schlüssel zu einem resilierten Unternehmen*. [https://www.splunk.com/de\\_de](https://www.splunk.com/de_de). 2023.
- [66] Sebastian Insaurti. *Scaling PostgreSQL for Large Amounts of Data*. <https://severalnines.com/blog/scaling-postgresql-large-amounts-data/>. 2019.
- [67] Shiv Iyer und MinervaDB. *PostgreSQL DBA Daily Checklist*. <https://minervadb.xyz/postgresql-dba-daily-checklist>. 2020.
- [68] jobinau/pg\_gather. [https://github.com/jobinau/pg\\_gather](https://github.com/jobinau/pg_gather). original-date: 2021-01-19T08:12:07Z. 2024.

## Diplomarbeit

- [69] Unmesh Joshi. *Quorum*. <https://martinfowler.com/articles/patterns-of-distributed-systems/quorum.html>. 2020.
- [70] Martin Keen und IBM Deutschland GmbH. *IBM Db2*. <https://www.ibm.com/de-de/products/db2>.
- [71] Pasha Kostohrys. *Database replication — an overview*. <https://medium.com/@pkostohrys/database-replication-an-overview-f7ade110477>. 2020.
- [72] Anatoli Kreyman. *Was ist eigentlich Splunk?* <https://www.kreyman.de/index.php/splunk/76-was-ist-eigentlich-splunk-big-data-platform-monitoring-security>.
- [73] 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>.
- [74] Red Hat Limited. *Was ist Ansible?* <https://www.redhat.com/de/technologies/management/ansible/what-is-ansible>.
- [75] 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>.
- [76] Switzerland Linuxfabrik GmbH Zurich. *Keepalived — Open Source Admin-Handbuch der Linuxfabrik*. <https://docs.linuxfabrik.ch/software/keepalived.html>. 2023.
- [77] Nico Litzel, Stefan Luber und Vogel IT-Medien GmbH. *Was ist Elasticsearch?* <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-elasticsearch-a-939625/>. 2020.
- [78] Hewlett Packard Enterprise Development LP. *Was ist SAN-Speicher? / Glossar*. <https://www.hpe.com/ch/de/what-is/san-storage.html>.
- [79] Julian Markwort. „Benchmarking four Different Replication Solutions“. In: () .
- [80] Sujoy Nath. *Database Connection Pool*. <https://medium.com/@sujoy.swe/database-connection-pool-2023>.
- [81] Diego Ongaro. „Consensus: Bridging Theory and Practice“. In: (2014) .
- [82] Bruno Queirós und LinkedIn Ireland Unlimited Company. *Postgresql replication with automatic failover*. <https://www.linkedin.com/pulse/postgresql-replication-automatic-failover-bruno-queiros-3c3b3s>. 2020.
- [83] Karthik Ranganathan. *Evolving Clock Sync in Distributed Databases / YugabyteDB*. <https://www.yugabyte.com/blog/evolving-clock-sync-for-distributed-databases/>. 2022.
- [84] 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/wahlen/Wahlkreise-im-Kanton-SG.html>.
- [85] Ed Reckers und SnapLogic Inc. *Was ist die Snowflake-Datenplattform?* <https://www.snaplogic.com/de/blog/snowflake-data-platform>. 2023.

## Diplomarbeit

- [86] IONOS SE. *Apache Cassandra: Verteilte Verwaltung großer Datenbanken.* <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/apache-cassandra-vorgestellt/>. 2021.
- [87] IONOS SE. *Datenbankmanagementsystem (DBMS) erklärt.* <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/datenbankmanagementsystem-dbms-erklaert/>. 2020.
- [88] IONOS SE. *MongoDB – die flexible und skalierbare NoSQL-Datenbank.* <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/mongodb-vorstellung-und-vergleich-mit-mysql/>. 2019.
- [89] IONOS SE. *SQLite: Die bekannte Programmzbibliothek im Detail vorgestellt.* <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/sqlite/>. 2023.
- [90] IONOS SE. *Terraform.* <https://www.ionos.de/digitalguide/server/tools/was-ist-terraform/>. 2020.
- [91] IONOS SE. *Was ist Redis? Die Datenbank vorgestellt.* <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/was-ist-redis/>. 2020.
- [92] IONOS SE. *Was ist SIEM (Security Information and Event Management)?* <https://www.ionos.de/digitalguide/server/sicherheit/was-ist-siem/>. 2020.
- [93] Naveed Shaikh. *It's All About Replication Lag in PostgreSQL.* <https://www.percona.com/blog/replication-lag-in-postgresql/>. 2023.
- [94] Sami Ahmed Siddiqui. *Distributed SQL 101.* <https://www.yugabyte.com/distributed-sql/>.
- [95] Inc. Snowflake. *Datenbanken, Tabellen und Ansichten – Überblick | Snowflake Documentation.* <https://docs.snowflake.com/de/guides-overview-db>.
- [96] 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).
- [97] Mahmut Can Uçanefe. *Pgbench Load Test.* <https://medium.com/@c.ucanefe/pgbench-load-test-166b2023>.
- [98] vitabaks/postgresql\_cluster. [https://github.com/vitabaks/postgresql\\_cluster](https://github.com/vitabaks/postgresql_cluster). original-date: 2019-06-04T13:26:17Z. 2024.
- [99] Rainer Züst. „Einstieg ins Systems Engineering“. In: (2002).

## **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 Programmentwicklung
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

## Diplomarbeit

PKI	Private 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-Source Automatisierungstool zur Provisionierung, Konfiguration, Deployment und Orchestrierung. Ansible verbindet sich auf die Zielgeräte und führt dort die hinterlegten Module aus. Oft werden die verschiedenen Aufgaben in einem Skript, in einem sogenannten Playbook geschrieben werden[74].. 18, 105, 120, 122, 124

**AUTOVACUUM** Der AUTOVACUUM Job räumt die Tablespaces und Data Files innerhalb von PostgreSQL sowie auf dem Filesystem nach Lösch- und Manipulations-Transaktionen auf, aktualisiert Datenbank interne Statistiken und verhindert Datenverlust von selten genutzten Datensätzen[59].. 16, 17, 48, lxxx

**Cassandra** Cassandra ist eine Spaltenorganisierte NoSQL-Datenbank die 2008 veröffentlicht[86] wurde.. 7, 70, 76

**CI/CD** Continuous Integration/Continuous Delivery bedeutet, dass Anpassungen kontinuierlich in die Entwicklungsumgebungen integriert und auf die Zielplattformen verteilt werden[75].. 143

**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[10, 28].. 89

**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 Seiten DB reduziert[80].. 115

**DBMS** Ein Database Management System regelt und organisiert die Datenbasis einer Datenbank[87].. 143

**DCS** Der DCS ist eine Kernkomponente von Patroni [19]. Realisiert wird der DCS bei Patroni mit Etcd.. 115, 144

**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.. 18

**Elasticsearch** Elasticsearch ist eine 2010 veröffentlichte Open-Source Suchmaschine die auf Basis von JSON-Dokumenten und einer NoSQL-Datenbank arbeitet[77].. 7

## Diplomarbeit

**etcd** etcd ist [22]. 62, 78, 79, 115, 145, ii, lxviii

**Failover** In einem Fehlerfall wird in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary ungeplant geswitched.. 17, 38, 39, 54, 146

**Foreman** Foreman ist ein Lifecycle Management und Provisioning System für Virtuelle und Physische Server. Ab Version 6 basierte der Red Hat Satellite auf Foreman. 18, 23, lxvii

**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[52, 96].. 146

**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[R398TJSHB, UL2FJNU].. 105, 112, 123, ii

**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[40].. 17, 54

**HAProxy** HAProxy [25]. 56, 61, 78

**Harbor** Harbor ist ein Open-Source-Tool zur Registrierung von Richtlinien rollenbasierten Zugriffssteuerung[50]. Harbor wird beim KSGR zur Verwaltung der Kubernetes-Plattform verwendet.. 17, 54

**helm** helm bietet mit seinen helm charts Paketressourcen, die das deployment von Kubernetes-Ressourcen erleichtert[26].. 83, xcix

**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.. 5, 9, 23, 143

**IBM DB2** IBM DB2 ist eine Relationale Datenbank[70] deren Vorläufer System-R von IBM zwischen 1975 und 1979 entwickelt wurde. DB2 selber wurde 1983 von IBM veröffentlicht.. 7, 40

**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[76, 42].. 54

## Diplomarbeit

**Key-Value-orientierte** Siehe Key-Value-Datenbank. 150

**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. 147, 148

**Key-Value-Store** Siehe Key-Value-Datenbank. 52, 70

**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.. 9, 18, 96, 114, 124, 143, 146

**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, 148

**local-path-provisioner** local-path-provisioner ist ein leichtgewichtiger Storage-Provider von Rancher. Er bietet den Applikationen einen persistenten Storage an.. 92, 94, 123

**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 wo 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, 9, 10, 53

**MetallLB** MetallLB 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 dass Pods direkt von Routern angesteuert werden können, ohne via Host gehen zu müssen[31].. 85, 89, 123

**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[43].. 7

**Microsoft Access** Access wurde 1992 veröffentlicht und ist Entwicklungsumgebung, Front- und Backend-Software und Relationale Datenbank in einem[44].. 7

## Diplomarbeit

**Microsoft SQL Server** MS SQL Server ist das RDBMS von Microsoft[45]. 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, 148

**MongoDB** MongoDB ist eine dokumentenorientierte NoSQL-Datenbank, die zum ersten Mal 2007 veröffentlicht wurde[88].. 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 Microsystem 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, 9, 53

**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, 145, 147, 148, 150

**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[55, 54]. OLAP-Systeme bieten eine Hochperformante Analyse grosser Datenmengen und sind oftmals zentraler Teil eines Data-Warehouses.. 7, 143

**Oracle Linux** Oracle Linux ist eine RHEL-Distribution der Firma Oracle und ist mit RHL Binär-kompatibel. 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.. 18

**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 erschienen Optimizer und mit der Version 9i 2001 erschienene Flashback-Funktionalität (die ein schnelles Online Recovery sowie einen Blick in die Vergangenheit ermöglichen) konnte Oracle sich stark von der Konkurrenz absetzen. Heute

## Diplomarbeit

gilt die Datenbank als erste Wahl, wenn es um Hochverfügbare Systeme, hohe Performance oder grosse Datenmengen geht.. 5, 7, 9, 40, 148

**PKI** . 114, 144

**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 OpenSource Datenbanken. Zudem besteht in vielen Bereichen eine gewisse Ähnlichkeit zu Oracles Oracle Database.. 5, 7, 9, 10, 15, 40, 54, 70

**PostgreSQL HA Cluster** Der HA Cluster des PostgreSQL Clusters. 17

**PostgreSQL Cluster** Ein PostgreSQL Cluster entspricht einer Instanz bei MS SQL oder einer Container Database wie Oracle.. 16, 17, 54, 149, lxxviii, lxxv, lxxx

**PRTG** Das Monitoring System Paessler Router Traffic Grapher der Firma Paessler wurde 2003 zum ersten Mal 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 vorhandenen Standard Sensoren nicht, können eigene Sensoren geschrieben werden. PRTG ist nicht Open-Source, man bezahlt anhand gewisser Sensor Packages.. 5, 16, 18, 143

**Quorum** In verteilten Systemen resp. Cluster muss sichergestellt werden, dass 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 [Unterabschnitt 3.1.1.4](#) wird genauer auf die Mechanik eines Quorums eingegangen. . 55, 146

**RDBMS** Ein RDBMS ist ein Datenbankmanagementsystem für eine Relationale Datenbank. Relationale Datenbanken sind tabellenorganisierte Datenmodelle, die auf Relationen aufbauen, deren Schemata sich normalisieren lassen. Dabei müssen Relationale Datenbanken dabei auch Mengenoperationen, Selektion, Projektion und Joins erfüllen, um als Relationale Datenbanken zu gelten[49].. 70, 143

**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.. 18

## Diplomarbeit

**Redis** Redis ist eine Key-Value-orientierte NoSQL In-Memory-Datenbank, dh. die Daten liegen Primär im Memory und nicht auf dem Storage[91]. Redis wurde 2009 zum ersten Mal veröffentlicht.. 7, 147

**rke2** rke2 ist eine Leichgewichtige Kubernetes Distribution, die alles notwendige mitbringt, um einen k8s Cluster zu betreiben[27].. 77, 84, 89, 97, 123

**Rocky Linux** Rocky Linux basierte auf der offen zugänglichen Linux Distribution CentOS welche RHEL Binärkompatibel war und gilt als inoffizieller Nachfolger von CentOS.. 18

**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[47, 78, 56]. 5, 18, 23, 100, 143

**SIEM** Ein sammelt Daten aus verschiedenen Netzwerkkomponenten oder Geräten von Agents oder Logs. Diese Daten werden permanent analysiert und mit einem definierten Regelwerk gegeprüft. Ziel ist es, verdächtige Events zu erkennen und einem Angriff zuvorzukommen oder ihn möglichst früh zu unterbinden[92].. 18, 114, 143

**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[95, 85]. 7

**Split-brain** Im Kapitel ?? werden die ursachen und folgenden eines Split-brains genauer besprochen. . 39, 149

**Splunk** Splunk ist Big Data Plattform, Monitoring- und Security-Tool in einem[65, 72]. . 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[89].. 7

**Switchover** In einem Maintenance-Fall in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary geplant geswitched.. 17

**SWOT-Analyse** Eine SWOT-Analyse soll die Stärken (Strengths), Schwächen (Weaknesses), Chancen (Opportunities) und Risiken (Threads) für ein Unternehmen oder ein Projekt aufzueigen. Anhand einer SWOT-Analyse werden i.d.R. anschliessend Strategien abgeleitet um mit den Stärken und Chancen die Schwächen und Risiken abzufangen oder anzumildern.. 143

**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[90, 63].. 18

## Diplomarbeit

**Transaktion** Eine Transaktion ist beinhaltet Schreib-, Lese-, Mutatations- oder Löschoperationen auf Daten.. 49, 51

**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.. 143

**VMware vSphere** Die vSphere® ist ein Typ-1 Hypervisor der Firma VMware® der eine Reihe leistungsstarker Tools und Funktionen mitbringt.. ii, xxxix, lxxvii

**VRRP** VRRP . 143, 146

**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.. 10, 18

### **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.

I                   **Arbeitsrapport**

# Diplomarbeit

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				
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				
11.03.2024	07:00	11:30	4.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Informationen Sammeln	pgpool II	pgpool II hat kein GitHub Repository. Das macht es unmöglich, diese Lösung mit all den anderen zu vergleichen.	Inkl. Aggregation und Pivot-Mechaniken	
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, vieles muss 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	Dokumentation erweitern	Zweiter Statusbericht verfassen			
17.03.2024	14:45	16:30	1.8	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	ACID Exkurs erfassen			
17.03.2024	19:30	20:00	0.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Listings sauber machen.			
17.03.2024	20:15	21:00	0.8	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Neue Listing-Sprache für yaml-Files erstellt, da noch einige folgen werden.			
18.03.2024	14:00	16:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Statusbericht 2 fertig Schreiben und Mail an Norman Süsstrunk senden			
18.03.2024	20:20	21:50	1.5	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	pgbench analysieren	Percona ist Dein Freund			
19.03.2024	08:00	10:00	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb				
19.03.2024	10:00	10:30	0.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Backup Anbindungen		Veeam Kast K10 wird nicht vor Angabe 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 organisieren				
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				
25.03.2024	13:00	14:45	2.8	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb	Anforderungen recht hoch. Es wird ein guillemotleftprivate container registry guillemotright verlangt. Das KSGR hat Harbor im Einsatz, allerdings ist dieses nicht für das Evaluationssetting gedacht.	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	Versuch, das Benchmarking via Cronjobs auszuführen	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				
03.04.2024	14:00	15:30	0.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Patroni Installation	Installation von Patroni begonnen.		apt-Proxy setzen	
09.04.2024	12:30	14:00	1.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	StackGres Installation				
10.04.2024	10:00	11:00	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Patroni Installation				
12.04.2024	12:30	14:45	2.2	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	StackGres Installation				
15.04.2024	18:00	20:00	2.0	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	rke2 - local-path-provisioner 250GiB	Versuch, grosse Volumes einzubinden	Extension Server nicht erreichbar	Proxy gesetzt und http erzwungen	
16.04.2024	13:00	16:00	3.0	Troubleshooting und Lösungsfindung	Troubleshooting und Lösungsfindung	rke2 - local-path-provisioner 250GiB	Versuch, grosse Volumes einzubinden	Extension Server nicht erreichbar	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	Alles landet auf einem Node		
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 Analyse von vitabaks/postgresql_cluster auf GitHub.			
19.04.2024	12:00	14:00:00:00	2.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	Analyse vitabaks/postgresql_cluster// Architektur	Aufbau analog ursprüngliche Evaluationsplattform von Patroni. Architektur entsprechend zeichnen.	etcd-Server bereitet Probleme	Vereinfachen soweit möglich	
19.04.2024	14:00	20:00	6.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Patroni Installation / Testing				
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	Prüfeneries umgesetzt. Snapshots auf VMware vSphere gesetzt.			
29.04.2024	07:00	09:00	2.0	Aufbau und Implementation Testsystem	Basisinfrastruktur	Anpassungen / Passwörter				



**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	...

## II.III Fachgespräch 27.03.2024

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 D D	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>	D/A		

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

#### Pendenzenliste

- Protokoll binnen 1-2 Wochen
- Vorschlag reduzierte Präferenzmatrix

### Nächster Termin:

Name der Sitzung	
Einreichung Traktanden inkl. Beilagen	
Versand Einladung	

Norman Süsstrunk  
 Experte  
 (Vorsitzender)

Michael Graber  
 Qualifikant  
 (Protokoll)



## III.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 veratw. Person	Michael Gruber	-	
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	Erließungsgrad
		in arbeit	60% 23.02.2024
			0% 26.02.2024
# Risiken	Auswirkungsgrad	Massnahmen	Verantw.
R-001 Fehlende Ressourcen	orange	Organisation und Selbstmanagement	
R-002 HP-UX Ablöseprojekt	rot	Ressourcen reservieren	
R-003 Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden	rot	Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren	
R-004 Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	orange	Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen	
Kostenübersicht	Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt: $\frac{100\text{ CHF}}{4} \cdot 200 = 24.000 \text{ CHF}$	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)			

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
<b>Gesamtprojekt</b>			
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
<b>Tätigkeiten vergangene Berichtsperiode</b>		<b>Tätigkeiten nächste Berichtsperiode</b>	
<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)		Status	
LO-001 Anforderungskatalog		Erliebigungsgrad	
LO-002 Vorbereiten Benchmarking		Soll Datum	
LO-003		60% 23.02.2024	
LO-004		0% 26.02.2024	
LO-005			
# Risiken		Auswirkungsgrad	
R-001 Fehlende Ressourcen		Massnahmen	
R-002 HP-UX Ablöseprojekt		Organisation und Selbstmanagement	
R-003 Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden		Ressourcen reservieren	
R-004 Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstorganisation		Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren	
Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen			
Kostenübersicht		Abhängigkeiten zu anderen Projekten	
Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt: 100 CHF + 2000 = 24.000 CHF		Massnahmen	
Anträge		Ressourcen reservieren	
Bemerkungen / Informationen		Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten	
Eingereicht		Bemerkungen/Auftrag PMO	
PL:	Geprüft		
Datum:	PMO:		
# erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)			

## III.II

### Status Report 2

PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation		ICT Projektstatusbericht 18.03.2024	
Projektbeschreibung	Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster	Priorität	-
ICT veratr. Person	Michael Gruber	PMA	-
			
Status	Ampel	Tendenz	Begründung
<b>Gesamtprojekt</b>			In Verzug. 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	
		Massnahmen	
		Ressourcen reservieren	
		Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten	
Bemerkungen / Informationen		Anträge	
Eingereicht		Bemerkungen/Auftrag PMO	
PL:	Geprüft		
Datum:	PMO:		
Datum:	Datum:		
# erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)			
LO-001 Anforderungskatalog			

Table 1: Zweiter Statusbericht

PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation		ICT Projektstatusbericht 18.03.2024			
Projektbeschreibung	Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster	Priorität	PMA		
ICT veratw. Person	Michael Gruber				
Status	Ampel	Tendenz	Begründung		
<b>Gesamtprojekt</b>			In vorzg. 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	■	↓			
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>		<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		offen			
LO-003 Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen		in Arbeit			
LO-004 Gegenüberstellung		offen			
LO-005 Variantenentscheid		offen			
LO-006 Aufbau Basisinfrastruktur Testsystem		offen			
# Risiken	Auswirkungsgrad	Massnahmen	Verantw.		
R-001 Fehlende Ressourcen	orange	Organisation und Selbstmanagement			
R-002 HP-UX Ablöseprojekt	rot	Ressourcen reservieren			
R-003 Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden	rot	Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren			
R-004 Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	orange	Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen			
R-005 Scope verlust während des Projekts	orange	Ziele klar definieren			
R-006 Scope Creep	orange	Ziele SMART definieren			
R-007 SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit	orange	Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten			
R-008 Foreman nicht betriebsbereit	orange	Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten			
Kostenübersicht Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt: $100 \text{ CHF h}^{-1} \cdot 200 = 20000 \text{ CHF}$		Abhängigkeiten zu anderen Projekten 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 PL: Datum:	Geprüft PMO: Datum:	Bemerkungen/Auftrag PMO			
# erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)					
LO-001 Anforderungskatalog					

Table 1: Zweiter Statusbericht

## III.III

### Status Report 3

PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation		ICT Projektstatusbericht 29.04.2024	
Projektbeschreibung	Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster	Priorität	-
ICT veratr. 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># nächste Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)</b>			
LO-006	Aufbau Basisinfrastruktur Testsystem	Status	Friedlungsgrad
LO-007	Installation Patroni PostgreSQL Cluster	In Arbeit	
LO-008	Technical Review Testsystem	offen	
LO-009	Testing	offen	
LO-010	Resultate	offen	
<b># Risiken</b>			
R-001	Fehlende Ressourcen	Auswirkungsgrad	Massnahmen
R-002	HP-UX Ablöseprojekt		Organisation und Selbstmanagement
R-003	Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden		Ressourcen reservieren
R-004	Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstorganisation		Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren
R-005	Scope Verlust während des Projekts		Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen
R-006	Scope Creep		Ziele klar definieren
R-007	SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit		Ziele SMART definieren
R-008	Foreman nicht betriebsbereit		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 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 PL: Datum:		Geprüft PMO: Datum:	
<b># erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)</b>			
LO-001	Anforderungskatalog	Bemerkungen/Auftrag PMO	
LO-002	Vorbereiten Benchmarking		
LO-003	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen		
LO-004	Gegenüberstellung		
LO-005	Variantenentscheid		

PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation		ICT Projektstatusbericht 29.04.2024	
Projektbeschreibung	Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster	Priorität	-
ICT vertrw. Person	Michael Gruber	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	
<b># Risiken</b>			
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		
R-008	Foreman nicht betriebsbereit		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		



#### IV      Kommentare / Anmerkungen

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> </ul> <p>Backups sind über das Weekend nicht durchgelaufen.</p>
KW12	<p>Die ganze Montagsplanung wurde über den Haufen geworfen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Besprechung bezüglich Backup.</li> </ul> <p>Veeam Kasten steht noch nicht zur Verfügung.</p> <ul style="list-style-type: none"> <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> </ul> <p>Freue mich darauf.</p>
KW12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle Gängigen PostgreSQL HA Lösungen dokumentiert. Aufwand für Die Dokumentation weit grösser als erwartet.</li> <li>- YugabyteDB entpuppt sich als recht fordernd.</li> </ul>
KW13	<p>Es benötigt eine «private container registry», mir fehlt die Expertise dazu.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Aufbau der Projektplanung entpuppt sich begrenzt nutzbar.</li> </ul> <p>Das erstellen der Evaluationsinfrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Problem mit dem «private container registry» rührte daher,</li> </ul>
KW13	<p>dass das YugabyteDB Anywhere (Repository <code>yugaware</code>) verwendet wurde.</p> <p>Kurz ein Schock, dass YugabyteDB ausgeschieden ist.</p>
KW13	<p>Später bemerkte ich, dass man das Repo <code>yugabytedb</code> auswählen muss.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MetalLB benötigt zwingend L2Advertisement,</li> </ul>
KW13	<p>damit Linux die Kommunikation von aussen nach innen leiten kann.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereits jetzt viel über Kubernetes, Ranger (ke2) und Helm gelernt.</li> </ul>



## V

**Evaluation**

## V.I

**Maintenance - CloudNativePG**

Das Projekt hat eine relativ hohe Anzahl an aktiven Issues, wobei viele neue dazugekommen sinned:

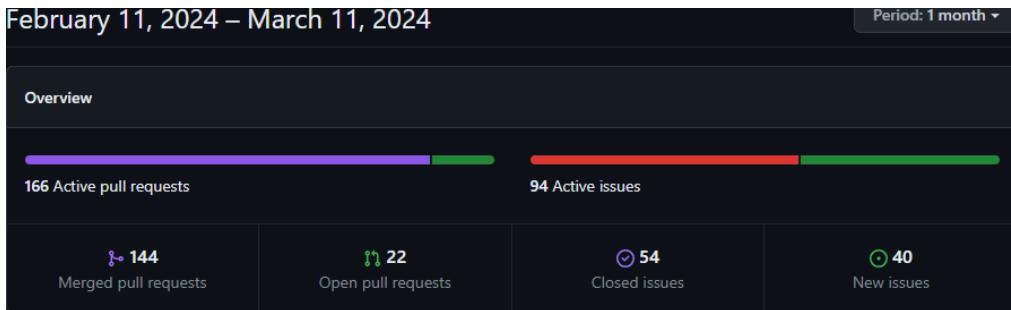


Abbildung I: CloudNativePG - Pulse

Der Code ist aber recht gut gepflegt, Code wird nicht nur regelmässig hinzugefügt, sondern auch entfernt. Auffällig ist, das im April 2022 eine grosse Menge Code entfernt wurde:

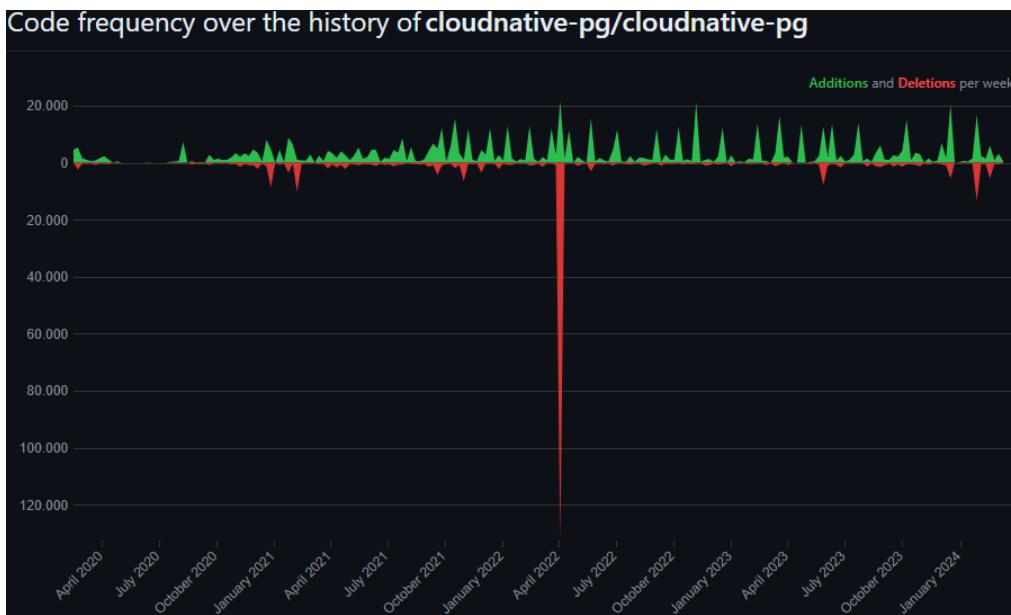


Abbildung II: CloudNativePG - Code Frequency

Das Projekt hält die meisten Standards von GitHub ein:

## Community Standards

Here's how this project compares to [recommended community standards](#).

### Checklist

- ✓ Description
- ✓ README
- ✓ Code of conduct
- ✓ Contributing
- ✓ License
- ✓ Security policy
- ✓ Issue templates
- Pull request template
- Repository admins accept content reports

Abbildung III: 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 dann zu grösseren Aufräumarbeiten kommt wie im April 2022.

Es kann der Eindruck gewonnen werden, dass der Code wenig aufgeräumt wird und viel Balast mit sich schleppst,

was ein Sicherheitsrisiko darstellen kann:

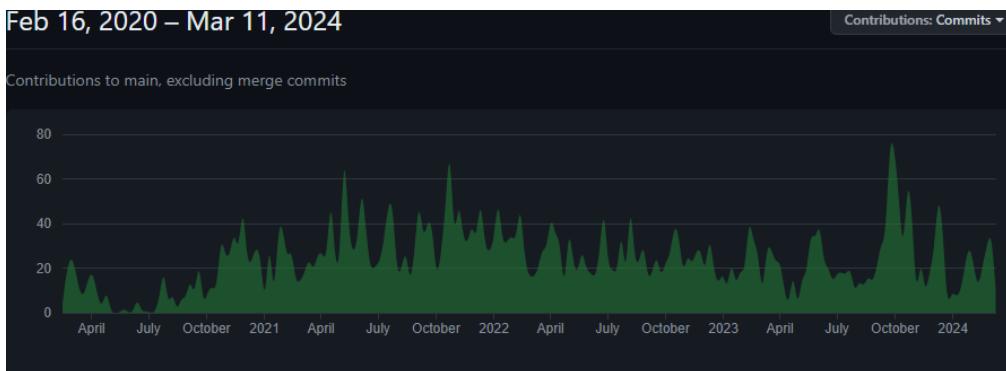


Abbildung IV: CloudNativePG - Contributors Commits



Abbildung V: CloudNativePG - Contributors Deletations

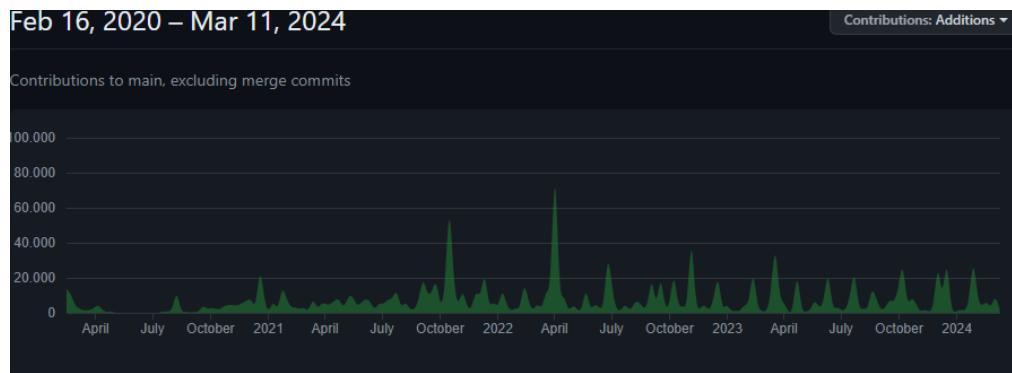


Abbildung VI: CloudNativePG - Contributors Additions

Commits werden regelmässig abgesetzt, allerdings gibt es immer wieder gehäufte Commits.  
 Oft um die Monatswechsel herum:



Abbildung VII: CloudNativePG - Commit Activity

Nebst dem Projekt cloudnative-pg der «© The CloudNativePG Contributors» ist CloudNativePG-Gründer EDB noch immer ein grosser Contributor.

## Network graph

Timeline of the most recent commits to this repository and its network ordered by most recently pushed to.

The repository network shows the 100 most recently pushed forks.

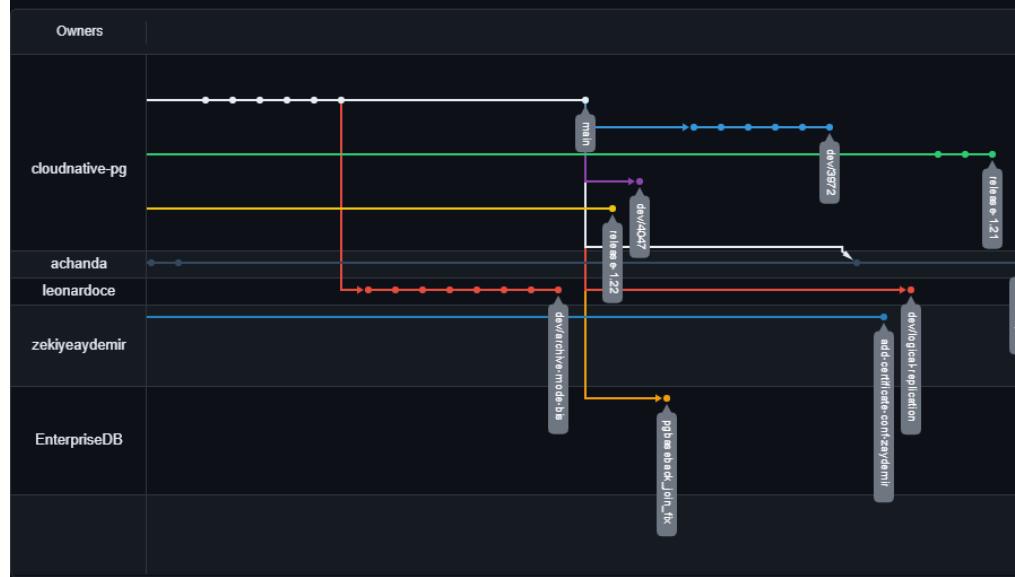


Abbildung VIII: CloudNativePG - Network Graph

## V.II Maintenance - Patroni

Patroni wird von Zalando regelmäßig gepflegt. Das Projekt hat eine überschaubare Anzahl an Issues, wird aber Regelmässig

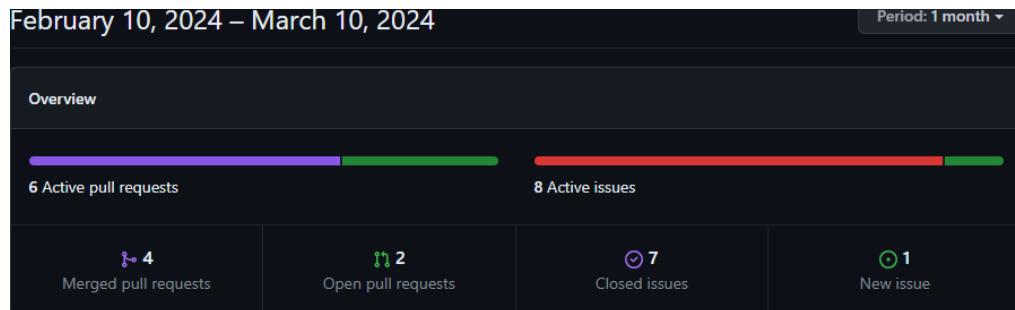


Abbildung IX: Patroni - Pulse

Code wird Regelmässig hinzugefügt und entfernt:

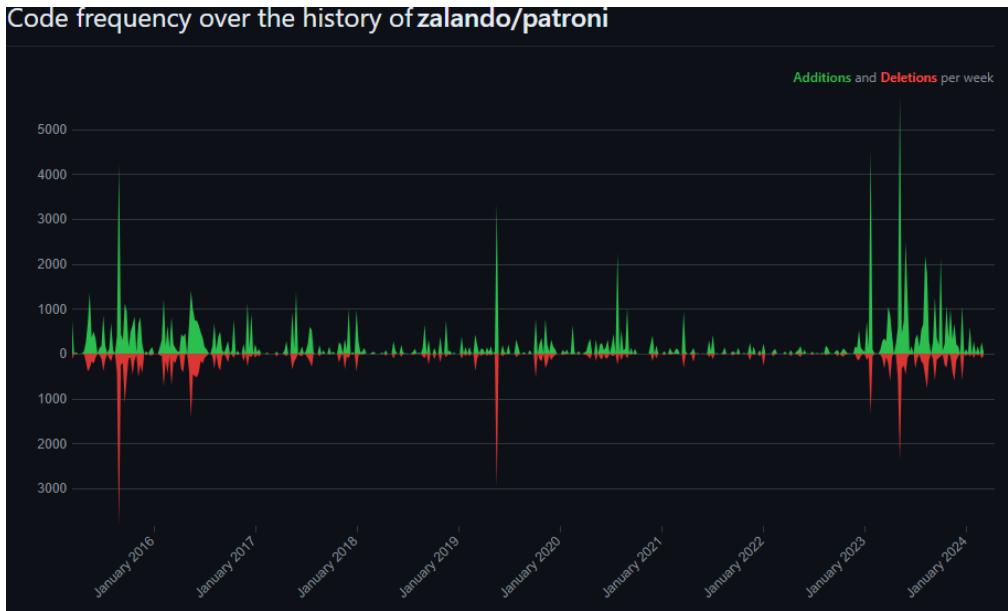


Abbildung X: Patroni - Code Frequency

Das Projekt hält auch die gängigen Standards auf Github ein:

Community Standards

Here's how this project compares to [recommended community standards](#).

Checklist

- ✓ Description
- ✓ README
- ✓ Code of conduct
- ✓ Contributing
- ✓ License
- Security policy Set up a security policy Propose
- ✓ Issue templates
- Pull request template
- Repository admins accept content reports

Abbildung XI: Patroni - Community Standards

Die Contributors commiten, löschen und erweitern Patroni Regelmässig:

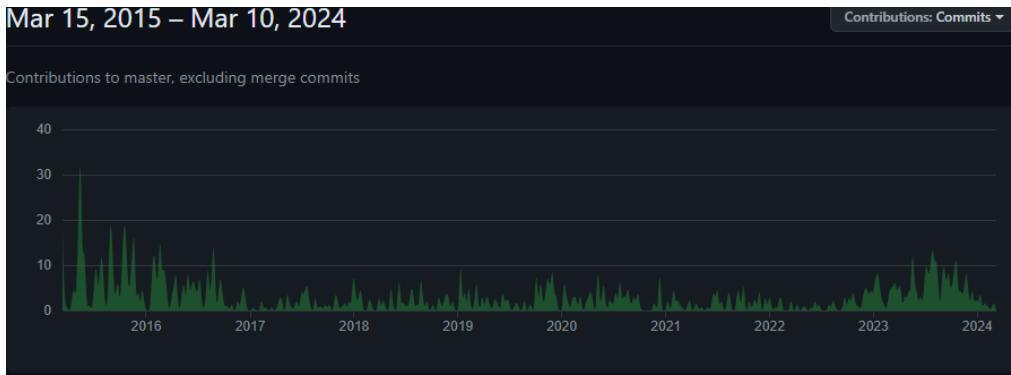


Abbildung XII: Patroni - Contributors Commits

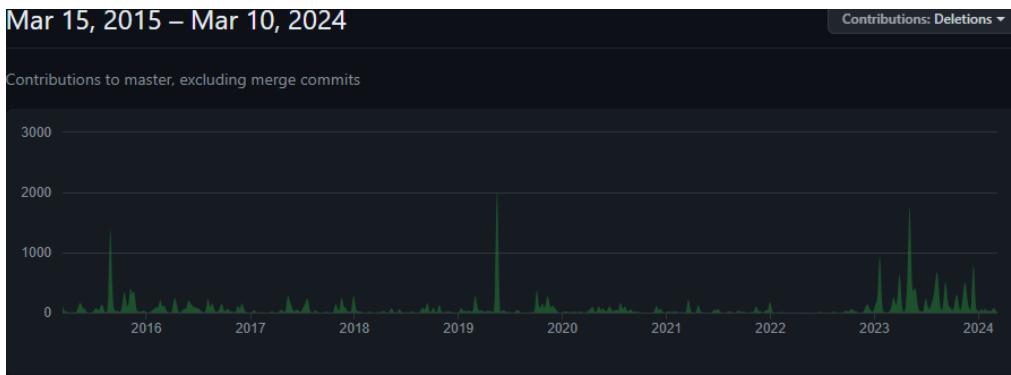


Abbildung XIII: Patroni - Contributors Deletations

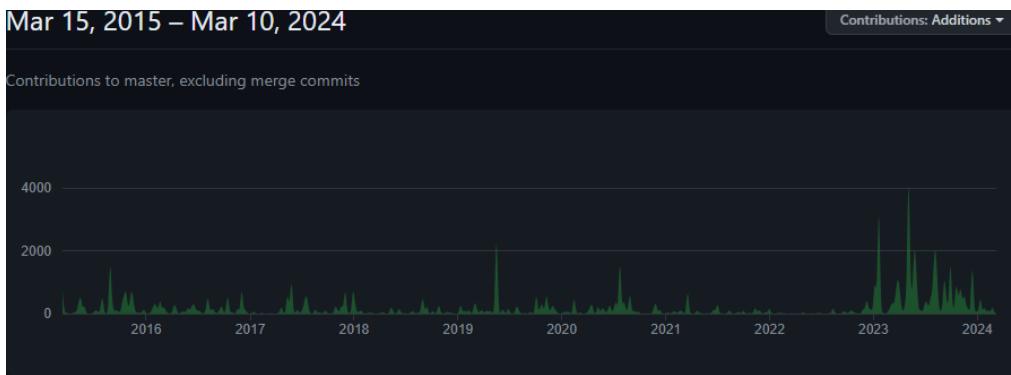


Abbildung XIV: Patroni - Contributors Additions

Commits werden nach wie vor immer noch Regelmässig eingespielt, auch wenn die Frequenz etwas nachgelassen hat:

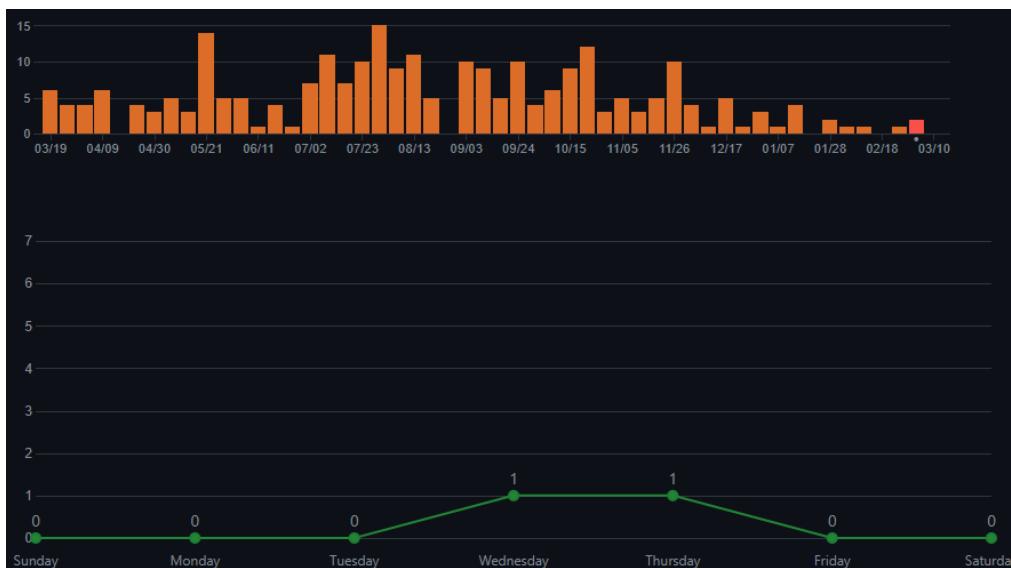


Abbildung XV: Patroni - Commit Activity

Nebst Zalando selbst hat auch EnterpriseDB [[LNF967SI](#)] ein grösseres Repository eingebunden. Dies weil EnterpriseDB stark auf Patroni setzt.

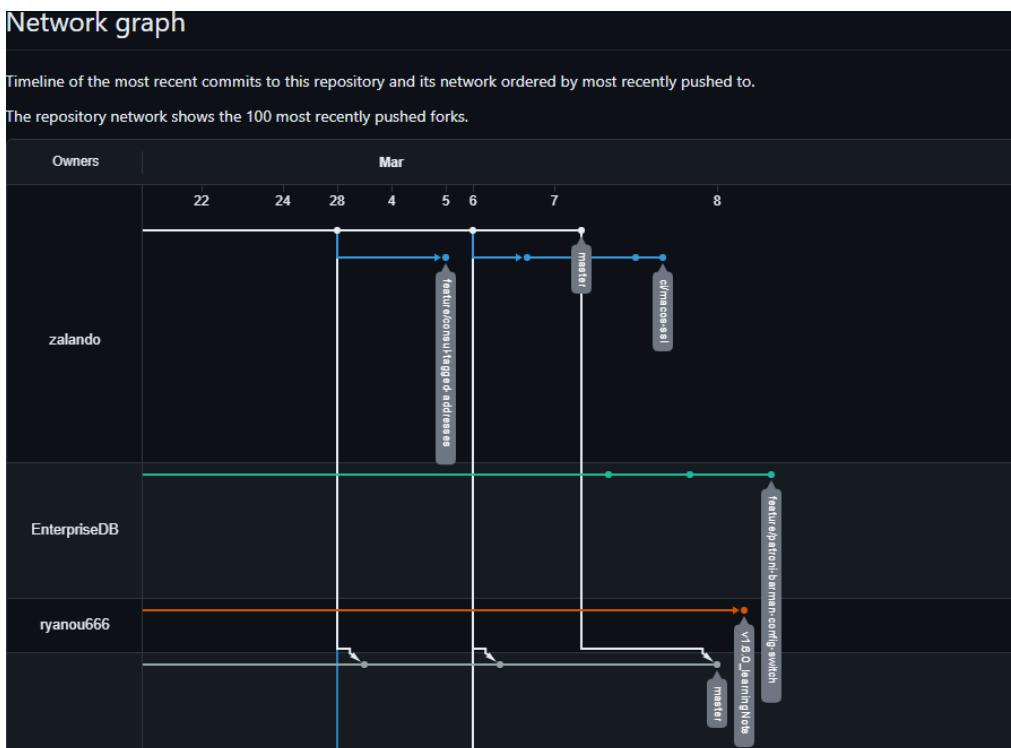


Abbildung XVI: Patroni - Network Graph

### V.III

### Maintenance - StackGres - Citus

Bei StackGres gab es im letzten Monat keine wirkliche Bewegung:

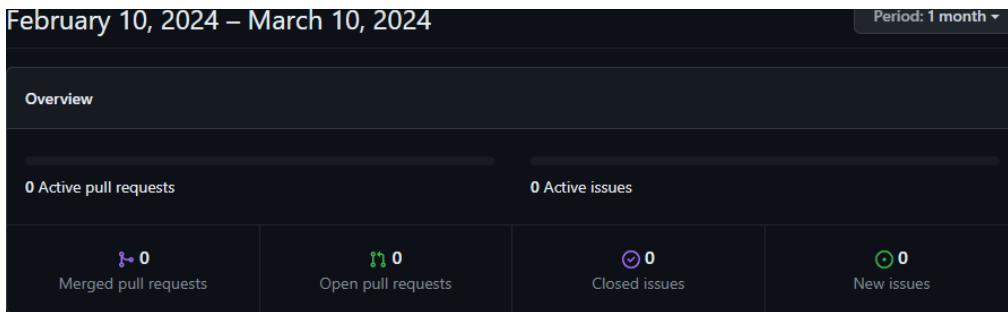


Abbildung XVII: Stackgres - Pulse

Anders sieht es bei Citus aus, die Firma die mittlerweile zu Microsoft gehört, schliesst Issues rasch und hat eine verhältnismässig hohe Requistrate:

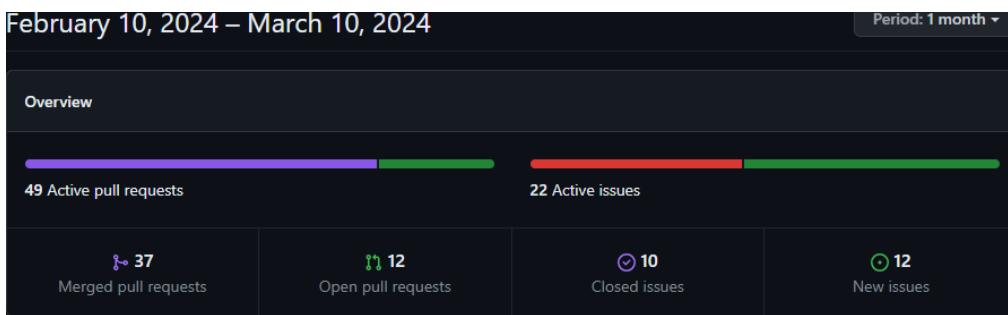


Abbildung XVIII: Citus - Pulse

Bei Stackgres wird sehr viel Code hinzugefügt oder gelöscht, beim älteren Citus wurden weniger änderungen verzeichnet:

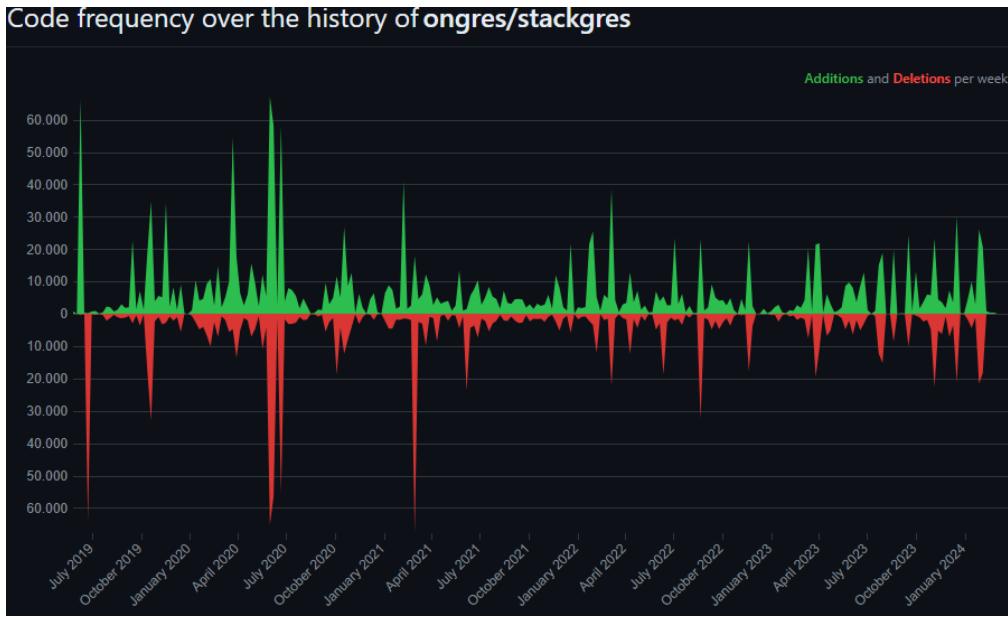


Abbildung XIX: Stackgres - Code Frequency

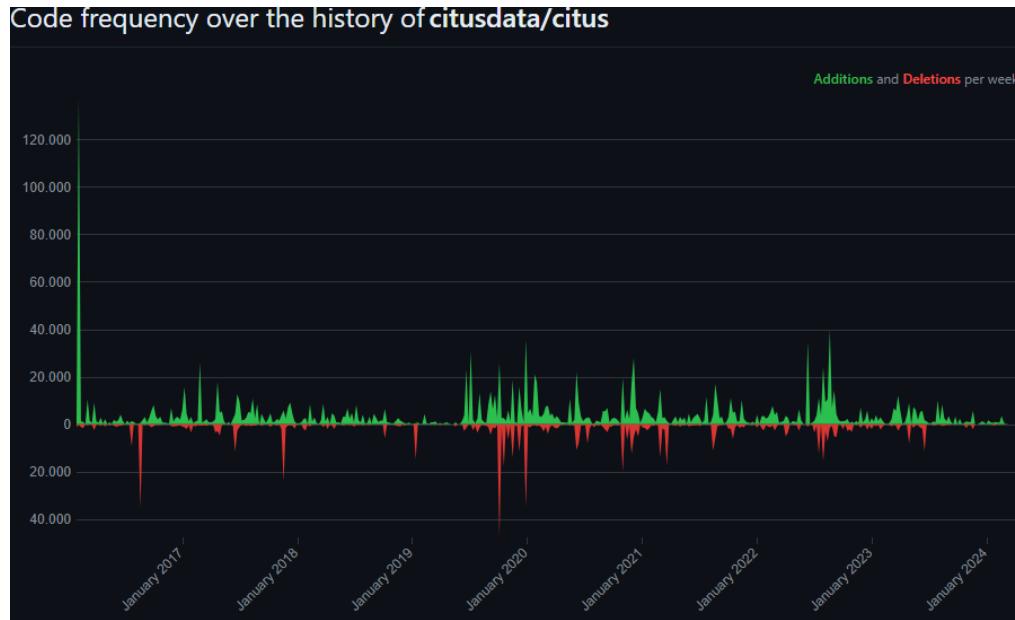


Abbildung XX: Citus - Code Frequency

Citus legt einen hohen Stellenwert auf die Community-Standards, Stackgres selbst schneidet hier nur Mittelmässig ab:

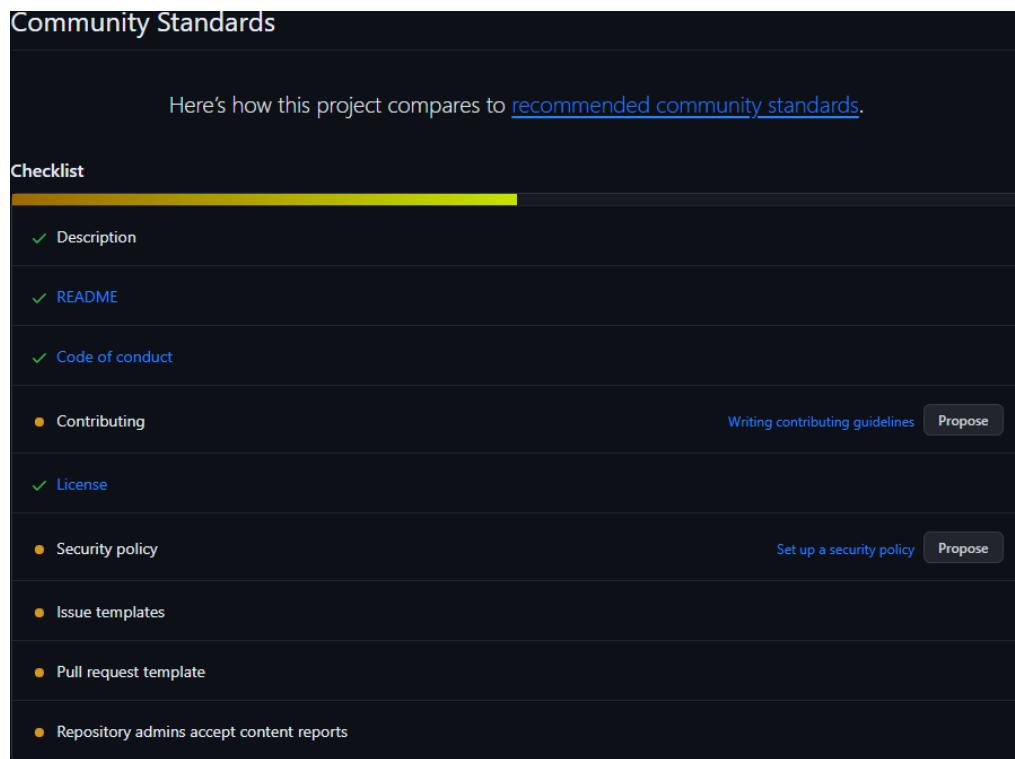


Abbildung XXI: Stackgres - Community Standards

## Community Standards

Here's how this project compares to [recommended community standards](#).

### Checklist

- ✓ Description
- ✓ README
- ✓ Code of conduct
- ✓ Contributing
- ✓ License
- ✓ Security policy
- Issue templates
- ✓ Pull request template
- Repository admins accept content reports

Abbildung XXII: 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.

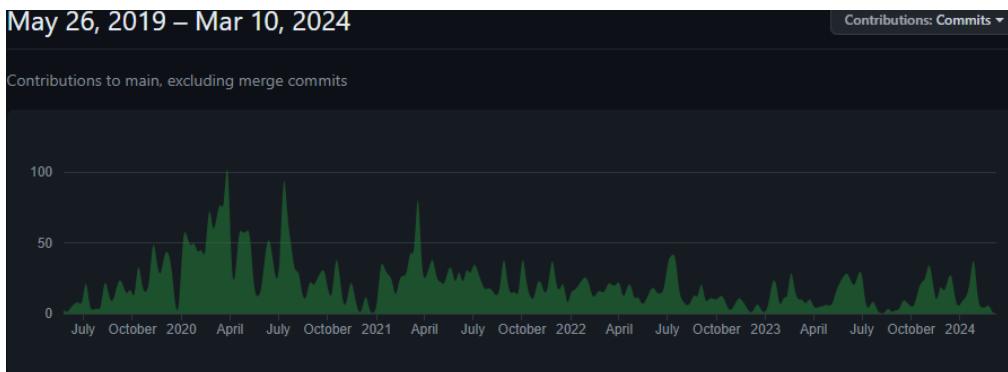


Abbildung XXIII: Stackgres - Contributors Commits

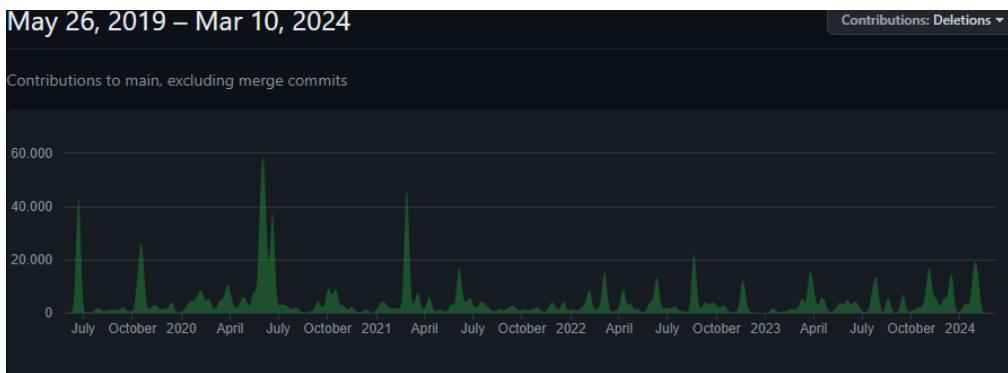


Abbildung XXIV: Stackgres - Contributors Deletations

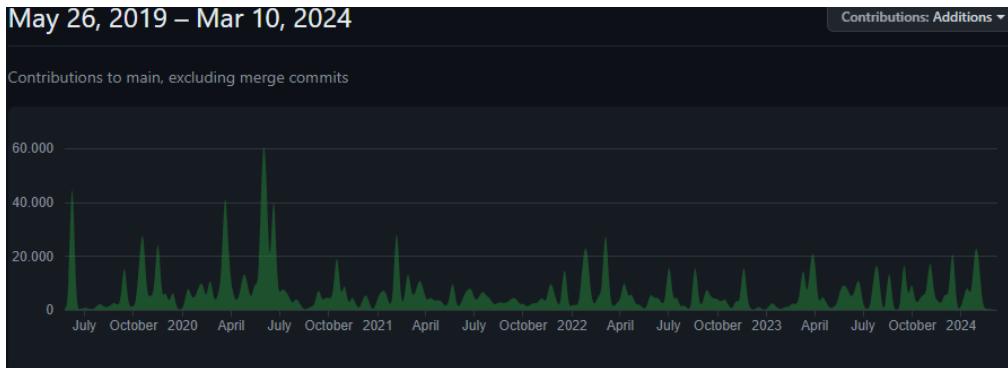


Abbildung XXV: Stackgres - Contributors Additions

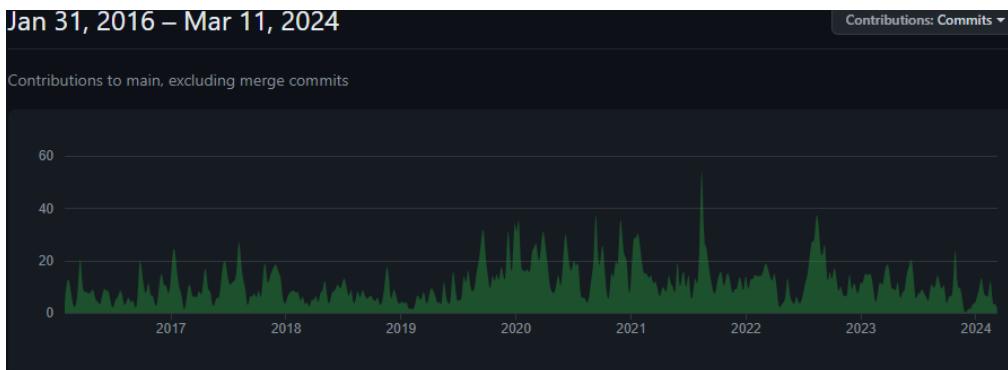


Abbildung XXVI: Citus - Contributors Commits

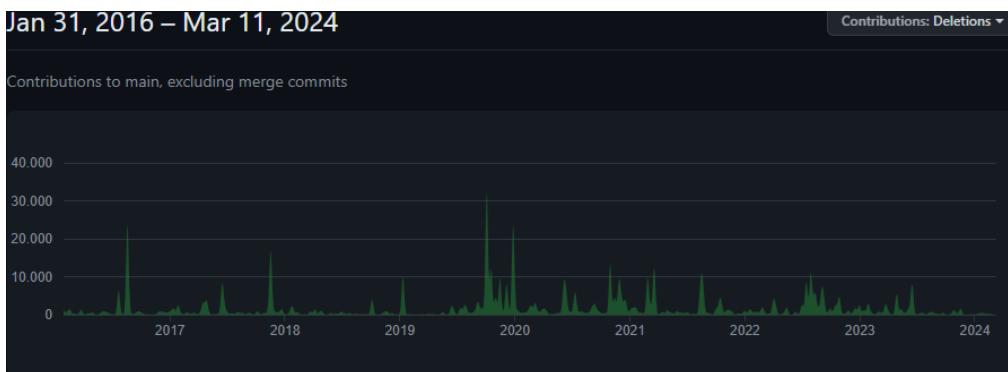


Abbildung XXVII: Citus - Contributors Deletations

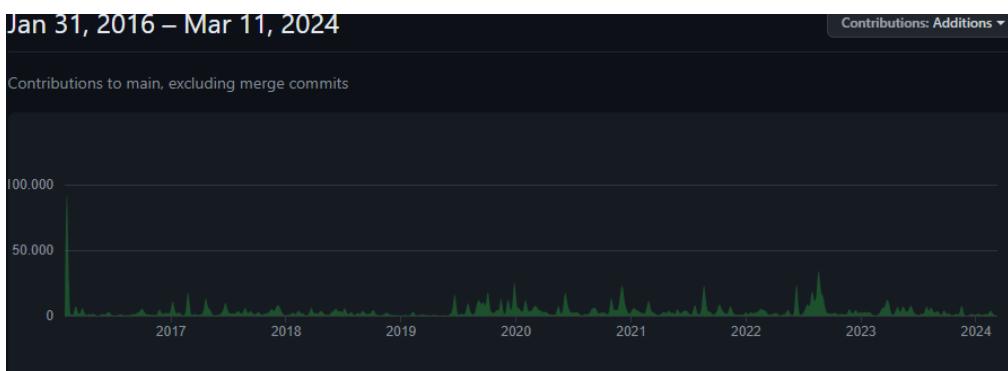


Abbildung XXVIII: Citus - Contributors Additions

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:

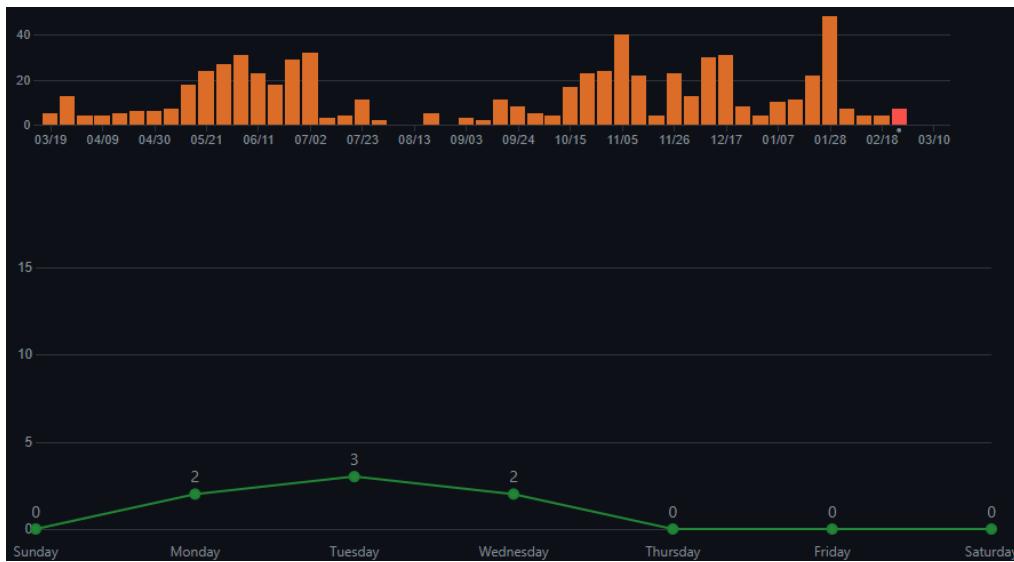


Abbildung XXIX: Stackgres - Commit Activity



Abbildung XXX: 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.

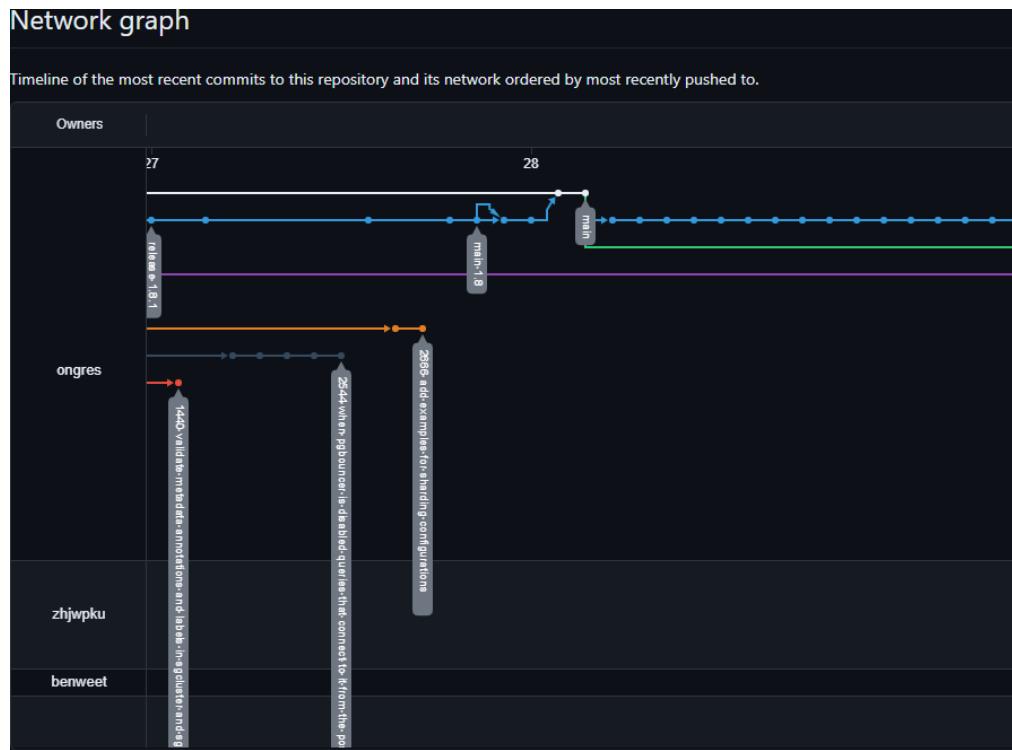


Abbildung XXXI: Stackgres - Network Graph



Abbildung XXXII: Citus - Network Graph

## V.IV

### Maintenance - YugabyteDB

Das Projekt hat eine sehr hohe Anzahl an aktiven Issues, wobei viele neue dazugekommen sinned:

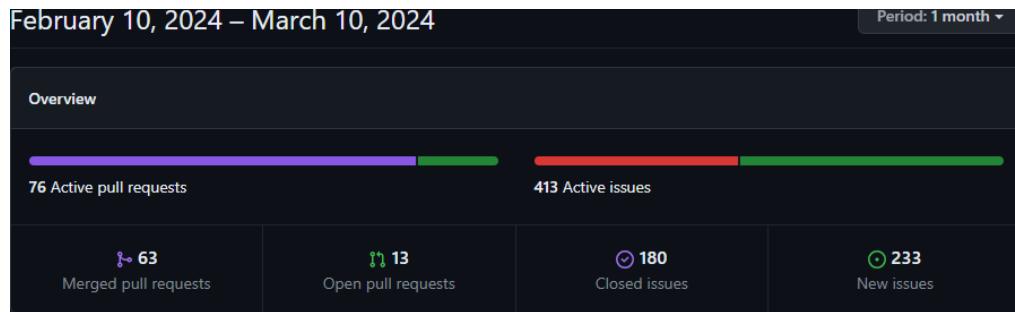


Abbildung XXXIII: YugabyteDB - Pulse

Die Code Frequency kann nicht ausgegeben werden, es gab zu viele Commits:



Abbildung XXXIV: 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

	Propose
✓ Description	
✓ README	
● Code of conduct	<a href="#">Propose</a>
● Contributing	<a href="#">Writing contributing guidelines</a> <a href="#">Propose</a>
✓ License	
● Security policy	<a href="#">Set up a security policy</a> <a href="#">Propose</a>
✓ Issue templates	
● Pull request template	
● Repository admins accept content reports	

Abbildung XXXV: YugabyteDB - Community Standards

Es werden immer wieder Commits abgesetzt, allerdings sind diese nicht weiter aufgeteilt in Commits, Additions und Deletations:

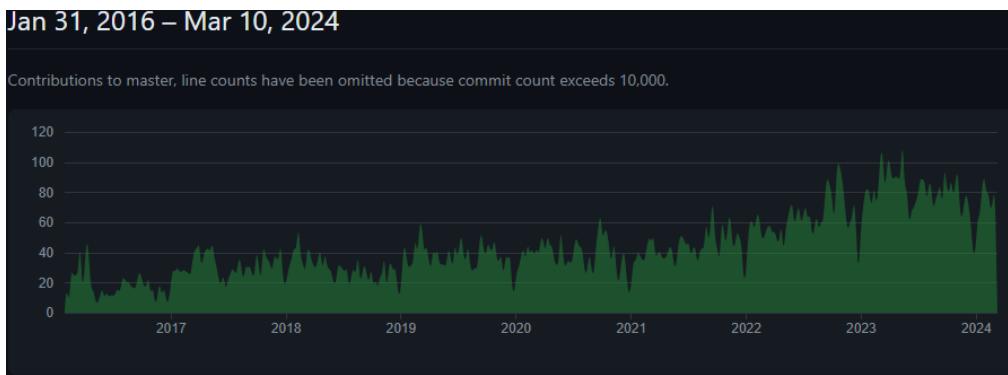


Abbildung XXXVI: YugabyteDB - Contributors

Die Commits wiederum werden Regelmässig ausgeführt, es wird scheinbar in kurzen Sprints gearbeitet:



Abbildung XXXVII: YugabyteDB - Commit Activity

YugabyteDB ist der Maintainer seines Produkts.

Es gibt keine anderen Grossen Contributors:

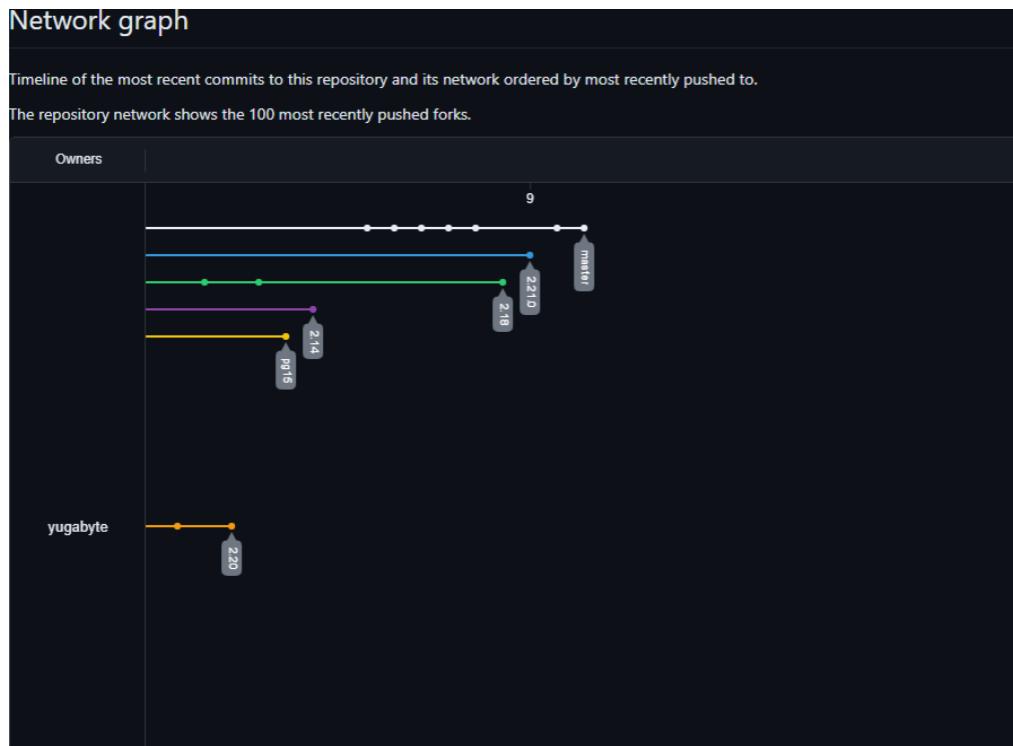


Abbildung XXXVIII: YugabyteDB - Network Graph

## VI Evaluationssysteme - Installation

### VI.I rke2

#### VI.I.I Vorbereitung

Da Package aus WAN-Repositories geladen werden müssen, 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 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
9 source /etc/profile.d/proxy.sh

```

Listing 1: Proxy Settings

**VI.I.II Installation****VI.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: |-
10     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

**VI.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:7a430a28b29501b778543f0882a156b8
```

Listing 7: rke2 agent - config.yaml

Nun muss der Dienst restartet werden

```
1 systemctl start rke2-agent.service
```

Listing 8: -rke2 agent service restart

**VI.I.II.III Cluster Konfiguration****VI.I.II.III.I server**

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

Dieses File muss entsprechend in das Homeverzeichnis gespeichert werden:

Listing 10: rke2 server proxy kopieren

Für den Netzwerkteil muss nun Cilium installiert werden:

Listing 11: rke2 server cilium installieren

Cilium muss nun aktiviert werden:

Listing 12: rke2 server cilium aktivieren

Der rke2-Server muss nun mit der entsprechenden Config gestartet werden, anschliessend muss Cilium noch in die Conig und diese mittels Service reboot aktiviert werden:

Listing 13: rke2 server starten

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]
6 :FORWARD ACCEPT [0:0]: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 14: iptables entries server

Für den Connect der Agents muss noch ein Token generiert werden:

Listing 15: rke2 server token

#### VI.I.II.IV agents

#### VI.I.II.V 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 16: 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 17: 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 18: local-path-storage aktualisieren

## VI.I.II.VI 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 19: 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 20: MetallB konfigurieren

Das Manifest musste danach eingespielt werden:

```
1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/rke2/metallb-values.yaml
```

Listing 21: MetallB Konfiguration einspielen

## VI.I.II.VII 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 22: 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 23: 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 24: 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 25: local-path-storage 250GiB aktualisieren

## VI.II        **yugabyteDB**

### VI.II.I      **Prerequisites**

#### VI.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 26: yugabyteDB - StorageClass setzen

Die Storage Class 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 unchanged
3 persistentvolume/yb-storage-pv created

```

Listing 27: yugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren

## VI.II.II Installation

Zuerst muss ein Namespace erstellt werden:

```
1 kubectl create namespace yb-platform
```

Listing 28: YugabyteDB - Namespace

```
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 these formats
34       ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes' flag.
35       ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so may lead to
36       ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects integer values.
37       memory: 2Gi
38   tserver:
39     requests:
40       cpu: "1"
41       memory: 4Gi
42     limits:
43       cpu: "1"
44       ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating from these formats
45       ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes' flag.
46       ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so may lead to
47       ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects integer values.
```

```
48     memory: 4Gi
49
50 replicas:
51   master: 3
52   tserver: 3
53   ## Used to set replication factor when isMultiAz is set to true
54 totalMasters: 3
55
56 partition:
57   master: 0
58   tserver: 0
59
60 updateStrategy:
61   type: RollingUpdate
62
63 # Used in Multi-AZ setup
64 masterAddresses: ""
65
66 isMultiAz: false
67 AZ: ""
68
69 # Disable the YSQL
70 disableYsql: false
71
72 tls:
73   # Set to true to enable the TLS.
74   enabled: false
75   nodeToNode: true
76   clientToServer: true
77   # Set to false to disallow any service with unencrypted communication from joining this cluster
78   insecure: false
79   # Set enabled to true to use cert-manager instead of providing your own rootCA
80 certManager:
81   enabled: false
82   # Will create own ca certificate and issuer when set to true
83   bootstrapSelfsigned: true
84   # 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 certs.
```

```
102 ## When certManager.enabled=true and bootstrapSelfsigned=true, rootCA is ignored.
103 ## When certManager.enabled=true and bootstrapSelfsigned=false, only rootCA.cert is used
104 ## to verify TLS certs generated and signed by the external provider.
105 rootCA:
106   cert: ""
107   LS0tLS1CRUdJTiBDRVJUSUZJQOFURS0tLS0tCk1JSUM2VENDQWRHZ0F3SUJBZ01CQVRBTkJna3Foa2lHOXcwQkFRcOZBREFXTVJRdOVnWURWUVFERXdOWmRXZGgKWW5sMFpTQkVRakFlRncweE9UQX1NRGd3TURRd01qSmFGdzB5T1RBeU1EVXdNRFF3TWp
108   =
109   key: ""
110   LS0tLS1CRUdJTiBSUOEgUFJJVkJURSBLRVktLS0tLQpNSU1FcEFJQkFBSONBUUVBdU4xYXVpZzhvalUwczQ5cXdBeGtPYUJoeTBx0XJpWDZqRXJ1YnJMck5YMk54d1ZCCmNVcWJkUlhVc3VZNS96RURQLOJ1M2RxMW4yb0RDZkZUTDB4aTIOV01kTFFyckE
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
137   ## Use the above link to learn more about Kubernetes resources configuration.
138   # resources:
139   #   requests:
140   #     cpu: "1"
141   #     memory: 1Gi
142   #   limits:
143   #     cpu: "1"
144   #     memory: 1Gi
145
146 ybCleanup: {}
147   ## https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/manage-resources-containers/#resource-requests-and-limits-of-pod-and-container
148   ## Use the above link to learn more about Kubernetes resources configuration.
149   # resources:
150   #   requests:
151   #     cpu: "1"
```

```
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-services#registering_a_service_for_export
226   ## You can use this gist for the reference to deploy the YugabyteDB in a multi-cluster scenario.
227   ## Gist - https://gist.github.com/baba230896/78cc9bb6f4ba0b3d0e611cd49ed201bf
228   createServiceExports: false
229
230   ## Mandatory variable when createServiceExports is set to true.
231   ## Use: In case of GKE, you need to pass GKE Hub Membership Name.
232   ## GKE Ref - https://cloud.google.com/kubernetes-engine/docs/how-to/multi-cluster-services#enabling
233   kubernetesClusterId: ""
234
235   ## mcsApiVersion is used for the MCS resources created by the
236   ## chart. Set to net.gke.io/v1 when using GKE MCS.
237   mcsApiVersion: "multicluster.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#servicemonitor
243   ##
244   enabled: false
245   ## interval is the default scrape_interval for all the endpoints
246   interval: 30s
247   ## extraLabels can be used to add labels to the ServiceMonitors
248   ## being created
249   extraLabels: {}
250   # release: prom
251
252   ## Configurations of ServiceMonitor for yb-master
253 master:
254   enabled: true
255   port: "http-ui"
256   interval: ""
257   path: "/prometheus-metrics"
258
259   ## Configurations of ServiceMonitor for yb-tserver
```

```
260 tserver:
261   enabled: true
262   port: "http-ui"
263   interval: ""
264   path: "/prometheus-metrics"
265 ycql:
266   enabled: true
267   port: "http-ycql-met"
268   interval: ""
269   path: "/prometheus-metrics"
270 ysql:
271   enabled: true
272   port: "http-ysql-met"
273   interval: ""
274   path: "/prometheus-metrics"
275 yedis:
276   enabled: true
277   port: "http-yedis-met"
278   interval: ""
279   path: "/prometheus-metrics"
280
281 commonMetricRelabelings:
282 # https://git.io/JJW5p
283 # Save the name of the metric so we can group_by since we cannot by __name__ directly...
284 - sourceLabels: ["__name__"]
285   regex: "(.*"
286   targetLabel: "saved_name"
287   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 kubernentes  
322     # has. Each new node selector term is ORed together, and each match expression or match field in  
323     # a single selector is ANDed together.  
324     # This means, if a pod needs to be scheduled on a label 'custom_label_1' with a value  
325     # 'custom_value_1', we need to add this 'subterm' to each of our pre-defined node affinity  
326     # terms.  
327     #  
328     # Pod anti affinity is a simpler merge. Each term is applied separately, and the weight is tracked.  
329     # The pod that achieves the highest weight is selected.  
330     ## Example.  
331     # affinity:  
332     #   podAntiAffinity:  
333     #     requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:  
334     #       - labelSelector:  
335     #         matchExpressions:  
336     #           - 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  
345     ## Extra environment variables passed to the Master pods.  
346     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#envvar-v1-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 pod.  
356     # TODO Add namespace also to support copying secrets from other namespace.  
357     # secretEnv:  
358     #   - name: MYSQL_LDAP_PASSWORD  
359     #     valueFrom:  
360     #       secretKeyRef:  
361     #         name: secretName  
362     #         key: password  
363 secretEnv: []  
364  
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-v1-core
373 ## Example:
374 # tolerations:
375 # - key: dedicated
376 #   operator: Equal
377 #   value: experimental
378 #   effect: NoSchedule
379 tolerations: []
380
381 ## Extra volumes
382 ## extraVolumesMounts are mandatory for each extraVolumes.
383 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volume-v1-core
384 ## Example:
385 # extraVolumes:
386 # - 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 kubernetes
411 # has. Each new node selector term is ORed together, and each match expression or match field in
412 # a single selector is ANDed together.
413 # This means, if a pod needs to be scheduled on a label 'custom_label_1' with a value
414 # 'custom_value_1', we need to add this 'subterm' to each of our pre-defined node affinity
415 # terms.
416 #
417 # Pod anti affinity is a simpler merge. Each term is applied separately, and the weight is tracked.
418 # The pod that achieves the highest weight is selected.
419 ## Example:
420 # affinity:
421 #   podAntiAffinity:
```

```
422 # requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
423 #   - labelSelector:
424 #     matchExpressions:
425 #       - key: app
426 #         operator: In
427 #         values:
428 #           - "yb-tserver"
429 #     topologyKey: kubernetes.io/hostname
430 # For further examples, see examples/yugabyte/affinity_overrides.yaml
431 affinity: {}

432
433 ## Extra environment variables passed to the TServer pods.
434 ## 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 pods.
444 ## If namespace field is not specified we assume that user already
445 ## created the secret in the same namespace as DB pods.
446 ## Example
447 # secretEnv:
448 #   - name: MYSQL_LDAP_PASSWORD
449 #     valueFrom:
450 #       secretKeyRef:
451 #         name: secretName
452 #         namespace: my-other-namespace-with-ldap-secret
453 #         key: password
454 secretEnv: []

455
456 ## Annotations to be added to the TServer pods.
457 podAnnotations: {}

458
459 ## Labels to be added to the TServer pods.
460 podLabels: {}

461
462 ## Tolerations to be added to the TServer pods.
463 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#toleration-v1-core
464 ## Example:
465 # tolerations:
466 #   - key: dedicated
467 #     operator: Equal
468 #     value: experimental
469 #     effect: NoSchedule
470 tolerations: []

471
472 ## Sets the --server_broadcast_addresses flag on the TServer, no
473 ## preflight checks are done for this address. You might need to add
474 ## 'use_private_ip: cloud' to the gflags.master and gflags.tserver.
475 serverBroadcastAddress: ""
```

```
476
477     ## Extra volumes
478     ## extraVolumesMounts are mandatory for each extraVolumes.
479     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volume-v1-core
480     ## Example:
481     # extraVolumes:
482     # - name: custom-nfs-vol
483     #   persistentVolumeClaim:
484     #     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 29: 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 30: YugabyteDB - Installation

### VI.II.III Rekonfiguration mit 250GiB Storage

#### VI.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 31: YugabyteDB - Deinstallieren

#### VI.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 32: YugabyteDB - StorageClass setzen

```
1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/yugabytedb/yugabytedb/storageclass_250gib.yaml
```

Listing 33: YugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume Grosses Volumen aktivieren

### VI.II.III.III Installation - 250GiB

Zuerst muss wieder der Namespace erstellt werden:

```
1 kubectl create namespace yb-platform
```

Listing 34: 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 cluster
70 insecure: false
71 # Set enabled to true to use cert-manager instead of providing your own rootCA
72 certManager:
73   enabled: false
74   # Will create own ca certificate and issuer when set to true
75   bootstrapSelfsigned: true
76   # Use ClusterIssuer when set to true, otherwise use Issuer
77   useClusterIssuer: false
78   # Name of ClusterIssuer to use when useClusterIssuer is true
79   clusterIssuer: cluster-ca
80   # Name of Issuer to use when useClusterIssuer is false
81   issuer: Yugabyte-ca
82   certificates:
83     duration: 2160h # 90d
84     renewBefore: 360h # 15d
85     algorithm: RSA # ECDSA or RSA
86     # Can be 2048, 4096 or 8192 for RSA
87     # Or 256, 384 or 521 for ECDSA
88     keySize: 2048
89 rootCA:
90   cert: "
LS0tLS1CRUdTJTiBDRVJUSUZJQOFURS0tLS0tCk1JSUM2VENDQWRHZ0F3SUJBZ01CQVRBTkJna3Foa2lHOXcwQkFRc0ZBREFXTVJrdOVnWURWUVFERXd0WmRXZGgKWW5sMFpTQkVRakFlRncweE9UQX1NRGd3TURRd01qSmFGdzB5T1RBeU1EVXdNRFF3TWp
=""
91   key: "
LS0tLS1CRUdTJTiBSUOEgUFJJVkJURSBLRVktLS0tLQpNSUlFcEFJQkFBSONBUUVBdU4xYXVpZzhvalUwczQ5cXdBeGtPYUJoeTBx0XJpWDZqRXJlYnJMck5YMk54d1ZCCmNVcWJkUlhVc3VZNS96RURQLOJ1M2RxMW4ybORDZkZUTDB4aTIOV01kTFFyckE
="""
92 nodeCert:
93   cert: ""
94   key: ""
95 clientCert:
96   cert: ""
97   key: ""
98
99 gflags:
100 master:
101   default_memory_limit_to_ram_ratio: 0.85
102 tserver:
103  ysql_beta_features: true          # gramic, wird über vacuum obentigt
104 follower_unavailable_considered_sec: 300 # gramic, autobalancing auf 5 Minuten heruntersetzen
105
106 PodManagementPolicy: Parallel
107
108 enableLoadBalancer: true
109
110 ybc:
111   enabled: false
112
113
114 ybCleanup:
115   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-services#registering_a_service_for_export
197       ## You can use this gist for the reference to deploy the YugabyteDB in a multi-cluster scenario.
198       ## Gist - https://gist.github.com/baba230896/78cc9bb6f4ba0b3d0e611cd49ed201bf
199       createServiceExports: false
200
201       ## Mandatory variable when createServiceExports is set to true.
202       ## Use: In case of GKE, you need to pass GKE Hub Membership Name.
203       ## GKE Ref - https://cloud.google.com/kubernetes-engine/docs/how-to/multi-cluster-services#enabling
204       kubernetesClusterId: ""
205
206       ## mcsApiVersion is used for the MCS resources created by the
207       ## chart. Set to net.gke.io/v1 when using GKE MCS.
208       mcsApiVersion: "multicluster.x-k8s.io/v1alpha1"
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#servicemonitor
214       ##
215       enabled: false
216       ## interval is the default scrape_interval for all the endpoints
217       interval: 30s
218       ## extraLabels can be used to add labels to the ServiceMonitors
219       ## 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 - sourceLabels: ["__name__"]
256   regex: "(.*"
257   targetLabel: "saved_name"
258   replacement: "$1"
259 # The following basically retrofit the handler_latency_* metrics to label format.
260 - sourceLabels: ["__name__"]
261   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(.*"
262   targetLabel: "server_type"
263   replacement: "$1"
264 - sourceLabels: ["__name__"]
265   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(.*"
266   targetLabel: "service_type"
267   replacement: "$2"
268 - sourceLabels: ["__name__"]
269   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(_sum|_count)?"
270   targetLabel: "service_method"
271   replacement: "$3"
272 - 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-v1-core
331     ## This might override the default affinity from service.yaml
332     affinity: {}
```

```
333
334     ## Extra environment variables passed to the TServer pods.
335     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#envvar-v1-core
336   extraEnv: []
337
338     ## secretEnv variables are used to expose secrets data as env variables in the tserver pods.
339     ## If namespace field is not specified we assume that user already
340     ## created the secret in the same namespace as DB pods.
341   secretEnv: []
342
343     ## Annotations to be added to the TServer pods.
344   podAnnotations: {}
345
346     ## Labels to be added to the TServer pods.
347   podLabels: {}
348
349     ## Tolerations to be added to the TServer pods.
350     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#toleration-v1-core
351   tolerations: []
352
353     ## Sets the --server_broadcast_addresses flag on the TServer, no
354     ## preflight checks are done for this address. You might need to add
355     ## 'use_private_ip: cloud' to the gflags.master and gflags.tserver.
356   serverBroadcastAddress: ""
357
358     ## Extra volumes
359     ## extraVolumesMounts are mandatory for each extraVolumes.
360   extraVolumes: []
361
362     ## Extra volume mounts
363   extraVolumeMounts: []
364
365     ## Set service account for tserver DB pods. The service account
366     ## should exist in the namespace where the tserver DB pods are brought up.
367   serviceAccount: ""
368
369     ## Memory limit hard % (between 1-100) of the memory limit.
370   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 35: YugabyteDB - Helm Chart Manifest 250GiB

#### VI.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 36: 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 -- Genereller Tablespace erstellen
9 drop tablespace if exists eval_data_tablespace;
10 CREATE TABLESPACE eval_data_tablespace WITH (replica_placement='{"num_replicas": 3, "placement_blocks": [ {"cloud":"cloud1","region":"datacenter1","zone":"rack1","min_num_replicas":3}]}');

```

Listing 37: 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 38: YugabyteDB - Benchmarking - Table Size

## VI.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_serviceOfficers;create role customer_serviceOfficers;
22 drop role if exists legal_affairs;
23 create role legal_affairs;
24
25 -- User erstellen
26 drop user if exists hrm_1;
27 drop user if exists hrm_2;
28 create user hrm_1 with password 'hrm1' role hrm;
29 create user hrm_2 with password 'hrm2' role hrm;
30
31 drop user if exists cso_1;
32 drop user if exists cso_2;
33 create user cso_1 with password 'cso1' role customer_serviceOfficers;
34 create user cso_2 with password 'cso2' role customer_serviceOfficers;
35
36 drop user if exists la_1;
37 drop user if exists la_2;
38 create user la_1 with password 'la1' role legal_affairs;
39 create user la_2 with password 'la2' role legal_affairs;
40
41 -- Schemas erstellen
42 drop schema if exists hrm;
43 create schema hrm authorization hrm;
44 drop schema if exists accountands;
45 create schema accountands authorization accountands;
46 drop schema if exists customer_serviceOfficers;
47 create schema customer_serviceOfficers authorization customer_serviceOfficers;
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_serviceOfficers 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_serviceOfficers to yadmin;
59 grant all on all tables in schema generell to yadmin;
60
61 -- self_healing_accounts für Schema customer_serviceOfficers
62 drop table if exists customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
63 create table customer_serviceOfficers.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_serviceOfficers.self_healing_accounts(firstname, lastname, birthday) tablespace self_healing_indices_tablespace;
75 -- self_healing_employees für Schema hrm drop table if exists hrm.self_healing_employees;
76 create table hrm.self_healing_employees (
77   employees_id int primary key,
78   firstname varchar(255) not null,
79   lastname varchar(255) not null,
80   birthday date not null,
81   postal_code varchar(50),
82   street varchar(255),
83   country_code varchar(2),
84   phone varchar(25),
85   mail varchar(255) check (mail like '%@%')
86 ) tablespace self_healing_datas_tablespace SPLIT INTO 3 TABLETS;
87 create unique index employees_personal_mark on hrm.self_healing_employees(firstname, lastname, birthday) tablespace self_healing_indices_tablespace;
88
89 -- self_healing_accountand_protocol für Schema accountands
90 drop table if exists accountands.self_healing_accountand_protocol;
91 create table accountands.self_healing_accountand_protocol (
92   acc_protocol_id int primary key,
93   description varchar(100) not null,
94   protocol_date date not null,
95   employees_id int not null,
96   rapport TEXT,
97   foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on update restrict on delete restrict
98 ) tablespace self_healing_longtexts_tablespace SPLIT INTO 3 TABLETS;
99
100 -- self_healing_intranet für public Schema
101 drop table if exists generell.self_healing_intranet;
102 create table generell.self_healing_intranet (
103   intranet_id int primary key,
104   content text
105 ) tablespace self_healing_longtexts_tablespace SPLIT INTO 3 TABLETS;
106
107 -- self_healing_intranet für public Schema
108 drop table if exists generell.self_healing_intranet_users;
109 create table generell.self_healing_intranet_users (
110   intranet_user_id int primary key,
111   employees_id int not null,
112   foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on update restrict on delete restrict
113 );
114 create unique index intranet_unique_combi on generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id);

```

Listing 39: 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 );
12 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description, protocol_date, employees_id, rapport) values (300, 'something', '07.04.2024', 300, 'something');
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 40: YugabyteDB - Self Healing Tests - Init Data

Während dem Failover-Test müssen Daten beschrieben werden:

```

1 insert into customer_service_officers.self_healing_accounts (account_id, firstname, lastname, birthday) VALUES (400, 'i', 'j', '01.01.2005');
2 insert into customer_service_officers.self_healing_accounts (account_id, firstname, lastname, birthday) VALUES (500, 'k', 'l', '01.01.2003');
3 insert into customer_service_officers.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 );
12 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description, protocol_date, employees_id, rapport) values (1000, 'something', '07.04.2024', 300, 'something');
13
14 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (200, 'yadada');
15 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (600, 'bla bla');
16 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (900, 'talking and talking');
17
18 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values(400, 400);
19 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values(500, 500);
20 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values(600, 600);
21
22 select * from customer_service_officers.self_healing_accounts;
23 select * from hrm.self_healing_employees;
24 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
25 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 41: 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 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (700, 'yadada');insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (800, 'bla bla');
7 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (1100, 'talking and talking');
8
9 select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
10 select * from hrm.self_healing_employees;
11 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
12 select * from generell.self_healing_intranet;
13 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 42: YugabyteDB - Self Healing Tests - Recovery Data

**VI.III sks9016 - yugabyteDB****VI.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 43: sks9016 - Download yugabyteDB On-Premise

Im nächsten Schritt wird es im /opt entpackt und das post\_install.sh-Skript ausgeführt:

```

1 root@sk9016:/opt# tar xvfz yugabyte-2.21.0.0-b545-linux-x86_64.tar.gz && cd yugabyte-2.21.0.0/
2 ...
3 root@sk9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0# ./bin/post_install.sh
4

```

Listing 44: sks9016 - Installation yugabyteDB On-Premise

Um nun zu Testen, ob das ganze Funktioniert, kann eine Verbindung zum Evaluationssystem hergestellt werden:

```

1 root@sk9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0# cd /opt/yugabyte-2.21.0.0/postgres/bin/
2 root@sk9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0/postgres/bin# ./ysqlsh "host=10.0.20.106 user=yadmin"
3 Password for user yadmin:
4 ysqlsh (11.2-YB-2.21.0.0-b0)
5 Type "help" for help.
6
7 No entry for terminal type "xterm-256color";
8 using dumb terminal settings.
9 yugabyte=# exit
10

```

Listing 45: sks9016 - Check yugabyteDB On-Premise

Damit ist der Benchmarking-Server ready.

**VI.IV Patroni****VI.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:INPUT ACCEPT [0:0]
4 :FORWARD ACCEPT [0:0]
5 :OUTPUT ACCEPT [0:0]
6 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 22 -j ACCEPT
7 -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
8 -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
9 -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
10 -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
11 -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
12 -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
13 -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
14 -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
15 -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
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 # postgres
20 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 5432 -j ACCEPT
21 # patroni
22 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 2379 -j ACCEPT
23 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 2380 -j ACCEPT
24 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 2376 -j ACCEPT
25 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 6432 -j ACCEPT
26 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 8008 -j ACCEPT
27 -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 46: 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 47: 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
Acquire::http::Proxy "http://sproxy.svc.first-it.ch:8080";
4 Acquire::https::Proxy "http://sproxy.svc.first-it.ch:8080";
5 Acquire::http::proxy::foreman.ksgr.ch "DIRECT";

```

Listing 48: 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 einen 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 49: 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 50: Patroni - Prerequisites installieren

Im nächsten Schritt müssen Patroni und der PostgreSQL Cluster gestoppt werden:

```
1 systemctl stop postgresql patroni
```

Listing 51: 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 52: 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 53: Patroni - Checks

Damit kann zum etcd übergegangen werden.

## VI.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 54: 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,ETCD_ADVERTISE_CLIENT_URLS=http://10.0.28.16:2379"
6 ETCD_INITIAL_CLUSTER_TOKEN="etcd-cluster"
7 ETCD_INITIAL_CLUSTER_STATE="new"
```

Listing 55: 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 56: etcd - restart

Es sollte nun ein Member gelistet werden:

```
1 etcdctl member list
```

Listing 57: etcd - member list

Damit kann nun das Bootstrapping gestartet werden.

#### VI.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 58: 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 59: 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 60: 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 61: 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 62: 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 63: 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 64: 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 65: Patroni Bootstrap - Disable PostgreSQL

## VI.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 66: HAProxy - Hostliste

Nun müssen die Repositories aktualisiert werden und HAProxy installiert werden:

```
1 apt update
2 apt install haproxy
```

Listing 67: 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 68: 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      # Global log configuration
11   log global
12   # Set mode to TCP
13   mode tcp
14   # Number of retries
15   retries 2
16   # Client timeout
17   timeout client 30m
18   # Connect timeout
19   timeout connect 4s
20   # Server timeout
21   timeout server 30m
22   # Check timeout
23   timeout check 5s
24
25 # Stats configuration
26 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 69: HAProxy - Konfiguration

Nun kann HAProxy neu gestartet werden:

```

1 systemctl restart haproxy
2 systemctl status haproxy

```

Listing 70: HAProxy - Restart

Nun kann HAProxy geöffnet werden: <http://10.0.28.16:8080/>

Es sollte nun so aussehen:

## HAProxy version 2.6.12-1+deb12u1, released 2023/12/16

## Statistics Report for pid 138787

## &gt; General process information

```
pid = 138787 (process #1, nbproc = 1, nbthread = 4)
uptime = 10d 19h 3m 35s
system limits: memmax = unlimited; ulimit-n = 252
maxsock = 252; maxconn = 100; maxpipes = 0
current connn = 2; current pipes = 0/0; conn rate = 2/sec; bit rate = 0.543 kbps
Running tasks: 0/23; idle = 100 %
```

active UP  
 active UP, going down  
 active DOWN, going up  
 active or backup DOWN, going up  
 active or backup DOWN, not checked  
 active or backup DOWN for maintenance (MAINT)  
 active or backup SOFT STOPPED for maintenance  
 Note: "NOLBY"|"DRAIN" = UP with load-balancing disabled.

Display option:   
 External resources:  

- Scope :
- Primary site
- Hide DOWN servers
- Updates (v2.8)
- Refresh now
- CSV export
- JSON export (schema)
- Online manual

stats		Session rate												Sessions												Bytes				Denied				Errors				Warnings				Server			
		Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Total	LbTot	Last	In	Out	Req	Resp	Req	Conn	Resp	Retr	Redis	Status	LastChk	Wght	Act	Bck	Chk	Dwn	Downtme	Thrtle														
Frontend		2	2	-	2	2	100	8			1 716	85 188	0	0	3								OPEN								0	0	0	0											
Backend		0	0		0	0	10	0	0	0s	1 716	85 188	0	0	0								10d19h UP								0	0	0	0											
postgres		Session rate												Sessions												Bytes				Denied				Errors				Warnings				Server			
		Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Cur	Max	Limit	Total	LbTot	Last	In	Out	Req	Resp	Req	Conn	Resp	Retr	Redis	Status	LastChk	Wght	Act	Bck	Chk	Dwn	Downtme	Thrtle														
Frontend		0	225	-	0	44	100	80 717			278 082 821 991	105 305 084	0	0	0								OPEN								7d3h UP	L7OK/200 in 4ms	1/1	Y	-	20	6	2d15h	-						
postgres01		0	0	-	0	2	0	4	100	19	41 244 767 171	8 621 308	0	0	1	0	0						7d3h DOWN	L7STS/503 in 3ms	1/1	Y	-	18	5	8d4h	-														
postgres02		0	0	-	0	225	0	44	100	80 697	80 697	8d2h	236 838 054 820	95 683 776	0	0	0	0	0					10d19h DOWN	L7STS/503 in 3ms	1/1	Y	-	1	1	10d19h	-													
postgres03		0	0	-	0	0	0	0	100	0	0	?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7d3h UP		1/1	1	0	0	9	28m22s																
Backend		0	0		0	225	0	44	10	80 717	80 718	1d3h	278 082 821 991	105 305 084	0	0	1	1	0																										

Abbildung XXXIX: HAProxy - Web-GUI

## VI.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
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 71: 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_index_tablespace
10 chown -R postgres:postgres /srv/data/self_healing_index_tablespace
11 chmod 700 /srv/data/self_healing_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 chmod 700 /srv/data/self_healing_test_data_tablespace
15
16 mkdir -p /srv/data/pg_wal
17 chown -R postgres:postgres /srv/data/pg_wal
18 chmod 700 /srv/data/pg_wal

```

Listing 72: 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 73: 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 74: 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 garantiert 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 75: 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 76: 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 77: 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 78: 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 1GiB reduziert.

Das zwingt den Primary dazu, die WAL-Files nur bis zu Maximal 1GiB 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 16MiB erhöht.

### **wal\_writer\_delay**

Wenn der WAL-Writer einen Flush durchgeführt hat, geht er in ein Timeout.

Dies wurde auf 20ms 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 1MiB 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 1GiB 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 5GiB begrenzt.

### **commit\_delay**

Maximal 20ms soll gewartet werden, bevor ein Transaktions-Commit geflushed wird.

**commit\_siblings**

Maximal 10 Transktionen sollen offen bleiben, 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 3min 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 workers (8) für das parallelisieren verwendet werden.

**shared\_buffers**

Der gesamte Server hat 16GiB Memory,  $\frac{1}{4}$  davon soll als Buffer dienen, also 4GiB.

**maintenance\_work\_mem**

1GiB soll zur Verfügung stehen für den AUTOVACUUM-Job oder Maintenance-Jobs wie das indexieren usw.

**work\_mem**

Der ganze PostgreSQL Cluster soll 12GiB 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 200GiB Diskspace allokiert werden.

**vacuum\_cost\_delay**

Der AUTOVACUUM-Job soll maximal 2ms ruhen.

**vacuum\_cost\_limit**

Der gesamte Prozess darf maximal zehn sekunden schlafen.

**bgwriter\_delay**

Der Hintergrundprozess soll nur 10ms 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 mittels 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,
12        "superuser_reserved_connections":10,
13        "max_worker_processes": 16,
14        "wal_log_hints": "on",
15        "max_wal_senders": 32,
16        "max_replication_slots": 32,
17        "wal_keep_size": "1GB",
18        "wal_level": "logical",
19        "wal_buffers": "16MB",
20        "wal_writer_delay": "20ms",
21        "wal_writer_flush_after": "1MB",
22        "min_wal_size": "1GB",
23        "max_wal_size": "5GB",
24        "commit_delay": 20,
25        "commit_siblings": 10,
26        "checkpoint_timeout": "5min",
27        "checkpoint_completion_target": 0.95,
28        "archive_mode": "off",
29        "max_standby_archive_delay": "10min",
30        "max_standby_streaming_delay": "3min",
31        "wal_receiver_status_interval": "1s",
32        "hot_standby_feedback": "on",
33        "wal_receiver_timeout": "60s",
34        "max_logical_replication_workers": 8,
35        "max_sync_workers_per_subscription": 8,
36        "shared_buffers": "4GB",
37        "maintenance_work_mem": "1GB",
38        "work_mem": "12GB",
39        "temp_file_limit": "200GB",
40        "vacuum_cost_delay": "2ms",
41        "vacuum_cost_limit": 10000,
42        "bgwriter_delay": "10ms",
43        "bgwriter_lru_maxpages": 800,
44        "bgwriter_lru_multiplier": "5.0"
45      }
46    }
47  }
48 JSON

```

Listing 79: Patroni - 250GiB set Parameter

## VI.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
5 -- Tablespace für Indices
6 drop tablespace if exists eval_index_tablespace;
7 CREATE TABLESPACE eval_index_tablespace owner postgres location '/var/lib/patroni/eval_index_tablespace';
8
9 -- Genereller Tablespace erstellen
10 drop tablespace if exists eval_data_tablespace;
11 CREATE TABLESPACE eval_data_tablespace owner postgres location '/var/lib/patroni/eval_data_tablespace';

```

Listing 80: 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 81: 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 82: Patroni - Benchmarking - Tablespaces erneut erstellen

## VI.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 -- Genereller Tablespace erstellen
9 drop tablespace if exists self_healing_datas_tablespace;
10 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_serviceOfficers
59 drop table if exists customer_serviceOfficers.self_healing_accounts; create table customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (
60   account_id int primary key,
61   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 update restrict on delete restrict
111 ) tablespace self_healing_datas_tablespace;
```

```
112 create unique index intranet_unique_combi on generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) tablespace self_healing_indices_tablespace;
```

Listing 83: 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, 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');
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_serviceOfficers.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 84: Patroni - 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');
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_serviceOfficers.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 85: 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;
13 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
14 select * from generell.self_healing_intranet;
15 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 86: Patroni - Self Healing Tests - Recovery Data

## VI.V Stackgres mit Citus

### VI.V.I Prerequisites

#### VI.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 87: StackGres-Citus - StorageClass setzen

Die Storage Class und das PercistenVolume 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 88: StackGres-Citus - StorageClass / PersistentVolume aktivieren

## VI.V.II Installation

```
1 kubectl create namespace sg-platform
```

Listing 89: 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/kubernetes-api/v1.27/#toleration-v1-core
38   tolerations: []
39   # -- Operator Pod affinity. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#affinity-v1-core
40   affinity: {}
41   # Section to configure Operator ServiceAccount
42   serviceAccount:
43     # -- Section to configure Operator ServiceAccount annotations
44     annotations: {}
45     # -- Repositories credentials Secret names to attach to ServiceAccounts and Pods
46     repoCredentials: []
47   # Section to configure Operator Service
48   service:
49     # -- Section to configure Operator Service annotations
50     annotations: {}
51
52 # 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/kubernetes-api/v1.27/#toleration-v1-core
76 tolerations: []
77 # -- REST API Pod affinity. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#affinity-v1-core
78 affinity: {}
79 # Section to configure REST API ServiceAccount
80 serviceAccount:
81   # -- REST API ServiceAccount annotations
82   annotations: {}
83   # -- Repositories credentials Secret names to attach to ServiceAccounts and Pods
84   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/generated/kubernetes-api/v1.27/#resourcerequirements-v1-core
135 resources: {}
136 # -- Operator Installation Jobs node selector
137 nodeSelector: {}
138 # -- Operator Installation Jobs tolerations. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#toleration-v1-core
139 tolerations: []
140 # -- Operator Installation Jobs affinity. See https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.27/#affinity-v1-core
141 affinity: {}

142 # Section to configure deployment aspects.

143 deploy:
144   # -- When set to 'true' the Operator will be deployed.
145 operator: true
146   # -- When set to 'true' the Web Console / REST API will be deployed.
147 restapi: true

148 # Section to configure the Operator, REST API and Web Console certificates and JWT RSA key-pair.

149 cert:
150   # -- If set to 'true' the CertificateSigningRequest used to generate the certificate used by
151   #   Webhooks will be approved by the Operator Installation Job.
152 autoapprove: true
153   # -- When set to 'true' the Operator certificate will be created.
154 createForOperator: true
155   # -- When set to 'true' the Web Console / REST API certificate will be created.
156 createForWebApi: true
157   # -- (string) The Secret name with the Operator Webhooks certificate issued by the Kubernetes cluster CA
158   #   of type kubernetes.io/tls. See https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/secret/#tls-secrets
159 secretName:
160   # -- When set to 'true' the Operator certificates will be regenerated if 'createForOperator' is set to 'true', and the certificate is expired or invalid.
161 regenerateCert: true
162   # -- (integer) The duration in days of the generated certificate for the Operator after which it will expire and be regenerated.
163   #   If not specified it will be set to 730 (2 years) by default.
164 certDuration: 730
165   # -- (string) The Secret name with the Web Console / REST API certificate
166   #   of type kubernetes.io/tls. See https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/secret/#tls-secrets
167 webSecretName:
168   # -- 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.
169 regenerateWebCert: true
170   # -- 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.
171 regenerateWebRsa: true
172   # -- (integer) The duration in days of the generated certificate for the Web Console / REST API after which it will expire and be regenerated.
173   #   If not specified it will be set to 730 (2 years) by default.
174 webCertDuration:
175   # -- (integer) The duration in days of the generated RSA key pair for the Web Console / REST API after which it will expire and be regenerated.
176   #   If not specified it will be set to 730 (2 years) by default.
177 webRsaDuration:
178   # -- (string) The private RSA key used to create the Operator Webhooks certificate issued by the
```

```
181 # Kubernetes cluster CA.
182 key:
183 # -- (string) The Operator Webhooks certificate issued by Kubernetes cluster CA.
184 crt:
185 # -- (string) The private RSA key used to generate JWTs used in REST API authentication.
186 jwtRsaKey:
187 # -- (string) The public RSA key used to verify JWTs used in REST API authentication.
188 jwtRsaPub:
189 # -- (string) The private RSA key used to create the Web Console / REST API certificate
190 webKey:
191 # -- (string) The Web Console / REST API certificate
192 webCrt:
193 # Section to configure cert-manager integration to generate Operator certificates
194 certManager:
195 # -- When set to 'true' then Issuer and Certificate for Operator and Web Console / REST API
196 #   Pods will be generated
197 autoConfigure: false
198 # -- The requested duration (i.e. lifetime) of the Certificates. See https://cert-manager.io/docs/reference/api-docs/#cert-manager.io%2fv1
199 duration: "2160h"
200 # -- How long before the currently issued 'certificates' expiry cert-manager should renew the certificate. See https://cert-manager.io/docs/reference/api-docs/#cert-manager.io%2fv1
201 renewBefore: "360h"
202 # -- The private key cryptography standards (PKCS) encoding for this 'certificates' private key to be encoded in. See https://cert-manager.io/docs/reference/api-docs/#cert-
203 manager.io/v1.CertificatePrivateKey
204 encoding: PKCS1
205 # -- Size is the key bit size of the corresponding private key for this certificate. See https://cert-manager.io/docs/reference/api-docs/#cert-manager.io/v1.
206 CertificatePrivateKey
207 size: 2048
208
209 # Section to configure RBAC for Web Console admin user
210 rbac:
211 # -- When set to 'true' the admin user is assigned the 'cluster-admin' ClusterRole by creating
212 #   ClusterRoleBinding.
213 create: true
214
215 # Section to configure Web Console authentication
216 authentication:
217 # -- Specify the authentication mechanism to use. By default is 'jwt', see https://stackgres.io/doc/latest/api/rbac#local-secret-mechanism.
218 #   If set to 'oidc' then see https://stackgres.io/doc/latest/api/rbac/#openid-connect-provider-mechanism.
219 type: jwt
220 # -- (boolean) When 'true' will create the secret used to store the 'admin' user credentials to access the UI.
221 createAdminSecret: true
222 # -- The admin username that will be required to access the UI
223 user: admin
224 # -- (string) The admin password that will be required to access the UI
225 #password: "TES2&Daggerfall"
226 password:
227 # Section to configure Web Console OIDC authentication
228 oidc:
229 # tlsVerification -- (string) Can be one of 'required', 'certificate-validation' or 'none'
230 # Section to configure Prometheus integration.
231 prometheus:
232
233 allowAutobind: true
```

```
232 # Section to configure Grafana integration
233 grafana:
234   # -- When set to 'true' embed automatically Grafana into the Web Console by creating the
235   # StackGres dashboards and the read-only role used to read it from the Web Console
236   autoEmbed: false
237   # -- The schema to access Grafana. By default http. (used to embed manually and
238   # automatically grafana)
239   schema: http
240   # -- (string) The service host name to access grafana (used to embed manually and
241   # automatically Grafana).
242   webHost:
243     # -- The datasource name used to create the StackGres Dashboards into Grafana
244   datasourceName: Prometheus
245   # -- The username to access Grafana. By default admin. (used to embed automatically
246   # Grafana)
247   user: admin
248   # -- The password to access Grafana. By default prom-operator (the default in for
249   # kube-prometheus-stack helm chart). (used to embed automatically Grafana)
250   password: prom-operator
251   # -- Use following fields to indicate a secret where the grafana admin credentials are stored (replace user/password)
252
253   # -- (string) The namespace of secret with credentials to access Grafana. (used to
254   # embed automatically Grafana, alternative to use 'user' and 'password')
255   secretNamespace:
256   # -- (string) The name of secret with credentials to access Grafana. (used to embed
257   # automatically Grafana, alternative to use 'user' and 'password')
258   secretName:
259   # -- (string) The key of secret with username used to access Grafana. (used to embed
260   # automatically Grafana, alternative to use 'user' and 'password')
261   secretUserKey:
262   # -- (string) The key of secret with password used to access Grafana. (used to
263   # embed automatically Grafana, alternative to use 'user' and 'password')
264   secretPasswordKey:
265   # -- (string) The ConfigMap name with the dashboard JSONs
266   # that will be created in Grafana. If not set the default
267   # StackGres dashboards will be created. (used to embed automatically Grafana)
268   dashboardConfigMap:
269   # -- (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.first-it.ch%3A8080?skipHostnameVerification:true&setHttpScheme:true
279   cache:
280     # -- When set to 'true' enable the extensions cache.
281   enabled: false
282   # -- An array of extensions pattern used to pre-loaded extensions into the extensions cache
283   preloadedExtensions:
284     - x86_64/linux/timescaledb-1\.7\.4-pg12
285   # Section to configure the extensions cache PersistentVolume
```

```
286 persistentVolume:
287   size: 60Gi
288   storageClass: "stackgres-storage"
289   hostPath:
290 developer:
291   version:
292     # -- (string) Set 'quarkus.log.level'. See https://quarkus.io/guides/logging#root-logger-configuration
293   logLevel:
294     # -- If set to 'true' add extra debug to any script controlled by the reconciliation cycle of the operator configuration
295   showDebug: false
296     # -- Set 'quarkus.log.console.format' to '%d{yyyy-MM-dd HH:mm:ss,SSS} %-5p [%c{4.}] (%t) %s%e%n'. See https://quarkus.io/guides/logging#logging-format
297   showStackTraces: false
298     # -- Only work with JVM version and allow connect
299     # on port 8000 of operator Pod with jdb or similar
300   enableJvmDebug: false
301     # -- Only work with JVM version and if 'enableJvmDebug' is 'true'
302     # suspend the JVM until a debugger session is started
303   enableJvmDebugSuspend: false
304     # -- (string) Set the external Operator IP
305   externalOperatorIp:
306     # -- (integer) Set the external Operator port
307   externalOperatorPort:
308     # -- (string) Set the external REST API IP
309   externalRestApiIp:
310     # -- (integer) Set the external REST API port
311   externalRestApiPort:
312     # -- If set to 'true' and 'extensions.cache.enabled' is also 'true'
313     # it will try to download extensions from images (experimental)
314   allowPullExtensionsFromImageRepository: false
315     # -- It set to 'true' disable arbitrary user that is set for OpenShift clusters
316   disableArbitraryUser: false
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 90: 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 91: 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 92: 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 93: 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 94: 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 95: StackGres-Citus - System Passwort Cleanup

### VI.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 96: 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 97: StackGres-Citus - Benchmarking - SGInstanceProfile Shard

Deploy 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 98: StackGres-Citus - Benchmarking - Instanz-Profil Deploy

Auf ein Deployment einer SGPostgresConfig wurde verzichtet, da für Patroni in den ersten drei Benchmarks keine spezifischen Anpassungen erfuhrt.

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 99: StackGres-Citus - Benchmarking - SGShardedCluster

Der Deploy:

```
1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/stackgres_citus/SGShardedCluster_pgbench.yaml
```

Listing 100: 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 101: StackGres-Citus - Benchmark DB Passwort

#### VI.V.IV Deployment - Self Healing Tests

Auch hier wurde zuerst das Instanz-Profil für den Coordinator und die Shards deployt:

```

1 #Not needed actually
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 102: StackGres-Citus - Self Healing Testing - SGInstanceProfile Coordinator

```
1 #Not needed actually
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 103: 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 104: 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 105: 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 106: 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 107: StackGres-Citus - Self Healing Testing DB Passwort

## VI.V.V Rekonfiguration mit 250GiB Storage

### VI.V.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 108: StackGres-Citus - Deinstallieren

### VI.V.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 109: StackGres-Citus - StorageClass setzen

```
1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/stackgres_citus/storageclass_big.yaml
```

Listing 110: StackGres-Citus - StorageClass / PersistentVolume Grosse Volumes aktivieren

### VI.V.V.III Installation

```
1 kubectl create namespace sg-platform
```

Listing 111: StackGres-Citus - Namespace 250GiB

Natürlich muss auch wieder das helm-Manifest deployt 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 112: StackGres-Citus - Installation 250GiB

### VI.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 113: 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 114: 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 115: StackGres-Citus - Benchmarking - Instanz-Profil Deploy 250GiB

Das Manifest für den Benchmark-Cluster wurde die Shard-Cluster Anzahl auf 2 reduziert und die PVC entsprechend dimensioniert:

```

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
18     disableConnectionPooling: true
19     sgInstanceProfile: "sg-pgbench-coordinator"
20   shards:
21     clusters: 2 # gramic, 19.04.2024: 250GiB Tabelle
22     instancesPerCluster: 1
23   pods:
24     persistentVolume:
25       size: '230Gi'
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 116: StackGres-Citus - Benchmarking - SGShardedCluster 250GiB

Der Deploy:

```
1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/stackgres_citus/stackgres_citus/SGShardedCluster_pgbench.yaml
```

Listing 117: StackGres-Citus - Benchmark - Cluster Deploy 250GiB

## VI.V.VI SQL Statements - Benchmarking

Für das Benchmarking wird die Tabelle pgbench\_eval\_bench bereits beim Deployment erstellt.

Allerdings ohne Tablespace.

Daher sind keine weiteren Schritte an dieser Stelle notwendig, die Tabellen werden von pgbench beim Initialisieren erstellt.

## VI.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 Tablespace 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;drop schema if exists accountands;
30 create schema accountands authorization accountands;
31 drop schema if exists customer_serviceOfficers;
32 create schema customer_serviceOfficers authorization customer_serviceOfficers;
33 drop schema if exists generell;
34 create schema generell;
35
36 -- GRANTS erstellen
37 grant all on all tables in schema hrm to legal_affairs;
38 grant all on all tables in schema accountands to legal_affairs;
39 grant all on all tables in schema customer_serviceOfficers to legal_affairs;
40 grant all on all tables in schema generell to legal_affairs;
41 grant all on all tables in schema hrm to postgres;
42 grant all on all tables in schema accountands to postgres;
43 grant all on all tables in schema customer_serviceOfficers to postgres;
44 grant all on all tables in schema generell to postgres;
45
46 -- self_healing_accounts für Schema customer_serviceOfficers
47 drop table if exists customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
48 create table customer_serviceOfficers.self_healing_accounts (
49     account_id int primary key,
50     firstname varchar(255) not null,
51     lastname varchar(255) not null,
52     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.self_healing_accounts(firstname, lastname, birthday);
60 SELECT create_reference_table('customer_serviceOfficers.self_healing_accounts');
61
62 -- self_healing_employees für Schema hrm
63 drop table if exists hrm.self_healing_employees;
64 create table hrm.self_healing_employees (
65     employees_id int primary key,
66     firstname varchar(255) not null,
67     lastname varchar(255) not null,
68     birthday date not null,
69     postal_code varchar(50),
70     street varchar(255),
71     country_code varchar(2),
72     phone varchar(25),
73     mail varchar(255) check (mail like '%@%')
74 );
75 create unique index employees_personal_mark on hrm.self_healing_employees(firstname, lastname, birthday);
76 SELECT create_reference_table('hrm.self_healing_employees');
77
78 -- self_healing_accountand_protocol für Schema accountands
79 drop table if exists accountands.self_healing_accountand_protocol;
80 create table accountands.self_healing_accountand_protocol (
```

```

81 acc_protocol_id int primary key,
82 description varchar(100) not null,      protocol_date date not null,
83 employees_id int not null,
84 rapport TEXT,
85 foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on update restrict on delete restrict
86 );
87 SELECT create_reference_table('accountands.self_healing_accountand_protocol');
88
89 -- self_healing_intranet für public Schema
90 drop table if exists generell.self_healing_intranet;
91 create table generell.self_healing_intranet (
92     intranet_id int primary key,
93     content text
94 );
95 SELECT create_reference_table('generell.self_healing_intranet');
96
97 -- self_healing_intranet für public Schema
98 drop table if exists generell.self_healing_intranet_users;
99 create table generell.self_healing_intranet_users (
100    intranet_user_id int primary key,
101    employees_id int not null,
102    foreign key (employees_id) references hrm.self_healing_employees(employees_id) on update restrict on delete restrict
103 );
104 create unique index intranet_unique_combi on generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id);
105 SELECT create_reference_table('generell.self_healing_intranet_users');

```

Listing 118: StackGres-Citus - 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
12 insert into accountands.self_healing_accountand_protocol (acc_protocol_id, description, protocol_date, employees_id, rapport) values (300, 'something', '07.04.2024', 300, 'something');
13
14 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (100, 'yadada');
15 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (500, 'bla bla');
16 insert into generell.self_healing_intranet(intranet_id, content) VALUES (1000, 'talking and talking');
17
18 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values(100, 100);
19 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values(200, 200);
20 insert into generell.self_healing_intranet_users(intranet_user_id, employees_id) values(300, 300);
21
22 select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
23 select * from hrm.self_healing_employees;
24 select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;

```

```
24 select * from generell.self_healing_intranet_users;
```

Listing 119: StackGres-Citus - Self Healing Tests - Init Data

Während dem Failover-Test müssen Daten beschrieben werden:

```

1 insert into customer_service_officers.self_healing_accounts (account_id, firstname, lastname, birthday) VALUES (400, 'i', 'j', '01.01.2005');
2 insert into customer_service_officers.self_healing_accounts (account_id, firstname, lastname, birthday) VALUES (500, 'k', 'l', '01.01.2003');
3 insert into customer_service_officers.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 );
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
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;
25 select * from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 120: 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_service_officers.self_healing_accounts;
6 select count(*) from hrm.self_healing_employees;
7 select count(*) from accountands.self_healing_accountand_protocol;
8 select count(*) from generell.self_healing_intranet;
9 select count(*) from generell.self_healing_intranet_users;

```

Listing 121: StackGres-Citus - Self Healing Tests - Recovery Data

## VII Evaluationssysteme - Benchmarking

### VII.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_4_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
33 # Benchmarking dql
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_1_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_2_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_3_yugabytedb_dql_benchmark.txt
37 ./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
38
39 #####
40 # 3. Lauf      #
41 # ca. 50GiB    #
42 #####
43 ./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
44
45 # Benchmarking mixed
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_1_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_2_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_3_yugabytedb_mixed_benchmark.txt
```

```

49 ./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
50 # Benchmarking dql ./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
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_2_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_3_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_4_yugabytedb_dql_benchmark.txt
54
55
56 ######
57 # 4. Lauf #
58 # ca. 250GiB #
59 #####
60 ./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
61
62 # Benchmarking mixed
63 ./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
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_2_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_3_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_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 122: YugabyteDB - Benchmarking-Commands

Die grössere 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 123: YugabyteDB - Benchmarking - Table Size SQL

## VII.II Patroni

Pro Lauf werden erst die Daten initialisiert werden.

Wichtig ist dabei, dass die beiden Tablespace 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 mixedpgbench -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
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_2_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_3_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_4_patroni_mixed_benchmark.txt
12
13 # Benchmarking dql
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_1_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_2_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_3_patroni_dql_benchmark.txt
17 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
18
19 #####
20 # 2. Lauf #
21 # ca. 15GiB #
22 #####
23 # Init
24 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
25
26 # Benchmarking mixed
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_1_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_2_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_3_patroni_mixed_benchmark.txt
30 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
31 # Benchmarking dql
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_1_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_2_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_3_patroni_dql_benchmark.txt
35 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
36
37 #####
38 # 3. Lauf #
39 # ca. 50GiB #
40 #####
41 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
42
43 # Benchmarking mixed
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_1_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_2_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_3_patroni_mixed_benchmark.txt
47 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
48 # Benchmarking dql
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_1_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_2_patroni_dql_benchmark.txt
51 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
52 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
53
54
55 #####
56 # 4. Lauf #
57 # ca. 250GiB #
58 #####
```

```

59 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
60 # Benchmarking mixedpgbench -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 124: Patroni - Benchmarking-Commands

Die grössere der Tabellen lässt sich wie folgt auslesen:

```
1 SELECT pg_size_pretty( pg_database_size('pgbench_eval_bench') );
```

Listing 125: Patroni - Benchmarking - Table Size SQL

### VII.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      #
3 # ca. 5GiB     #
4 #####
5 # Init
6 pgbench --host=10.0.20.106 --port=5432 --initialize --scale=400 --foreign-keys --fillfactor=100 --username=dtgvpf --username=postgres pgbench_eval_bench
7
8 # Benchmarking mixed
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_1_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_2_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_3_stackgresmixed_benchmark.txt
12 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
13
14 # Benchmarking dql
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_1_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_2_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_3_stackgresdql_benchmark.txt
18 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
19
20 #####
21 # 2. Lauf      #
22 # ca. 15GiB    #
23 #####
24 # Init
25 pgbench --host=10.0.20.106 --port=5432 --initialize --scale=1200 --foreign-keys --fillfactor=100 --username=dtgvpf --username=postgres pgbench_eval_bench
26

```

```

27 # Benchmarking mixed
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_1_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_2_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_3_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 #
39 # ca. 50GiB #
40 #####
41 pgbench --host=10.0.20.106 --port=5432 --initialize --scale=3999 --foreign-keys --fillfactor=100 --username=dtgvpf --username=postgres pgbench_eval_bench
42
43 # Benchmarking mixed
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_1_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_2_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_3_stackgres_mixed_benchmark.txt
47 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
48 # Benchmarking dql
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_1_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_2_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_3_stackgres_dql_benchmark.txt
52 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
53
54
55 #####
56 # 4. Lauf #
57 # ca. 250GiB #
58 #####
59 pgbench --host=10.0.20.106 --port=5432 --initialize --scale=16784 --foreign-keys --fillfactor=100 --username=dtgvpf --username=postgres pgbench_eval_bench
60
61 # Benchmarking mixed
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_1_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_2_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_3_stackgresmixed_benchmark.txt
65 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
66 # Benchmarking dql
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_1_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_2_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_3_stackgresdql_benchmark.txt
70 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 126: StackGres-Citus - Benchmarking-Commands

Die grössere der Tabellen lässt sich wie folgt auslesen:

```
1 SELECT * FROM citus_tables;
```

Listing 127: 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.

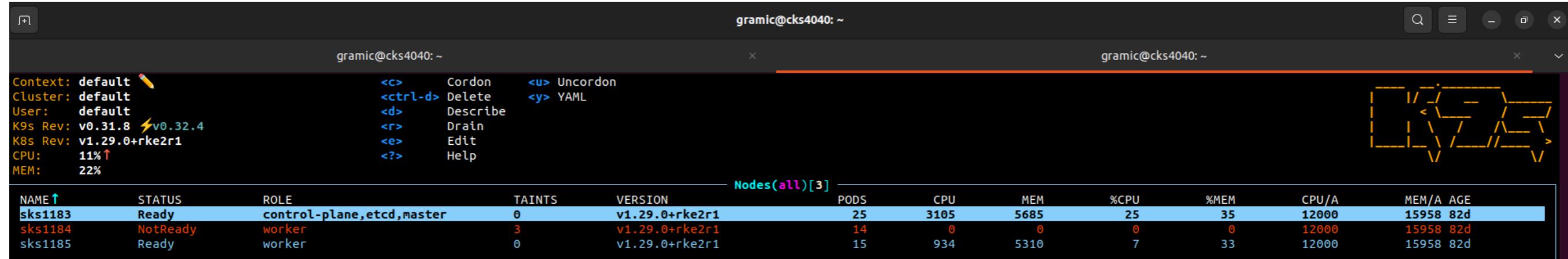
Die korrekte Grösse muss wie folgt kalkuliert werden:

$$\text{realsize} = \frac{\text{size}}{[\text{coordinator}_{\text{syncInstances}} + (\text{shard}_{\text{clusters}} \times \text{shard}_{\text{instancesPerCluster}})]}$$

## VIII Evaluationssysteme - Testing

### VIII.I StackGres - Citus

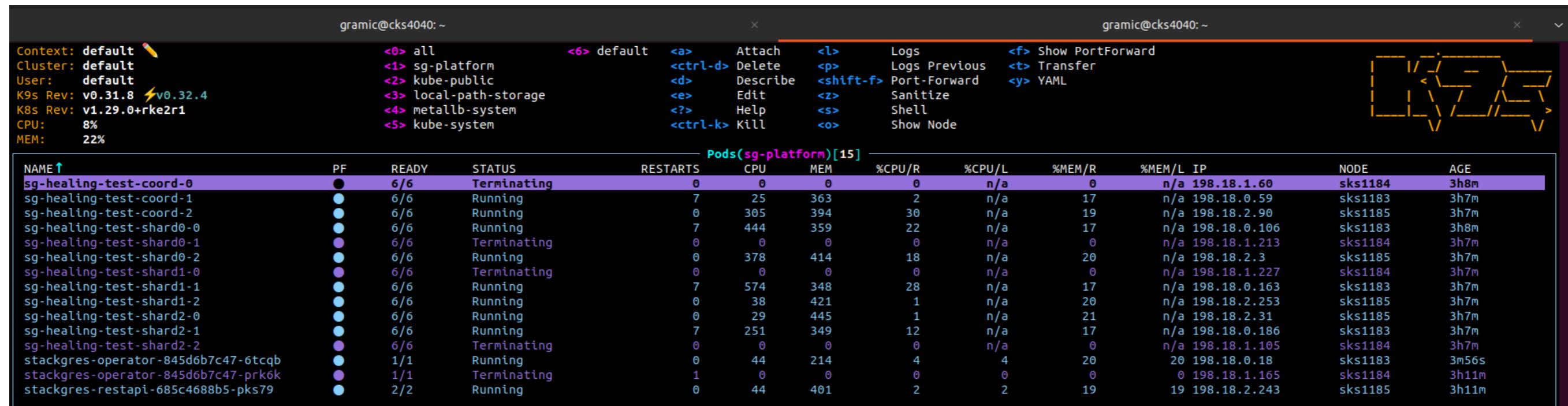
Der Node ging down, als der Server sks1184 heruntergefahren wurde:



NAME	STATUS	ROLE	TRAINTS	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	0	0	0	12000	15958	82d
sks1185	Ready	worker	0	v1.29.0+rke2r1	15	934	5310	7	33	12000	15958	82d

Abbildung XL: StackGres Testing - Node sks1184 down

Entsprechend wurden die Pods ebenfalls auf terminating gesetzt:



NAME	PF	READY	STATUS	RESTARTS	CPU	MEM	%CPU/R	%CPU/L	%MEM/R	%MEM/L	IP	NODE	AGE
sg-healing-test-coord-0	●	6/6	Terminating	0	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	3h8m
sg-healing-test-shard0-1	●	6/6	Terminating	0	0	0	0	n/a	0	n/a	198.18.1.213	sks1184	3h7m
sg-healing-test-shard0-2	●	6/6	Running	0	378	414	18	n/a	20	n/a	198.18.2.3	sks1185	3h7m
sg-healing-test-shard1-0	●	6/6	Terminating	0	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	0	n/a	0	n/a	198.18.1.105	sks1184	3h7m
stackgres-operator-845d6b7c47-6tcqb	●	1/1	Running	0	44	214	4	4	20	20	198.18.0.18	sks1183	3m56s
stackgres-operator-845d6b7c47-prk6k	●	1/1	Terminating	1	0	0	0	0	0	0	198.18.1.165	sks1184	3h11m
stackgres-restapi-685c4688b5-pks79	●	2/2	Running	0	44	401	2	2	19	19	198.18.2.243	sks1185	3h11m

Abbildung XLI: StackGres Testing - Pods Down

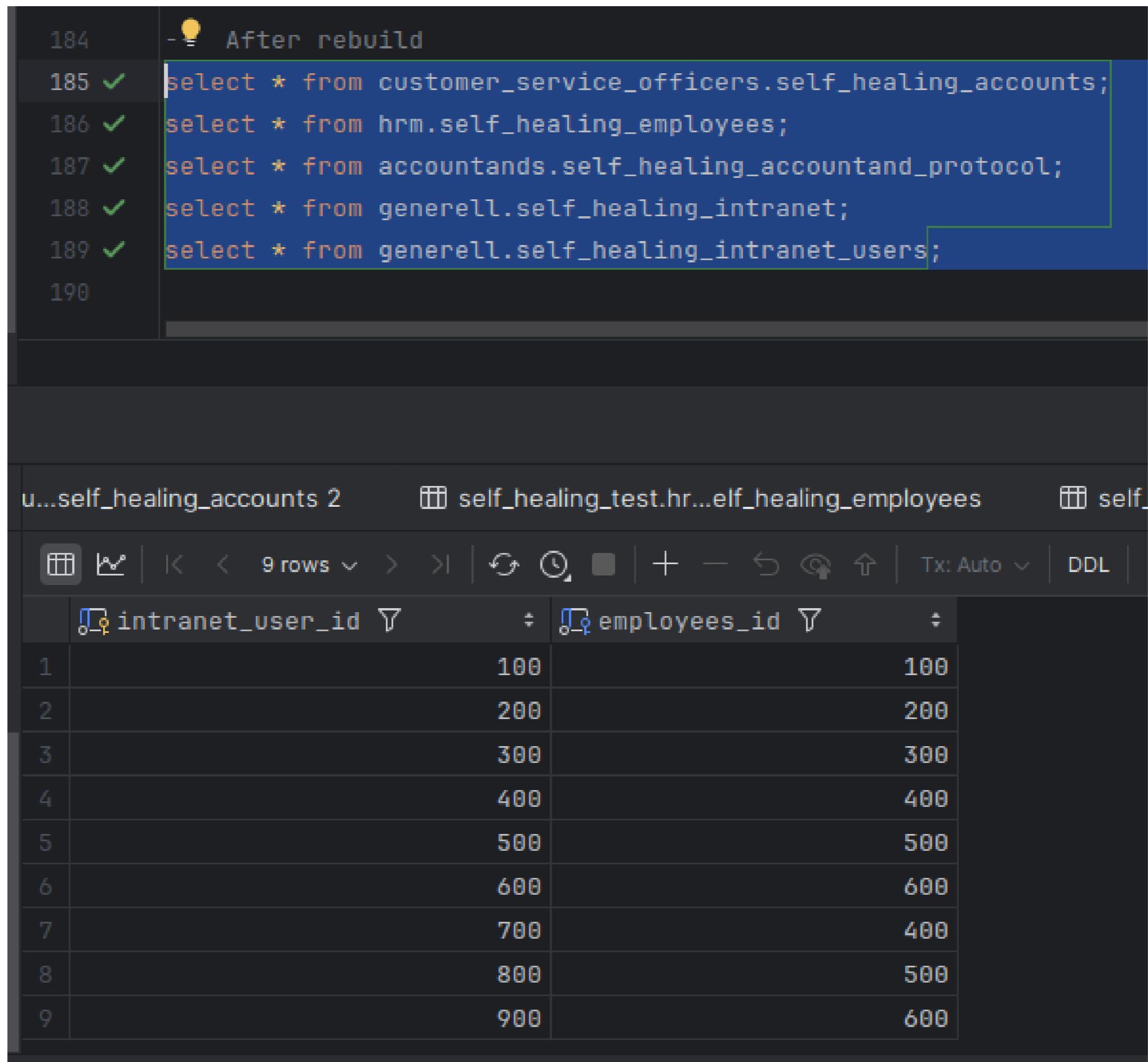
Der Patroni-Leader des Coordinators aber auch die der Shards wurden einem Failover ausgeführt:

```
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 XLII: StackGres Testing - Patroni Übersicht

Während dieser Zeit, ist die DB immer erreichbar:

```
184 -💡 After rebuild
185 ✓ select * from customer_serviceOfficers.self_healing_accounts;
186 ✓ select * from hrm.self_healing_employees;
187 ✓ select * from accountands.self_healing_accountand_protocol;
188 ✓ select * from generell.self_healing_intranet;
189 ✓ select * from generell.self_healing_intranet_users;
190
```



	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 XLIII: StackGres Testing - DB Zugriff

Allerdings werden längere Transaktionen geschlossen:

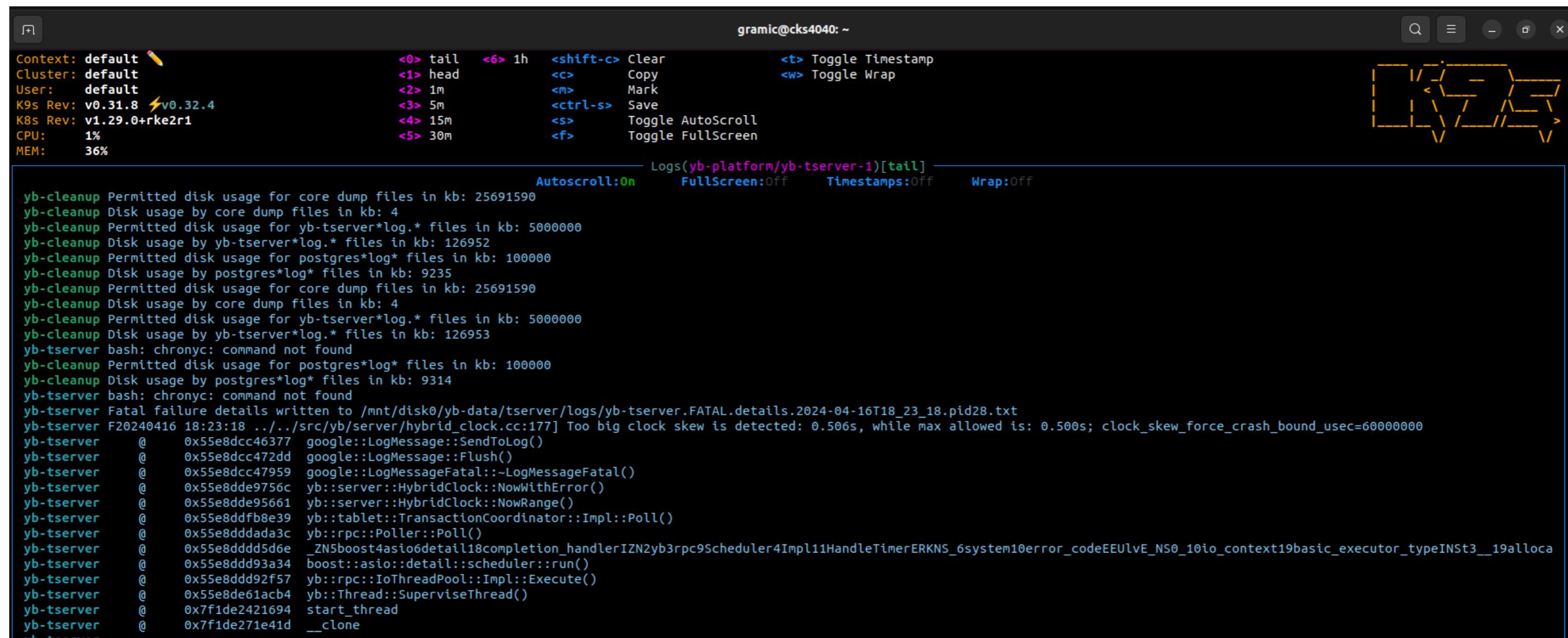
Citus cluster: sg-healing-test						
Group	Member	Host	Role	State	TL	Lag in MB
0	sg-healing-test-coord-0	198.18.1.106:7433	Sync Standby	streaming	3	0
0	sg-healing-test-coord-1	198.18.0.59:7433	Sync Standby	streaming	3	0
0	sg-healing-test-coord-2	198.18.2.90:7433	Leader	running	3	
1	sg-healing-test-shard0-0	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 XLIV: StackGres Testing - Connection Timeout

## VIII.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> tail <6> 1h <shift-c> Clear <t> Toggle Timestamp
Cluster: default <1> head <cc> Copy <w> Toggle Wrap
User: default <2> 1m <m> Mark
K9s Rev: v0.31.8 ⚡v0.32.4 <3> 5m <ctrl-s> Save
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1 <4> 15m <s> Toggle AutoScroll
CPU: 1% <5> 30m <f> Toggle FullScreen
MEM: 36%
```

Logs(yb-platform/yb-tserver-1)[tail]

Autoscroll:On FullScreen:Off Timestamps:Off Wrap:Off

```
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-cleanup Disk usage by postgres*log* files in kb: 9314
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: 0.506s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usecs=60000000
yb-tserver @ 0x55e8dcc46377 google::LogMessage::SendToLog()
yb-tserver @ 0x55e8dcc472dd google::LogMessage::Flush()
yb-tserver @ 0x55e8dcc47959 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 @ 0x55e8dddada3c yb::rpc::Poller::Poll()
yb-tserver @ 0x55e8ddd5d6e _ZN5boost4asio6detail8completion_handlerIZN2yb3rpc9Scheduler4Impl11HandleTimerERKNS_6system10error_codeEEUlxE_NS0_10io_context19basic_executor_typeINSt3__19allocat
yb-tserver @ 0x55e8ddd93a34 boost::asio::detail::scheduler::run()
yb-tserver @ 0x55e8ddd92f57 yb::rpc::IoThreadPool::Impl::Execute()
yb-tserver @ 0x55e8de61acb4 yb::Thread::SuperviseThread()
yb-tserver @ 0x7f1de2421694 start_thread
yb-tserver @ 0x7f1de271e41d __clone
```

Abbildung XLV: YugabyteDB - Too big clock skew is detected

Eine Folge ist, dass kein neuer Leader bestimmt werden kann:

Tablet ID							Partition	SplitDepth	State	Hidden	Message	RaftConfig
a2c249ed8ebc4f068c00735c9acc40c5	hash_split: [0xAAAA, 0xFFFF]	0	Running	0	Tablet reported with an active leader						<ul style="list-style-type: none"> <li>• LEADER: <a href="#">yb-tserver-1.yb-tservers.yb-platform.svc.cluster.local (HAS_LEASE)</a> Remaining ht_lease (may be stale): -148310 ms UUID: 015d6a1c121c4648879d2dd2f6f7747c</li> <li>• FOLLOWER: <a href="#">yb-tserver-2.yb-tservers.yb-platform.svc.cluster.local</a> UUID: d44aa240148c4e15a0684e4ac6dc9a9d</li> </ul>	
ada5becc50e948588337990cf8f61bf8	hash_split: [0x5555, 0xAAA9]	0	Running	0	Tablet reported with an active leader					<ul style="list-style-type: none"> <li>• FOLLOWER: <a href="#">yb-tserver-1.yb-tservers.yb-platform.svc.cluster.local</a> UUID: 015d6a1c121c4648879d2dd2f6f7747c</li> <li>• LEADER: <a href="#">yb-tserver-2.yb-tservers.yb-platform.svc.cluster.local (NO_MAJORITY_REPLICATEDLEASE)</a> Cannot replicate lease for past 4 heartbeats UUID: d44aa240148c4e15a0684e4ac6dc9a9d</li> </ul>		
a6609fe063354432bcb38b435fe1413d	hash_split: [0x0000, 0x5554]	0	Running	0	Tablet reported with an active leader					<ul style="list-style-type: none"> <li>• FOLLOWER: <a href="#">yb-tserver-1.yb-tservers.yb-platform.svc.cluster.local</a> UUID: 015d6a1c121c4648879d2dd2f6f7747c</li> <li>• LEADER: <a href="#">yb-tserver-2.yb-tservers.yb-platform.svc.cluster.local (NO_MAJORITY_REPLICATEDLEASE)</a> Cannot replicate lease for past 29 heartbeats UUID: d44aa240148c4e15a0684e4ac6dc9a9d</li> </ul>		

Abbildung XLVI: YugabyteDB - Tablet Leader - No Lease

Als nächstes wird der komplette tserver in einem CrashLoopBackOff fallen:

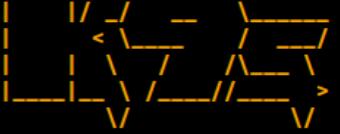
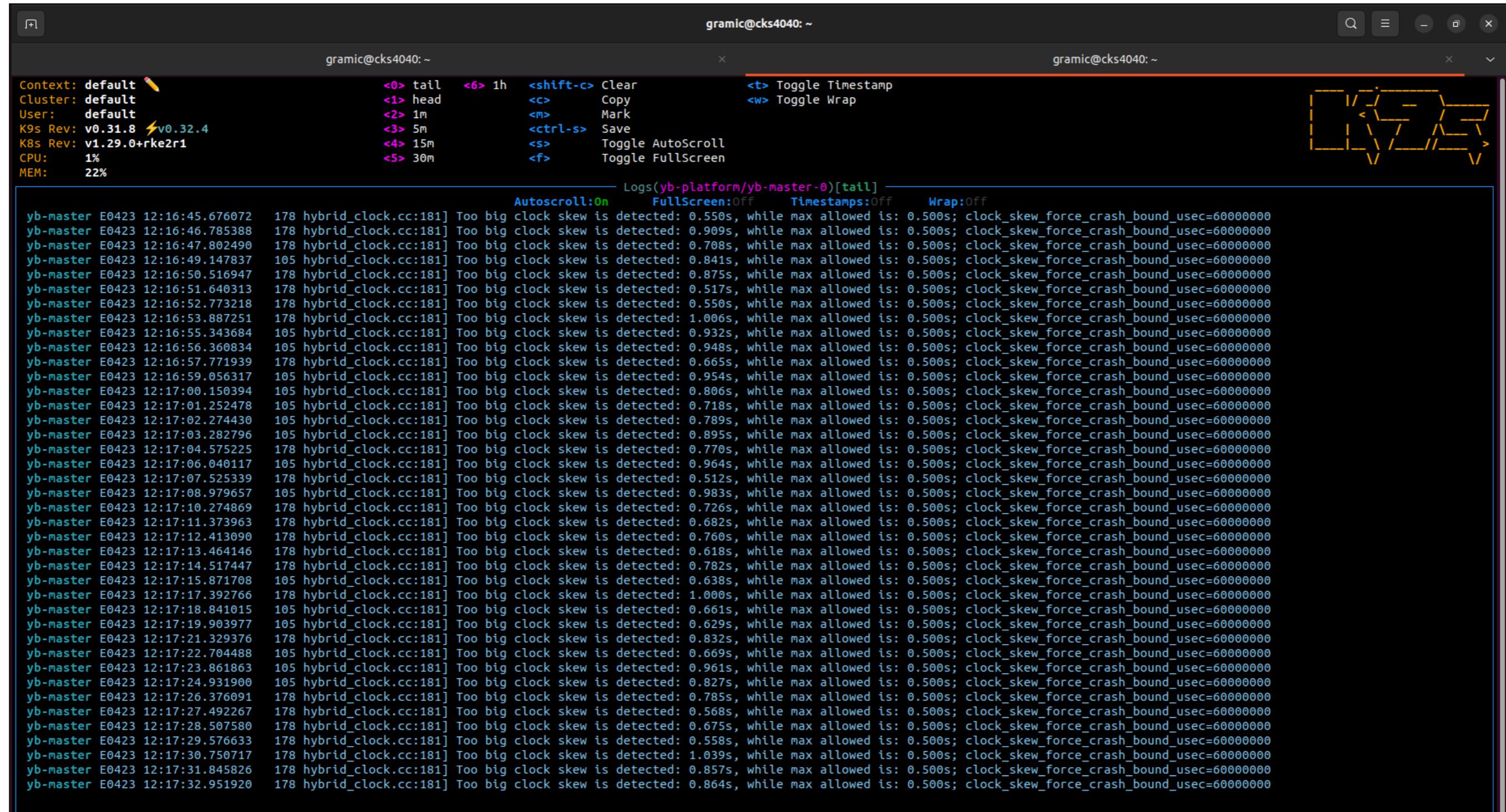
Screenshot captured													
You can paste the image from the clipboard.													
<f> Show PortForward <t> Transfer <y> YAML													
													
NAME↑	PF	READY	STATUS	RESTARTS	CPU	MEM	%CPU/R	%CPU/L	%MEM/R	%MEM/L	IP	NODE	AGE
yb-master-0	(F)	2/2	Running	0	11	238	0	n/a	23	n/a	198.18.1.68	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-2	(●)	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
<b>yb-tserver-1</b>	(●)	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 XLVII: YugabyteDB - CrashLoopBackOff

Der ganze Cluster an sich aber bleibt Arbeitsfähig.

Anders sieht es aus, wenn auch tmaster-Nodes von Start weg betroffen sind.

Es werden aber primär nur die Logs überall geschrieben:



```

Context: default
Cluster: default
User: default
K9s Rev: v0.31.8 ⚡v0.32.4
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1
CPU: 1%
MEM: 22%  

Logs(yb-platform/yb-master-0)[tail]  

Autoscroll:On FullScreen:Off Timestamps:Off Wrap:Off
yb-master E0423 12:16:45.676072 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.550s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:46.785388 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.909s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:47.802490 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.708s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:49.147837 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.841s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:50.516947 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.875s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:51.640313 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.517s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:52.773218 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.550s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:53.887251 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 1.006s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:55.343684 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.932s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:56.360834 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.948s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:57.771939 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.665s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:16:59.056317 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.954s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:00.150394 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.806s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:01.252478 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.718s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:02.274430 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.789s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:03.282796 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.895s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:04.575225 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.770s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:06.040117 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.964s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:07.525339 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.512s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:08.979657 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.983s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:10.274869 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.726s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:11.373963 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.682s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:12.413090 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.760s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:13.464146 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.618s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:14.517447 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.782s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:15.871708 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.638s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:17.392766 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 1.000s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:18.841015 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.661s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:19.903977 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.629s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:21.329376 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.832s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:22.704488 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.669s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:23.861863 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.961s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:24.931900 105 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.827s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:26.376091 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.785s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:27.492267 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.568s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:28.507580 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.675s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:29.576633 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.558s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:30.750717 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 1.039s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:31.845826 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.857s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-master E0423 12:17:32.951920 178 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.864s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000

```

Abbildung XLVIII: YugabyteDB - Too big clock skew is detected - tmaster

gramic@cks4040: ~

```

Context: default <6> 1h <shift-c> Clear <t> Toggle Timestamp
Cluster: default <1> head <c> Copy <w> Toggle Wrap
User: default <2> 1m <m> Mark
K9s Rev: v0.31.8 ⚡v0.32.4 <3> 5m <ctrl-s> Save
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1 <4> 15m <s> Toggle AutoScroll
CPU: 0% <5> 30m <f> Toggle FullScreen
MEM: 22%
  
```

Logs(yb-platform/yb-tserver-1)[tail]

Autoscroll:On FullScreen:Off Timestamps:Off Wrap:Off

```

yb-tserver E0423 11:44:56.039235 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.806s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:44:57.039614 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.798s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:44:58.039772 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.779s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:44:59.039928 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.718s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:00.040057 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.781s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:01.040220 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.672s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:02.040351 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.777s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:03.040545 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.759s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:04.040710 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.759s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:05.040827 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.810s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:06.040973 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.810s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:07.041210 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.800s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:08.041371 139 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.786s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:09.041580 139 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.799s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:10.041759 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.811s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:11.041956 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.794s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:12.042100 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.815s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:13.042212 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.818s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:14.042308 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.708s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:15.042454 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.776s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:16.042851 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.807s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:17.043002 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.804s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:17.043002 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.804s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:18.043179 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.803s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:19.043371 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.791s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:20.043519 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.652s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:21.043641 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.717s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:22.043789 139 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.820s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:23.043915 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.745s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:24.044063 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.822s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:25.044202 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.824s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:26.044380 142 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.827s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:27.044510 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.823s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:28.044632 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.792s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:29.044777 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.806s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:30.044929 141 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.818s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:31.045047 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.829s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:32.045161 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.773s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:33.045315 140 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.822s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
yb-tserver E0423 11:45:34.045454 139 hybrid_clock.cc:181] Too big clock skew is detected: 0.781s, while max allowed is: 0.500s; clock_skew_force_crash_bound_usec=60000000
  
```

Abbildung XLIX: YugabyteDB - Too big clock skew is detected - tserver

YugabyteDB erlaubt in so einem Fall keine Zugriffe mehr auf den Cluster.

So wird verhindert, dass der Cluster korrumptiert wird.

## IX Exkurs Architekturen - Umsysteme und Prinzipien

### IX.I Raft-Konsensus

## IX.II local-path-provisioner

## X Python Utils

## X.I zotero.py

```

1 import json
2 import pybtex
3 import requests
4 import os
5 from pybtex.database import BibliographyData, Entry, Person
6 from dateutil.parser import parse
7 import math
8 import yaml
9
10 # Load the Configurations
11 def load_configuration(zotero_conf_filename):
12     zotero_bibtex_config = dict()
13     zotero_conf_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'source', 'configuration')
14
15     yaml_path = os.path.join(zotero_conf_dir, zotero_conf_filename)
16
17     with open(yaml_path, "r") as file:
18         zotero_bibtex_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
19
20     return zotero_bibtex_config
21 def download_zotero_data(URL, API_KEY):
22     zotero_result = list()
23     response = requests.get(URL, headers={'Zotero-API-Key': API_KEY})
24     response = response.json()
25     zotero_raw = json.dumps(response, ensure_ascii=False) # json.loads(response)
26     zotero_result = json.loads(zotero_raw)
27     return zotero_result
28
29 # Get the bibtex Data from Zotero
30 def get_data(zotero_bibtex_config):
31     result_limit = int(zotero_bibtex_config.get('result_limit'))
32     access_type = zotero_bibtex_config.get('access_type')
33     zotero_access_id = zotero_bibtex_config.get('zotero_access_id')
34     collection_id = zotero_bibtex_config.get('collection_id')
35     API_KEY = zotero_bibtex_config.get('api_key')
36     zotero_data = list()
37     URL = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(zotero_access_id) + '/collections/' + str(
38         collection_id) + '/items?limit=1/format=json?sort=dateAdded?direction=asc'
39
40     response = requests.get(URL, headers={'Zotero-API-Key': API_KEY})
41
42     header_dict = response.headers
43     total_elements = int(header_dict.get('Total-Results'), 0)
44
45     if total_elements < result_limit:
46         URL_ALL_ITEMS = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(
47             zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?limit=' + str(
48             result_limit) + '?format=json?sort=dateAdded?direction=asc'

```

```
49     zotero_result = download_zotero_datas(URL_ALL_ITEMS, API_KEY)
50     zotero_data.extend(zotero_result)    else:
51     runs = int(math.ceil(total_elements / result_limit))
52     index = 0
53     start_index = 0
54     while index < runs:
55         URL_Separated = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(
56             zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?limit=' + str(
57             result_limit) + '?format=json?sort=dateAdded?direction=asc' + '&start=' + str(start_index)
58         zotero_result = download_zotero_datas(URL_Separated, API_KEY)
59
60         zotero_data.extend(zotero_result)
61
62         start_index += result_limit
63         index += 1
64
65     return zotero_data
66
67 # Convert String to Datetime
68 def convert_to_datetime(input_str, parserinfo=None):
69     return parse(input_str, parserinfo=parserinfo)
70
71 # Get Dates from Datetime
72 def get_dates(date, bibtex_item_type, bibtex_month_attributes):
73     dated_date = convert_to_datetime(date)
74     return_value = dict()
75     if bibtex_item_type in bibtex_month_attributes:
76         year = dated_date.year
77         month = dated_date.month
78         return_value = {'year': year, 'month': month}
79     else:
80         year = dated_date.year
81         return_value = {'year': year}
82
83     return return_value
84
85 # Split Creators into biblatex Creators
86 def split_creators(creators):
87     if creators != []:
88
89         creatorlist = ''
90         for index, creator in enumerate(creators):
91             type = creator.get('creatorType')
92             firstname = creator.get('firstName')
93             lastname = creator.get('lastName')
94             name = creator.get('name')
95             if type == 'author':
96
97                 if name and not (firstname or lastname):
98                     creatorlist = creatorlist + name
99                     if index != len(creators) - 1:
100                         creatorlist = creatorlist + ' and '
101                 else:
102                     creatorlist = creatorlist + lastname + ', ' + firstname
```

```
103     if index != len(creators) - 1:
104         creatorlist = creatorlist + ' and '      else:
105     creatorlist = 'unknown author'
106
107     bib_entry = 'author=' + '"' + creatorlist + '"'
108
109     return bib_entry
110
111 # Write the *.bib File
112 def write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config):
113     keystore_file = zotero_bibtex_config.get('keystore_file')
114     keystore_path = zotero_bibtex_config.get('keystore_filepath')
115     tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), keystore_path)
116
117     yaml_path = os.path.join(tex_dir, keystore_file)
118
119     with open(yaml_path, "r") as file:
120         zotero_bibtex_keys = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
121
122     zotero_bibtex_keys_specials = {
123         'thesis': {'phdthesis': ['dissertation', 'phd', 'doctorial', 'doctor', 'doktor', 'doktorarbeit'],
124                    'masterthesis': ['ma', 'master', 'masters']}}
125     }
126     zotero_bibtex_attributes_special = {
127         'date': 'get_dates',
128         'creators': 'split_creators',
129     }
130     bibtex_month_attributes = ['booklet', 'masterthesis', 'phdthesis', 'techreport']
131
# Bibliography
132 # tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source')
133     bibtex_path = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filepath')
134     tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), bibtex_path)
135 # tex_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')
136 # file_name = 'Datenbank_Projektauftrag_Michael_Graber.bib'
137     file_name = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filename')
138
139     file_path = os.path.join(tex_dir, file_name)
140
141     # bib_datas = BibliographyData()
142     listKeys = list()
143     bib_data = ''
144     for zotero_items in zotero_data:
145         biblio_item = zotero_items.get('data')
146         itemkeys = biblio_item.keys()
147         listKeys.extend(biblio_item.keys())
148         zotero_item_key = biblio_item.get('key')
149         zotero_item_title = biblio_item.get('title')
150         zotero_item_nameofact = biblio_item.get('nameOfAct')
151         zotero_item_nameofcase = biblio_item.get('caseName')
152         zotero_item_subject = biblio_item.get('subject')
153         zotero_item_type = biblio_item.get('itemType')
154
155         # some item types have no titles
156         # set the special names instead of the title
```

```
157 if zotero_item_title:
158     bibtex_item_titel = zotero_item_title           else:
159     if zotero_item_type == 'statute':
160         biblio_item['title'] = zotero_item_nameoffact
161         bibtex_item_titel = zotero_item_nameoffact
162     elif zotero_item_type == 'case':
163         biblio_item['title'] = zotero_item_nameofcase
164         bibtex_item_titel = zotero_item_nameofcase
165     elif zotero_item_type == 'email':
166         biblio_item['title'] = zotero_item_subject
167         bibtex_item_titel = zotero_item_subject
168
169 if zotero_item_type == 'thesis':
170     master_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get('masterthesis')
171     phd_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get('phdthesis')
172
173 # First Master thesis
174 if any(item in bibtex_item_titel for item in master_list):
175     bibtex_item_key = 'masterthesis'
176 # Second PHD Thesis
177 elif any(item in bibtex_item_titel for item in phd_list):
178     bibtex_item_key = 'phdthesis'
179 else:
180     bibtex_item_key = 'masterthesis'
181 else:
182     if zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('key'):
183         bibtex_item_key = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('key')
184     else:
185         bibtex_item_key = 'misc'
186
187 # get all Keys for the zotero item type
188 entryset = '\n'
189 entry = ''
190
191 zotero_item_attributes = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('attributes').keys()
192 item_attributes = sorted(zotero_item_attributes, reverse=True)
193
194 for index, item_attribute in enumerate(item_attributes):
195     bibtex_item_attribute = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('attributes').get(item_attribute)
196     zotero_item_value = biblio_item.get(item_attribute)
197     zotero_item_value_extra = ''
198     bibtex_item_attribute_extra = ''
199
200 # Special Cases
201 if bibtex_item_attribute == 'SPECIALCHECK' and zotero_item_value not in ['', None]:
202     bibtex_special_attribute = zotero_bibtex_attributes_special.get(item_attribute)
203
204     match bibtex_special_attribute:
205         case 'get_dates':
206             zotero_item_value = get_dates(zotero_item_value, bibtex_item_key, bibtex_month_attributes)
207             if zotero_item_value.get('month'):
208                 zotero_item_value_extra = zotero_item_value.get('month')
209                 bibtex_item_attribute_extra = 'month'
```

```

211     zotero_item_value = zotero_item_value.get('year')
212     bibtex_item_attribute = 'year'                                case 'split_creators':
213     authors = split_creators(zotero_item_value)
214     entryset = entryset + authors
215   elif bibtex_item_attribute == 'howpublished':
216     if zotero_item_value not in ['', None, []]:
217       zotero_item_value = '\\url{' + zotero_item_value + '}'
218
219   if bibtex_item_attribute not in ['', 'None', 'author', 'SPECIALCHECK'] and zotero_item_value not in ['', None, []]:
220     if zotero_item_value_extra:
221
222       if type(zotero_item_value_extra) == "string":
223         entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute_extra) + '=' + str(zotero_item_value_extra) + ',\n'
224       else:
225         entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute_extra) + '=' + str(zotero_item_value_extra)
226
227     if index != len(item_attributes) - 1:
228       entryset = entryset + ',\n'
229     else:
230       entryset = entryset + '\n'
231
232     if type(zotero_item_value) == str and not zotero_item_value.isnumeric():
233       entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=' + str(zotero_item_value) + ',\n'
234     else:
235       entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=' + str(zotero_item_value)
236
237     if index != len(item_attributes) - 1:
238       entryset = entryset + ',\n'
239     else:
240       entryset = entryset + '\n'
241
242   # create the Entry
243   entry = '@' + bibtex_item_key + '{' + zotero_item_key + ',\n'
244   entry = entry + entryset + '}'
245   bib_data = bib_data + '\n' + entry
246
247   # parse String to pybtex.database Object
248   # bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex", encoding='ISO-8859-1')
249   bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex", encoding='Utf-8')
250   # Save pybtex.database to file
251   # BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding='ISO-8859-1')
252   BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding='utf-8')
253
254
255 zotero_bibtex_config = load_configuration('zotero_bibtex_configuration.yaml')
256 zotero_data = get_data(zotero_bibtex_config)
257 write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config)

```

Listing 128: Python LaTeX - zotero.py - Zotero BibLaTeX Importer

## X.II

## zotero\_bibtex\_configuration.yaml

```

1 result_limit: 100

```

```
2 access_type: "groups"
3 zotero_access_id: "5222465"
4 collection_id: "PC3BW6EP"
5 api_key: "6Xgb3XhGjQXwA8NuZgu3bw3s"
6 keystore_file: "zotero_biblatex_keystore.yaml"
7 keystore_filepath: "source/configuration"
8 bibtex_filepath: "source"
9 bibtex_filename: "Diplomarbeit_Michael_Graber.bib"
```

Listing 129: Python LaTex - zotero\_bibtex\_configuration.yaml - Konfigurationsdatei - Zotero BibLaTeX Importer

### X.III zotero\_biblatex\_keystore.yaml

```
1 --
2 artwork:
3   key: misc
4   attributes:
5     title: title
6     date: SPECIALCHECK
7     creators: SPECIALCHECK
8     url: howpublished
9     extra: note
10 audioRecording:
11   key: misc
12   attributes:
13     title: title
14     date: SPECIALCHECK
15     creators: SPECIALCHECK
16 bill:
17   key: misc
18   attributes:
19     title: title
20     date: SPECIALCHECK
21     creators: SPECIALCHECK
22     url: howpublished
23     extra: note
24 blogPost:
25   key: misc
26   attributes:
27     title: title
28     date: SPECIALCHECK
29     creators: SPECIALCHECK
30     url: howpublished
31     extra: note
32 book:
33   key: book
34   attributes:
35     title: title
36     date: SPECIALCHECK
37     creators: SPECIALCHECK
38     publisher: publisher
39     place: address
40 bookSection:
```

```
41 key: inbook
42 attributes:
43   title: title
44   date: SPECIALCHECK
45   creators: SPECIALCHECK
46   pages: pages
47   publisher: publisher
48   place: address
49   bookTitle: booktitle
50 case:
51   key: misc
52   attributes:
53     title: title
54     date: SPECIALCHECK
55     creators: SPECIALCHECK
56     url: howpublished
57     extra: note
58 conferencePaper:
59   key: inproceedings
60   attributes:
61     title: title
62     date: SPECIALCHECK
63     creators: SPECIALCHECK
64     series: series
65     proceedingsTitle: booktitle
66     publisher: publisher
67     pages: pages
68     place: address
69 dictionaryEntry:
70   key: misc
71   attributes:
72     title: title
73     date: SPECIALCHECK
74     creators: SPECIALCHECK
75     url: howpublished
76     extra: note
77 document:
78   key: misc
79   attributes:
80     title: title
81     date: SPECIALCHECK
82     creators: SPECIALCHECK
83     url: howpublished
84     extra: note
85 email:
86   key: misc
87   attributes:
88     title: title
89     date: SPECIALCHECK
90     creators: SPECIALCHECK
91     url: howpublished
92     extra: note
93 encyclopediaArticle:
94   key: misc
```

```
95 attributes:  
96   title: title  
97   date: SPECIALCHECK  
98   creators: SPECIALCHECK  
99   url: howpublished  
100  extra: note  
101 film:  
102  key: misc  
103  attributes:  
104    title: title  
105    date: SPECIALCHECK  
106    creators: SPECIALCHECK  
107    url: howpublished  
108    extra: note  
109 forumPost:  
110  key: misc  
111  attributes:  
112    title: title  
113    date: SPECIALCHECK  
114    creators: SPECIALCHECK  
115    url: howpublished  
116    extra: note  
117 hearing:  
118  key: misc  
119  attributes:  
120    title: title  
121    date: SPECIALCHECK  
122    creators: SPECIALCHECK  
123    url: howpublished  
124    extra: note  
125 instantMessage:  
126  key: misc  
127  attributes:  
128    title: title  
129    date: SPECIALCHECK  
130    creators: SPECIALCHECK  
131    url: howpublished  
132    extra: note  
133 interview:  
134  key: misc  
135  attributes:  
136    title: title  
137    date: SPECIALCHECK  
138    creators: SPECIALCHECK  
139    url: howpublished  
140    extra: note  
141 journalArticle:  
142  key: article  
143  attributes:  
144    title: title  
145    date: SPECIALCHECK  
146    creators: SPECIALCHECK  
147    volume: volume  
148    pages: pages
```

```
149     seriesNumber: number
150     seriesTitle: journal
151     url: url
152 letter:
153   key: misc
154   attributes:
155     title: title
156     date: SPECIALCHECK
157     creators: SPECIALCHECK
158     url: howpublished
159     extra: note
160 magazineArticle:
161   key: article
162   attributes:
163     title: title
164     date: SPECIALCHECK
165     creators: SPECIALCHECK
166     volume: volume
167     pages: pages
168     seriesNumber: number
169     seriesTitle: journal
170     url: url
171 manuscript:
172   key: unpublished
173   attributes:
174     title: title
175     date: SPECIALCHECK
176     creators: SPECIALCHECK
177 map:
178   key: misc
179   attributes:
180     title: title
181     date: SPECIALCHECK
182     creators: SPECIALCHECK
183     url: howpublished
184     extra: note
185 newspaperArticle:
186   key: article
187   attributes:
188     title: title
189     date: SPECIALCHECK
190     creators: SPECIALCHECK
191     volume: volume
192     pages: pages
193     seriesNumber: number
194     seriesTitle: journal
195     url: url
196 patent:
197   key: misc
198   attributes:
199     title: title
200     date: SPECIALCHECK
201     creators: SPECIALCHECK
202     url: howpublished
```

```
203     extra: note
204 podcast:
205   key: misc
206   attributes:
207     title: title
208     date: SPECIALCHECK
209     creators: SPECIALCHECK
210     url: howpublished
211     extra: note
212 presentation:
213   key: misc
214   attributes:
215     title: title
216     date: SPECIALCHECK
217     creators: SPECIALCHECK
218     url: howpublished
219     extra: note
220 radioBroadcast:
221   key: misc
222   attributes:
223     title: title
224     date: SPECIALCHECK
225     creators: SPECIALCHECK
226     url: howpublished
227     extra: note
228 report:
229   techreport: misc
230   attributes:
231     title: title
232     date: SPECIALCHECK
233     creators: SPECIALCHECK
234     url: howpublished
235     extra: note
236 software:
237   key: misc
238   attributes:
239     title: title
240     date: SPECIALCHECK
241     creators: SPECIALCHECK
242     url: howpublished
243     extra: note
244 computerProgram:
245   key: misc
246   attributes:
247     title: title
248     date: SPECIALCHECK
249     creators: SPECIALCHECK
250     url: howpublished
251     extra: note
252 statute:
253   key: misc
254   attributes:
255     title: title
256     date: SPECIALCHECK
```

```
257     creators: SPECIALCHECK
258     url: howpublished
259     extra: note
260 tvBroadcast:
261   key: misc
262   attributes:
263     title: title
264     date: SPECIALCHECK
265     creators: SPECIALCHECK
266     url: howpublished
267     extra: note
268 videoRecording:
269   key: misc
270   attributes:
271     title: title
272     date: SPECIALCHECK
273     creators: SPECIALCHECK
274     url: howpublished
275     extra: note
276 webpage:
277   key: misc
278   attributes:
279     title: title
280     date: SPECIALCHECK
281     creators: SPECIALCHECK
282     url: howpublished
283     extra: note
284 attachment:
285   key: misc
286   attributes:
287     title: title
288     date: SPECIALCHECK
289     creators: SPECIALCHECK
290     url: howpublished
291     extra: note
292 note:
293   key: misc
294   attributes:
295     title: title
296     date: SPECIALCHECK
297     creators: SPECIALCHECK
298     url: howpublished
299     extra: note
300 standard:
301   key: misc
302   attributes:
303     title: title
304     date: SPECIALCHECK
305     creators: SPECIALCHECK
306     url: howpublished
307     extra: note
308 preprint:
309   key: misc
310   attributes:
```

```

311   title: title
312   date: SPECIALCHECK
313   creators: SPECIALCHECK
314   url: howpublished
315   extra: note
316 dataset:
317   key: misc
318   attributes:
319     title: title
320     date: SPECIALCHECK
321     creators: SPECIALCHECK
322     url: howpublished
323     extra: note
324 thesis:
325   key: thesis
326   attributes:
327     title: title
328     date: SPECIALCHECK
329     creators: SPECIALCHECK
330     place: address
331     university: school

```

Listing 130: Python LaTeX - zotero\_biblatex\_keystore.yaml - x-y-Achse Konfigurationsdatei - Zotero BibLaTeX Importer

## X.IV riskmatrix.py

```

1 import os
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import yaml
4
5 # Load Configurations
6 def load_configuration(riskmatrix_conf_filename):
7     riskmatrix_config = dict()
8
9     riskmatrix_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')
10    yaml_path = os.path.join(riskmatrix_conf_dir, riskmatrix_conf_filename)
11
12    with open(yaml_path, "r") as file:
13        riskmatrix_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
14
15    return riskmatrix_config
16
17 # Load x-y axis tuples
18 def load_xy_axis_tuples(riskmatrix_config):
19    startpath = riskmatrix_config.get('riskmatrix').get('startpath')
20    riskmatrix_xy_axis_tuples_dir = riskmatrix_config.get('riskmatrix').get('configfile_path')
21    riskmatrix_xy_axis_tuples_config = riskmatrix_config.get('riskmatrix').get('configfile_name')
22
23    if startpath == 'omedir':
24        directory = os.path.join(os.getcwd(), riskmatrix_xy_axis_tuples_dir)
25    else: # parentdir
26        directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), riskmatrix_xy_axis_tuples_dir)

```

```
28 riskmatrix_xy_axis_tuples_path = os.path.join(directory, riskmatrix_xy_axis_tuples_config)
29 riskmatrix_xy_axis_tuples = dict()      riskmatrix_xy_axis_tuples_aux = dict()
30
31 with open(riskmatrix_xy_axis_tuples_path, "r") as file:
32     riskmatrix_xy_axis_tuples_aux = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
33
34 for string_key in riskmatrix_xy_axis_tuples_aux:
35     value = riskmatrix_xy_axis_tuples_aux.get(string_key)
36     int_key = eval(string_key)
37     riskmatrix_xy_axis_tuples.update({int_key:value})
38 return riskmatrix_xy_axis_tuples
39
40 # Load Data from csv
41 def get_data(data_path):
42
43     with open(data_path) as f:
44         csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]
45
46     (_, *header), *data = csv_list
47     datas = {}
48     for row in data:
49         key, *values = row
50         datas[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}
51
52     return datas
53
54 # Generate Riskmatrix Image
55 #def riskmatrix(risk, conf, matrix):
56 def riskmatrix(conf, matrix):
57     risks = conf.get('risk_inventory')
58     for risk_conf in risks:
59         # get the risk config data
60         startpath = conf.get('risks').get(risk_conf).get('startpath')
61         destination = conf.get('risks').get(risk_conf).get('destination_path')
62         imagename = conf.get('risks').get(risk_conf).get('imagename')
63         datafilename = conf.get('risks').get(risk_conf).get('datafile')
64         itemname = conf.get('risks').get(risk_conf).get('itemname')
65         x_axis_title = conf.get('risks').get(risk_conf).get('x-axis-title')
66         y_axis_title = conf.get('risks').get(risk_conf).get('y-axis-title')
67         title = conf.get('risks').get(risk_conf).get('title')
68         bubble_standard_size = conf.get('risks').get(risk_conf).get('bubble-standard-size')
69
70         # Identify the index of the axes
71         green = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('green-boxes')
72         yellow = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('yellow-boxes')
73         orange = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('orange-boxes')
74         red = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('red-boxes')
75
76         if startpath == 'homedir':
77             directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
78         else: # parentdir
79             directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
80
81         data_path = os.path.join(directory, datafilename)
```

```
82     image_path = os.path.join(directory, imagename)
83     # get the Datas as direct      datas = get_data(data_path)
84
85     fig = plt.figure()
86     plt.subplots_adjust(wspace=0, hspace=0)
87     plt.xticks([])
88     plt.yticks([])
89     plt.xlim(0, 5)
90     plt.ylim(0, 5)
91     plt.xlabel(x_axis_title)
92     plt.ylabel(y_axis_title)
93     plt.title(title)
94
95     # This example is for a 5 * 5 matrix
96     nrows = 5
97     ncols = 5
98     axes = [fig.add_subplot(nrows, ncols, r * ncols + c + 1) for r in range(0, nrows) for c in range(0, ncols)]
99
100    # remove the x and y ticks
101    for ax in axes:
102        ax.set_xticks([])
103        ax.set_yticks([])
104        ax.set_xlim(0, 5)
105        ax.set_ylim(0, 5)
106
107    # Add background colors
108    # This has been done manually for more fine-grained control
109    # Run the loop below to identify the indice of the axes
110    for _ in green:
111        axes[_].set_facecolor('green')
112
113    for _ in yellow:
114        axes[_].set_facecolor('yellow')
115
116    for _ in orange:
117        axes[_].set_facecolor('orange')
118
119    for _ in red:
120        axes[_].set_facecolor('red')
121
122    # run through datas and generate axis datas
123    dict_bubble_axis = dict()
124    bubble_axis = list()
125    for datasets in datas:
126        # get the datas
127        riskid = datas.get(datasets).get('risk-id')
128        x_axis = int(datas.get(datasets).get('x-axis'))
129        y_axis = int(datas.get(datasets).get('y-axis'))
130        axis_point = matrix.get((x_axis, y_axis))
131        x_axis_text = float(datas.get(datasets).get('x-axis-text'))
132        y_axis_text = float(datas.get(datasets).get('y-axis-text'))
133        x_axis_bubble = float(datas.get(datasets).get('x-axis-bubble'))
134        y_axis_bubble = float(datas.get(datasets).get('y-axis-bubble'))
135        bubble_axis.append(axis_point)
```

```

136
137      # merge risks if two or more risks share the same axispoint
138      risktag = dict_bubble_axis.get(axis_point).get('risk')
139      risktag = risktag + '/' + riskid
140      x_axis_text = x_axis_text + 0.25
141      y_axis_text = y_axis_text - 0.5
142      bubble_size = bubble_standard_size * 2
143
144    else:
145      risktag = itemname + riskid
146      bubble_size = bubble_standard_size
147      dict_axis_value = dict()
148
149      dict_axis_value['risk'] = risktag
150      dict_axis_value['x-axis-text'] = x_axis_text
151      dict_axis_value['y-axis-text'] = y_axis_text
152      dict_axis_value['x-axis-bubble'] = x_axis_bubble
153      dict_axis_value['y-axis-bubble'] = y_axis_bubble
154      dict_axis_value['size'] = bubble_size
155      dict_bubble_axis[axis_point] = dict_axis_value
156
157      # cleanup the list, remove duplicated entries
158      bubble_axis = set(bubble_axis)
159
160      # plot the bubbles and texts in the bubbles
161      for axispoint in bubble_axis:
162          axes[axispoint].scatter(dict_bubble_axis[axispoint]['x-axis-bubble'],
163                                  dict_bubble_axis[axispoint]['y-axis-bubble'],
164                                  dict_bubble_axis[axispoint]['size'], alpha=1)
165          axes[axispoint].text(dict_bubble_axis[axispoint]['x-axis-text'],
166                               dict_bubble_axis[axispoint]['y-axis-text'], s=dict_bubble_axis[axispoint]['risk'],
167                               va='bottom', ha='center')
168
169      # save the plot as image
170      plt.savefig(image_path)
171
172 riskmatrix_config = load_configuration('riskmatrix_plotter_conf.yaml')
173 riskmatrix_xy_axis_tuples = load_xy_axis_tuples(riskmatrix_config)
174 riskmatrix(riskmatrix_config, riskmatrix_xy_axis_tuples)

```

Listing 131: Python LaTex - riskmatrix.py - Risikomatrizen

## X.V riskmatrix\_plotter\_conf.yaml

```

1 risk_inventory:
2   - "postgresql"
3   - "project"
4   - "Postgresql-massnahme"
5   - "Project-massnahme"
6 riskmatrix:
7   startpath: "parentdir"
8   configfile_path: "source/configuration"
9   configfile_name: "riskmatrix_xy_axis_tuple_matrix.yaml"
10 risks:

```

```
11 postgresql:
12   riskid: "postgresql"
13   startpath: "parentdir"
14   destination_path: "source/riskmatrix"
15   imagename: "riskmatrixproblem.png"
16   datafile_path: "source/tables"
17   datafile: "riskmatrixproblem.csv"
18   itemname: "R"
19   x-axis-title: "Schadensausmass (SM)"
20   y-axis-title: "Eintrittswahrscheinlichkeit (WS)"
21   title: "Risiko Cockpit PostgreSQL Datenbanken KSGR"
22   bubble-standard-size: 1000
23   settings:
24     green-boxes:
25       - 10
26       - 15
27       - 16
28       - 20
29       - 21
30     yellow-boxes:
31       - 0
32       - 5
33       - 6
34       - 11
35       - 17
36       - 22
37       - 23
38     orange-boxes:
39       - 1
40       - 2
41       - 7
42       - 12
43       - 13
44       - 18
45       - 19
46       - 24
47     red-boxes:
48       - 3
49       - 4
50       - 8
51       - 9
52       - 14
53 project:
54   riskid: "project"
55   startpath: "parentdir"
56   destination_path: "source/riskmatrix"
57   imagename: "riskmatrix-project.png"
58   datafile_path: "source/tables"
59   datafile: "riskmatrix-project.csv"
60   itemname: "R"
61   x-axis-title: "Schadensausmass (SM)"
62   y-axis-title: "Eintrittswahrscheinlichkeit (WS)"
63   title: "Risiko Cockpit Projekt"
64   bubble-standard-size: 1000
```

```
65 settings:  
66   green-boxes:  
67     - 10  
68     - 15  
69     - 16  
70     - 20  
71     - 21  
72   yellow-boxes:  
73     - 0  
74     - 5  
75     - 6  
76     - 11  
77     - 17  
78     - 22  
79     - 23  
80   orange-boxes:  
81     - 1  
82     - 2  
83     - 7  
84     - 12  
85     - 13  
86     - 18  
87     - 19  
88     - 24  
89   red-boxes:  
90     - 3  
91     - 4  
92     - 8  
93     - 9  
94     - 14  
95 Postgresql-massnahme:  
96   riskid: "Postgresql-massnahme"  
97   startpath: "parentdir"  
98   destination_path: "source/riskmatrix"  
99   imagename: "Riskmatrixproblem-massnahmen.png"  
100  datafile_path: "source/tables"  
101  datafile: "riskmatrixproblem-massnahmen.csv"  
102  itemname: "R"  
103  x-axis-title: "Schadensausmass (SM)"  
104  y-axis-title: "Eintrittswahrscheinlichkeit (WS)"  
105  title: "Risiko Cockpit PostgreSQL Datenbanken KSGR - Massnahme"  
106  bubble-standard-size: 1000  
107  settings:  
108   green-boxes:  
109     - 10  
110     - 15  
111     - 16  
112     - 20  
113     - 21  
114   yellow-boxes:  
115     - 0  
116     - 5  
117     - 6  
118     - 11
```

```
119      - 17
120      - 22
121      - 23
122  orange-boxes:
123      - 1
124      - 2
125      - 7
126      - 12
127      - 13
128      - 18
129      - 19
130      - 24
131  red-boxes:
132      - 3
133      - 4
134      - 8
135      - 9
136      - 14
137 Project-massnahme:
138   riskid: "Project-massnahme"
139   startpath: "parentdir"
140   destination_path: "source/riskmatrix"
141   imagename: "Riskmatrix-project-massnahmen.png"
142   datafile_path: "source/tables"
143   datafile: "riskmatrix-project-massnahmen.csv"
144   itemname: "R"
145   x-axis-title: "Schadensausmass (SM)"
146   y-axis-title: "Eintrittswahrscheinlichkeit (WS)"
147   title: "Risiko Cockpit Projekt - Massnahme"
148   bubble-standard-size: 1000
149 settings:
150   green-boxes:
151     - 10
152     - 15
153     - 16
154     - 20
155     - 21
156   yellow-boxes:
157     - 0
158     - 5
159     - 6
160     - 11
161     - 17
162     - 22
163     - 23
164   orange-boxes:
165     - 1
166     - 2
167     - 7
168     - 12
169     - 13
170     - 18
171     - 19
172     - 24
```

```

173   red-boxes:
174     - 3
175     - 4
176     - 8
177     - 9
178     - 14

```

Listing 132: Python LaTex - riskmatrix\_plotter\_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Risikomatrizen

## X.VI riskmatrix\_xy\_axis\_tuple\_matrix.yaml

```

1 #Matrix
2 #This Matrix translate the x/y axis from a given risk matrix csv to the axispoint.
3 #
4 #The key of each axispoint is an integer tupel (x, y)
5 #So, you can access the axis point this way:
6 #<axispoint> = matrix.get(<x_axis>, <y_axis>)
7 (1, 1): 20
8 (1, 2): 15
9 (1, 3): 10
10 (1, 4): 5
11 (1, 5): 0
12 (2, 1): 21
13 (2, 2): 16
14 (2, 3): 11
15 (2, 4): 6
16 (2, 5): 1
17 (3, 1): 22
18 (3, 2): 17
19 (3, 3): 12
20 (3, 4): 7
21 (3, 5): 2
22 (4, 1): 23
23 (4, 2): 18
24 (4, 3): 13
25 (4, 4): 8
26 (4, 5): 3
27 (5, 1): 24
28 (5, 2): 19
29 (5, 3): 14
30 (5, 4): 9
31 (5, 5): 4

```

Listing 133: Python LaTex - riskmatrix\_xy\_axis\_tuple\_matrix.yaml - Konfigurationsdatei - Risikomatrizen - X-Y-Achsen Tuples

## X.VII cost\_benefit\_diagram.py

```

1 import os
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import yaml
4
5 # Get the Configuration

```

```
6 def load_configuration():
7     cost_benefit_config = dict()
8     cbd_conf_filename = 'scatter_plotter_conf.yaml'      cbd_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')
9     yaml_path = os.path.join(cbd_conf_dir, cbd_conf_filename)
10
11    with open(yaml_path, "r") as file:
12        cost_benefit_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
13
14    return cost_benefit_config
15 # Get the Datas
16 def get_data(cost_benefit_config):
17     # Config Variables
18     startpath = cost_benefit_config.get('startpath')
19     destination = cost_benefit_config.get('desitination_path')
20     datafilename = cost_benefit_config.get('datafile')
21
22     if startpath == 'homedir':
23         directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
24     else: # parentdir
25         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
26
27     # get the Datas as dircrt
28     data_path = os.path.join(directory, datafilename)
29
30     # load datas from csv into dict
31     with open(data_path) as f:
32         csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]
33
34     (_, *header), *data = csv_list
35     datas = {}
36     for row in data:
37         key, *values = row
38         datas[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}
39
40     cost_benefit_data = {}
41     for key, value in datas.items():
42         variant_name = value['variant_name']
43         x_axis = int(value['x-axis'])
44         y_axis = int(value['y-axis'])
45         cost_benefit_data[variant_name] = (x_axis, y_axis)
46
47     return cost_benefit_data
48
49 # Plot the Datas
50 def cost_benefit_diagram (cost_benefit_config, cost_benefit_data):
51     # Config Variables
52     startpath = cost_benefit_config.get('startpath')
53     destination = cost_benefit_config.get('desitination_path')
54     imagename = cost_benefit_config.get('imagename')
55
56     if startpath == 'homedir':
57         directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
58     else: # parentdir
59         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
```

```

60
61 # get the Data as direct      data_path = os.path.join(directory, imagename)
62
63 # Extract the Data
64 labels, values = zip(*cost_benefit_data.items())
65 x, y = zip(*values)
66
67 # Create Scatter-Diagram
68 plt.scatter(x, y, color=cost_benefit_config.get('scatter-point-color'))
69
70 # X-Lines
71 plt.axhline(y=cost_benefit_config.get('y-axis-line-pos'), color=cost_benefit_config.get('y-axis-line-color'), linestyle=cost_benefit_config.get('y-axis-line-type'), label=cost_benefit_config.get('y-axis-line-label'))
72
73 # Y-Lines
74 plt.axvline(x=cost_benefit_config.get('x-axis-line-pos'), color=cost_benefit_config.get('x-axis-line-color'), linestyle=cost_benefit_config.get('x-axis-line-type'), label=cost_benefit_config.get('x-axis-line-label'))
75
76 # Add Labels
77 plt.xlabel(cost_benefit_config.get('x-axis-title'))
78 plt.ylabel(cost_benefit_config.get('y-axis-title'))
79 plt.title(cost_benefit_config.get('title'))
80
81 # Labelling Data Points
82 for label, x_point, y_point in zip(labels, x, y):
83     plt.text(x_point, y_point, label)
84
85 # Show Legends
86 plt.legend()
87
88 # Show Grid
89 plt.grid(True)
90
91 # Save Diagram as PNG
92 plt.savefig(data_path)
93
94 cost_benefit_config = load_configuration()
95 cost_benefit_data = get_data(cost_benefit_config)
96 cost_benefit_diagram(cost_benefit_config, cost_benefit_data)

```

Listing 134: Python LaTex - cost\_benefit\_diagram.py - Kosten-Nutzen-Diagramm

## X.VIII cost\_benefit\_diagram\_plotter\_conf.yaml

```

1 startpath: "parentdir"
2 destination_path: "source/cost_benefit_diagram"
3 datafile: "cost_benefit_diagram.csv"
4 imagename: "cost_benefit_diagram.png"
5 scatter-point-color: "blue"
6 x-axis-title: "Punkte"
7 x-axis-line-pos: 80
8 x-axis-line-label: "Kosten-Minimum"
9 x-axis-line-type: "--"

```

```

10 x-axis-line-color: "red"
11 y-axis-title: "Kosten"
12 y-axis-line-pos: 80
13 y-axis-line-label: "Punkte-Minimum"
14 y-axis-line-type: "--"
15 y-axis-line-color: "green"
16 title: "Kosten-Nutzen-Diagramm Beispiel"

```

Listing 135: Python LaTex - cost\_benefit\_diagram\_plotter\_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Kosten-Nutzen-Diagramm

## X.IX pandas\_dataframe\_to\_latex\_table.py

```

1 import os
2 import pandas as pd
3 import yaml
4 from pathlib import Path
5 import chardet
6
7 import csv
8
9 # Get the Configuration
10 def load_configuration(plt_conf_filename):
11     panda_latex_tables_config = dict()
12     plt_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')
13     yaml_path = os.path.join(plt_conf_dir, plt_conf_filename)
14
15     with open(yaml_path, "r") as file:
16         panda_latex_tables_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
17
18     return panda_latex_tables_config
19
20
21 def get_data(startpath, destination, tablefilename, datafile_path, datafile, alternative_csv_load, separator, decimal):
22     # Config Variables
23     if startpath == 'homedir':
24         directory = os.path.join(os.getcwd(), datafile_path)
25     else: # parentdir
26         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), datafile_path)
27
28     # get the Datas as direct
29     data_path = os.path.join(directory, datafile)
30
31     # load datas from csv into dict
32     detected = chardet.detect(Path(data_path).read_bytes())
33     encoding = detected.get("encoding")
34
35     # if alternative_csv_load:
36     #     with open(data_path, 'r', encoding=encoding) as file:
37     #         reader = csv.reader(file)
38     #         data = list(reader)
39     #
40     #         # panda_table_data = pd.DataFrame(data, columns=data[0])
41     #         # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal, encoding=encoding, lineterminator='\n', engine='python')

```

```
42     #     panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal, encoding=encoding, lineterminator='\n')
43     #     df_dtype = {      #           "Nr.": int,
44     #         "Anforderung": str,
45     #         "Beschreibung": str,
46     #         "System": str,
47     #         "Muss / Kann": str
48     #     }
49     #     # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding, lineterminator='\n', dtype=df_dtype)
50     #     # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding)
51 # else:
52     #     panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal, encoding=encoding)
53 # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding, low_memory=False, engine='python')
54 # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding, engine='python', dtype='unicode')
55 # readed = open(data_path, 'r', encoding=encoding)
56 # panda_table_data = pd.read_csv(open(data_path, 'r', encoding=encoding), sep=",", decimal=". ", encoding=encoding)
57 # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding = "ISO-8859-1")
58 # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding, chunksize=10)
59
60 # for chunk in pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding, chunksize=5):
61 #     print(chunk)
62 # panda_table_data = pd.DataFrame()
63 # temp = pd.read_csv(data_path, iterator=True, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding, chunksize=1000)
64 # panda_table_data = pd.concat(temp, ignore_index=True)
65
66 df_dtype = {
67     "Nr.": int,
68     "Anforderung": str,
69     "Beschreibung": str,
70     "System": str,
71     "Muss / Kann": str
72 }
73 # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding, engine='python', dtype=df_dtype)
74 # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding, dtype=df_dtype)
75
76 # import dask.dataframe as dd
77 # df = dd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=". ", encoding=encoding)
78 # panda_table_data = df
79 print(encoding)
80 panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal, encoding=encoding)
81 # return data
82 return panda_table_data
83
84
85 def create_latex_tables(panda_latex_tables_config):
86     plt_tables = panda_latex_tables_config.get('tables_inventory')
87     for table_item in plt_tables:
88         # id and filesystem informations
89         table_id = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('id')
90         isbigfile = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('isbigfile')
91         has_longtexts = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('has_longtexts')
92         if isbigfile or has_longtexts:
93             alternative_cvs_load = True
94         else:
95             alternative_cvs_load = False
```

```
96     startpath = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('startpath')
97     destination = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('destination_path')           tablefilename = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item)
98 ).get('tablefilename')
99     datafile_path = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('datafile_path')
100    datafile = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('datafile')
101   if startpath == 'homedir':
102       directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
103   else: # parentdir
104       directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
105   tablefile = os.path.join(directory, tablefilename)
106   separator = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('separator')
107   decimal = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('decimal')
108
109 # column operations
110 column_operations = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('column_operations').get('datas')
111
112 # group by / aggregation
113 groupby_values = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('group_by')
114 group_by_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('group_by_function')
115 # selected_rows = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('selected_rows')
116 agg_funtion = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('agg_funtion')
117 agg_colums = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('agg_colums')
118 # dropping and renaming columns
119 drop_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('drop_columns')
120 rename_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('rename_columns')
121
122 # table filtering and sorting
123 where_clausel = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('where_clausel')
124 order_by = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('sorting').get('order_by')
125 sort_acending = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('sorting').get('sort_acending')
126 sort_inplace = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('sorting').get('sort_inplace')
127
128 # pivot settings
129 pivot = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot')
130 pivot_column = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_columns')
131 pivot_value = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_values')
132
133 # pivot_table settings
134 pivot_table = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_table')
135 pivot_table_column = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_table').get(
136     'pivot_columns')
137 pivot_table_value = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_table').get(
138     'pivot_values')
139 pivot_table_agg_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_table').get(
140     'pivot_agg_func')
141 pivot_table_indexes = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_table').get(
142     'pivot_index').get('pivot_indexes')
143 pivot_table_indexes_visible = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_table').get(
144     'pivot_index').get('pivot_indexes_visible')
145 pivot_table_rename_indexes = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot_table').get(
146     'pivot_index').get('pivot_rename_indexes')
147
148 # margins (subtotals)
149 margin = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('margins').get('margin')
```

```
149 margin_name = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('margins').get('margin_name')
150 # table settings          table_caption = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('caption')
151 table_label = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('label')
152 table_style = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('table_styles')
153 sparse_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('table_styles').get(
154     'sparse_columns')
155 table_caption_position = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('table_styles').get(
156     'props').get('caption-side')
157 table_position = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('table_styles').get('props').get(
158     'position')
159 longtable = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('table_styles').get('props').get(
160     'longtable')
161 linebreak_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('table_styles').get('props').get(
162     'linebreak_columns')
163 resize_textwidth = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('table_styles').get('props').get(
164     'resize_textwidth')

165 # get the pandas (panda data)
166 panda_table_data = get_data(startpath, destination, tablefilename, datafile_path, datafile, alternative_cvs_load, separator, decimal)
167
168 # filter by where clause
169 if where_clause:
170     panda_table_data = panda_table_data.query(where_clause)

171 # Drop unused columns
172 if drop_columns:
173     panda_table_data = panda_table_data.drop(columns=drop_columns)

174 # set aggregation functions
175 # if groupby_values and not agg_funtion and not pivot_column and not pivot_table_column:
176 if groupby_values and not (pivot_column or (pivot_table_column or pivot_table_value or pivot_table_indizes)):
177     match group_by_function:
178         case 'max':
179             panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).max()
180         case 'min':
181             panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).min()
182         case 'head':
183             panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).head()
184         case 'sum':
185             panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).sum()
186         case 'mean':
187             panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).mean()
188     else:
189         panda_table_data = panda_table_data
190
191 # pivot if pivot is selected
192 if pivot_table_column or pivot_table_value or pivot_table_indizes:
193     if type(pivot_table_agg_function) is list:
194         agg_tuple = tuple(pivot_table_agg_function)
195         panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=pivot_table_indizes,
196                                         columns=pivot_table_column, values=pivot_table_value,
197                                         aggfunc=agg_tuple, margins=margin, margins_name=margin_name)
198     elif type(pivot_table_agg_function) is dict:
199         panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=pivot_table_indizes,
```

```
203             columns=pivot_table_column,
204             values=pivot_table_value, aggfunc=pivot_table_agg_function,
205             margins=margin,
206             margins_name=margin_name)
207
208         else:
209             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=pivot_table_index,
210                                              columns=pivot_table_column, values=pivot_table_value,
211                                              aggfunc=pivot_table_agg_function, margins=margin,
212                                              margins_name=margin_name)
213
214
215     # set column operations
216     if column_operations:
217         for column_ops in column_operations:
218             operation_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get('operation_function')
219             operation_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get('columns')
220             operation_axis = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get('axis_number')
221             match operation_function:
222                 case 'max':
223                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].max()
224                 case 'min':
225                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].min()
226                 case 'head':
227                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].head()
228                 case 'sum':
229                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].sum(axis=operation_axis)
230                 case 'mean':
231                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].mean()
232                 case 'diff':
233                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns[1]] - panda_table_data[operation_columns[0]]
234
235
236     # order by
237     if order_by:
238         panda_table_data.sort_values(by=order_by, inplace=sort_inplace, ascending=sort_acending)
239
240     # rename columns
241     if rename_columns:
242         panda_table_data = panda_table_data.rename(columns=rename_columns)
243
244     # rename indices
245     if pivot_table_rename_index:
246         panda_table_data = panda_table_data.rename_axis(index=pivot_table_rename_index)
247
248     # frame carriage return columns in subtable
249     if linebreak_columns:
250         for lbr_column in linebreak_columns:
251             panda_table_data[lbr_column] = "\\\begin{tabular}[c]{@{}l@{}}" + panda_table_data[lbr_column].astype(str) + "\\end{tabular}"
252
253     # convert python panda to latex table
254     latex_table = panda_table_data.to_latex(header=True, bold_rows=False, longtable=longtable,
255                                             sparsify=sparse_columns, label=table_label, caption=table_caption,
256                                             position=table_position, na_rep=' ', index=pivot_table_index_visible)
257
258     # textwidth resize
259     if resize_textwidth:
260         with open(tablefile, 'w') as wrlt:
```

```
256     wrlt.write(latex_table)
257     with open(tablefile) as file:           lines = file.readlines()
258
259     # replace table with resize
260     resize_line_nr = 0
261     resize_line = ""
262     if longtable:
263         table_type = '\\begin{longtable}'
264     else:
265         table_type = '\\begin{table}'
266
267     for number, line in enumerate(lines, 1):
268         # for number, line in latex_table.splitlines():
269         # for number, line in latex_table.readlines():
270         # for number, line in latex_table.splitlines('\n'):
271         # for number, line in lines.split('\n'):
272
273         # Condition true if the key exists in the line
274         # If true then display the line number
275         if table_type in line:
276             # print(f'{key} is at line {number}')
277             resize_line_nr = number
278             resize_line = line
279
280         line_table_resize = resize_line + "\n" + "\\resizebox{\\columnwidth}{!}{"
281         latex_table = latex_table.replace(resize_line, line_table_resize)
282
283     # replace table end with bracket
284     resize_line_nr = 0
285     resize_line = ""
286     if longtable:
287         table_type = '\\end{longtable}'
288     else:
289         table_type = '\\end{table}'
290
291     for number, line in enumerate(lines, 1):
292
293         # Condition true if the key exists in the line
294         # If true then display the line number
295         if table_type in line:
296             # print(f'{key} is at line {number}')
297             resize_line_nr = number
298             resize_line = line
299
300         line_table_resize = "}" + "\n" + resize_line
301         latex_table = latex_table.replace(resize_line, line_table_resize)
302
303     # caption below is not supported yet (pandas 2.2)
304     # replace caption and replace table end with the caption line and table end
305     if table_caption_position == 'below':
306         caption_label = "\\caption{" + table_caption + "} \\label{" + table_label + "} \\\\\""
307         caption_label_nbr = "\\caption{" + table_caption + "} \\label{" + table_label + "}"
308         caption_only = "\\caption{" + table_caption + "} \\\\\""
309         caption_only_nbr = "\\caption{" + table_caption + "}"
```

```

310     label_only = "\\\label{" + table_label + "}" "\\\""
311     label_only_nbr = "\\\label{" + table_label + "}"           latex_table = latex_table.replace(caption_only, '')
312     latex_table = latex_table.replace(caption_only, '')
313     latex_table = latex_table.replace(label_only, '')
314     latex_table = latex_table.replace(caption_label_nbr, '')
315     latex_table = latex_table.replace(caption_only_nbr, '')
316     latex_table = latex_table.replace(label_only_nbr, '')
317
318     if longtable:
319         table_string = '\\\\end{longtable}'
320         new_caption = caption_label_nbr + "\n" + table_string
321         latex_table = latex_table.replace(table_string, new_caption)
322     else:
323         table_string = '\\\\end{table}'
324         new_caption = caption_label_nbr + "\n" + table_string
325         latex_table = latex_table.replace(table_string, new_caption)
326
327
328     # write latex table to filesystem
329     with open(tablefile, 'w') as wrlt:
330         wrlt.write(latex_table)
331
332
333 # run the methods / functions
334 panda_latex_tables_config = load_configuration('csv_to_latex_diplomarbeit.yaml')
335 create_latex_tables(panda_latex_tables_config)

```

Listing 136: Python LaTex - pandas\_dataframe\_to\_latex\_table.py CSV - LaTex Tabelle

## X.X csv\_to\_latex\_diplomarbeit.yaml

```

1 tables_inventory:
2   - "db_inventory"
3   - "db_inventory_per_rdbms"
4   - "db_inventory_per_os"
5   - "anforderungskatalog"
6   - "arbeitsrapport"
7   - "projektcontrolling"
8   - "evaluation_inventory"
9   - "dependencis"
10  - "predecision_out"
11  - "predecision_in"
12  - "project_comments"
13  - "evaluation_distributed_sql"
14  - "expert_discussions_overview"
15  - "expert_discussions_full_list"
16  - "stakeholder"
17 tables:
18 db_inventory:
19   id: "db_inventory"
20   isbigfile:
21   has_longtexts: False
22   separator: ","

```

```
23 decimal: "."
24 caption: "Datenbankinventar - Roh"
25 label: "db_inventory"
26 startpath: "parentdir"
27 destination_path: "content/latex_tables"
28 datafile_path: "source/tables"
29 datafile: "inventory.csv"
30 tablename: "db_inventory.tex"
31 decimal_format:
32 group_by:
33 group_by_function:
34 agg_funtion:
35 agg_colums:
36 drop_columns:
37 - "comment"
38 - "eol"
39 - "eol_since"
40 - "releasedate"
41 column_operations:
42 datas:
43 operations:
44 dauer_summe:
45 operation_function:
46 axis_number:
47 columns:
48 pivot:
49 pivot_columns:
50 pivot_values:
51 pivot_table:
52 pivot_index:
53 pivot_indexes_visible:
54 pivot_rename_indexes:
55 pivot_columns:
56 pivot_values:
57 pivot_agg_func:
58 rename_columns:
59 server: "Server - Hostname"
60 os: "OS"
61 rdbms: "RDBMS"
62 instance: "Instanz"
63 databases: "Datenbanken"
64 appliance: "Appliance"
65 comment: "Kommentar"
66 version: "Version"
67 releasedate: "Version - Releasedatum"
68 eol: "EoL"
69 age: "Version - Alter"
70 eol_since: "EoL seit"
71 where_clausel:
72 sorting:
73 order_by:
74 - "server"
75 - "rdbms"
76 sort_acending: True
```

```
77 sort_inplace: True
78 margins:
79 margin: False
80 margin_name:
81 table_styles:
82 selector: "caption"
83 props:
84 caption-side: "below"
85 position: "H"
86 sparse_columns: True
87 longtable: True
88 resize_textwidth: False
89 linebreak_columns:
90 table_header: True
91 db_inventory_per_rdbms:
92 id: "db_inventory_per_rdbms"
93 isbigfile:
94 has_longtexts: False
95 separator: ","
96 decimal: "."
97 caption: "Datenbankinventar"
98 label: "db_inventory_per_rdbms"
99 startpath: "parentdir"
100 destination_path: "content/latex_tables"
101 datafile_path: "source/tables"
102 datafile: "inventory.csv"
103 tablefilename: "db_inventory_per_rdbms.tex"
104 decimal_format:
105 group_by:
106 - "rdbms"
107 group_by_function: "sum"
108 agg_funtion:
109 agg_colums:
110 - "rdbms"
111 drop_columns:
112 - "server"
113 - "os"
114 - "version"
115 - "releasedate"
116 - "eol"
117 - "age"
118 - "eol_since"
119 - "comment"
120 column_operations:
121 datas:
122 operations:
123 dauer_summe:
124 operation_function:
125 axis_number:
126 columns:
127 pivot:
128 pivot_columns:
129 pivot_values:
130 pivot_table:
```

```
131 pivot_index:  
132   pivot_indexes_visible:  
133   pivot_rename_indexes:  
134 pivot_columns:  
135 pivot_values:  
136 pivot_agg_func:  
137 rename_columns:  
138   rdbms: "RDBMS"  
139   instance : "Instanz"  
140   databases : "Datenbanken"  
141   appliance: "Appliance"  
142 where_clauses:  
143 sorting:  
144   order_by:  
145     - "rdbms"  
146   sort_ascending: True  
147   sort_inplace: True  
148 margins:  
149   margin: True  
150   margin_name: "Gesamtergebnis"  
151 table_styles:  
152   selector: "caption"  
153 props:  
154   caption_side: "below"  
155   position: "H"  
156   sparse_columns: True  
157   longtable: False  
158   resize_textwidth: False  
159   linebreak_columns:  
160   table_header: True  
161 db_inventory_per_os:  
162   id: "db_inventory_per_os"  
163   isbigfile:  
164   has_longtexts: False  
165   separator: ","  
166   decimal: "."  
167   caption: "Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen übergeschlüsselt"  
168   label: "db_inventory_per_os"  
169   startpath: "parentdir"  
170   destination_path: "content/latex_tables"  
171   datafile_path: "source/tables"  
172   datafile: "inventory.csv"  
173   tablefilename: "db_inventory_per_os.tex"  
174   decimal_format:  
175   group_by:  
176     - "rdbms"  
177     - "os"  
178   group_by_function: "sum"  
179   agg_function:  
180   agg_columns:  
181     - "os"  
182   drop_columns:  
183     - "server"  
184     - "version"
```

```
185 - "releasedate"
186 - "eol"
187 - "age"
188 - "eol_since"
189 - "comment"
190 # - "appliance"
191 column_operations:
192   datas:
193     operations:
194       dauer_summe:
195         operation_function:
196         axis_number:
197         columns:
198       pivot:
199         pivot_columns:
200         pivot_values:
201       pivot_table:
202         pivot_index:
203         pivot_indexes:
204           - "os"
205           - "rdbms"
206         pivot_indexes_visible: True
207         pivot_rename_indexes:
208           os: "OS"
209           rdbms: "RDBMS"
210       pivot_columns:
211         pivot_values:
212         pivot_agg_func:
213           instance: "sum"
214           databases: "sum"
215           appliance: "sum"
216         transpose: True
217       rename_columns:
218         rdbms: "RDBMS"
219         instance : "Instanz"
220         databases : "Datenbanken"
221         os : "OS"
222         appliance: "Appliance"
223       where_clausel:
224       sorting:
225         order_by:
226         sortAscending: False
227         sort_inplace: True
228       margins:
229         margin: True
230         margin_name: "Gesamtergebnis"
231       table_styles:
232         selector: "caption"
233       props:
234         caption_side: "below"
235         position: "H"
236         sparse_columns: True
237         longtable: True
238         resize_textwidth: False
```

```
239     linebreak_columns:  
240     table_header: True  
241 anforderungskatalog:  
242     id: "anforderungskatalog"  
243     isbigfile:  
244     has_longtexts: True  
245     separator: ";"  
246     decimal: "."  
247     caption: "Anforderungskatalog"  
248     label: "anforderungskatalog"  
249     startpath: "parentdir"  
250     destination_path: "content/latex_tables"  
251     datafile_path: "source/tables"  
252     datafile: "anforderungskatalog.CSV"  
253     tablefilename: "anforderungskatalog.tex"  
254     decimal_format:  
255     group_by:  
256     group_by_function:  
257     agg_funtion:  
258     agg_colums:  
259     drop_columns:  
260     column_operations:  
261     datas:  
262     operations:  
263     dauer_summe:  
264     operation_function:  
265     axis_number:  
266     columns:  
267 pivot:  
268     pivot_columns:  
269     pivot_values:  
270 pivot_table:  
271     pivot_index:  
272     pivot_indizes_visible: False  
273     pivot_rename_indizes:  
274 pivot_columns:  
275     pivot_values:  
276     pivot_agg_func:  
277 rename_columns:  
278 where_clausel:  
279 sorting:  
280     order_by:  
281     - "Nr."  
282     sort_acending: True  
283     sort_inplace: True  
284 margins:  
285     margin: False  
286     margin_name:  
287 table_styles:  
288     selector: "caption"  
289 props:  
290     caption-side: "below"  
291     position: "H"  
292     sparse_columns: False
```

```
293 longtable: False
294 resize_textwidth: True
295 linebreak_columns:
296 - "Beschreibung"
297 table_header: True
298 arbeitsrapport:
299 id: "arbeitsrapport"
300 isbigfile:
301 has_longtexts: False
302 separator: ";"
303 decimal: "."
304 caption: "Arbeitsrapport"
305 label: "arbeitsrapport"
306 startpath: "parentdir"
307 destination_path: "content/latex_tables"
308 datafile_path: "source/tables"
309 datafile: "arbeitsrapport.CSV"
310 tablefilename: "arbeitsrapport.tex"
311 decimal_format: "{:0.1f}"
312 group_by:
313 group_by_function:
314 agg_funtion:
315 agg_colums:
316 drop_columns:
317 - "Hide"
318 - "Geplante Dauer [h]"
319 - "dauer_summe"
320 column_operations:
321 datas:
322 operations:
323 dauer_summe:
324 operation_function:
325 axis_number:
326 columns:
327 pivot:
328 pivot_columns:
329 pivot_values:
330 pivot_table:
331 pivot_index:
332 pivot_indizes_visible: False
333 pivot_rename_indizes:
334 pivot_columns:
335 pivot_values:
336 pivot_agg_func:
337 rename_columns:
338 where_clause1: "Hide == 0"
339 sorting:
340 order_by:
341 - "Datum"
342 - "Von"
343 sort_acending: False
344 sort_inplace: False
345 margins:
346 margin: False
```

```
347 margin_name:  
348 table_styles:  
349 selector: "caption"  
350 props:  
351   caption-side: "below"  
352   position: "H"  
353   sparse_columns: True  
354   longtable: False  
355   resize_textwidth: True  
356   linebreak_columns:  
357     - "äTtigkeit"  
358     - "Bemerkung"  
359     - "Schwierigkeit"  
360     - "öLsungen"  
361   table_header: True  
362 projektcontrolling:  
363   id: "projektcontrolling"  
364   isbigfile:  
365   has_longtexts: False  
366   separator: ";"  
367   decimal: "."  
368   caption: "Projektcontrolling"  
369   label: "projektcontrolling"  
370   startpath: "parentdir"  
371   destination_path: "content/latex_tables"  
372   datafile_path: "source/tables"  
373   datafile: "arbeitsrapport.CSV"  
374   tablefilename: "projektcontrolling.tex"  
375   decimal_format: "{:0.1f}"  
376   group_by:  
377     - "Phase"  
378     - "Subphase"  
379   group_by_function: "sum"  
380   agg_funtion:  
381   agg_colums:  
382     - "Dauer [h]"  
383     - "Geplante Dauer [h]"  
384     - "dauer_summe"  
385   drop_columns:  
386     - "Datum"  
387     - "Von"  
388     - "Bis"  
389     - "Hide"  
390     - "äTtigkeit"  
391     - "Bemerkung"  
392     - "Schwierigkeit"  
393     - "öLsungen"  
394   column_operations:  
395   datas:  
396     - "dauer_summe"  
397   operations:  
398     dauer_summe:  
399       operation_function: "diff"  
400       axis_number: 1
```

```
401     columns:  
402     - "Dauer [h]"  
403     - "Geplante Dauer [h]"  
404   pivot:  
405     pivot_columns:  
406     pivot_values:  
407   pivot_table:  
408     pivot_index:  
409     pivot_indexes_visible:  
410     pivot_rename_indexes:  
411   pivot_columns:  
412   pivot_values:  
413   pivot_agg_func:  
414   rename_columns:  
415     dauer_summe: "Verbleibende Zeit [h]"  
416   where_clause:  
417   sorting:  
418     order_by:  
419       - "Phase"  
420       - "Subphase"  
421     sort_ascending: True  
422     sort_inplace: True  
423   margins:  
424     margin: True  
425     margin_name: "Total"  
426   table_styles:  
427     selector: "caption"  
428   props:  
429     caption_side: "below"  
430     position: "H"  
431     sparse_columns: True  
432     longtable: False  
433     resize_textwidth: True  
434     linebreak_columns:  
435       table_header: True  
436   evaluation_inventory:  
437     id: "evaluation_inventory"  
438     isbigfile:  
439     has_longtexts: False  
440     separator: ";"  
441     decimal: "."  
442     caption: "Evaluationssysteme"  
443     label: "evaluation_inventory"  
444     startpath: "parentdir"  
445     destination_path: "content/latex_tables"  
446     datafile_path: "source/tables"  
447     datafile: "evaluation_platform_serverlist.csv"  
448     tablefilename: "evaluation_inventory.tex"  
449     decimal_format:  
450     group_by:  
451     group_by_function:  
452     agg_function:  
453     agg_columns:  
454     drop_columns:
```

```
455 column_operations:  
456   datas:  
457     operations:  
458       dauer_summe:  
459         operation_function:  
460           axis_number:  
461             columns:  
462               pivot:  
463                 pivot_columns:  
464                 pivot_values:  
465               pivot_table:  
466                 pivot_index:  
467                   pivot_indizes_visible: False  
468                   pivot_rename_indizes:  
469                 pivot_columns:  
470                 pivot_values:  
471                 pivot_agg_func:  
472               rename_columns:  
473               where_clausel:  
474             sorting:  
475               order_by:  
476                 - "Server"  
477                 - "Typ"  
478             sort_ascending: True  
479             sort_inplace: True  
480           margins:  
481             margin: False  
482             margin_name:  
483           table_styles:  
484             selector: "caption"  
485           props:  
486             caption_side: "below"  
487             position: "H"  
488             sparse_columns: True  
489             longtable: True  
490             resize_textwidth: False  
491             linebreak_columns:  
492             table_header: True  
493           dependencis:  
494             id: "dependencis"  
495             isbigfile:  
496             has_longtexts: False  
497             separator: ";"  
498             decimal: "."  
499             caption: "Ähnlichkeiten"  
500             label: "dependencis"  
501             startpath: "parentdir"  
502             destination_path: "content/latex_tables"  
503             datafile_path: "source/tables"  
504             datafile: "dependencis.csv"  
505             tablefilename: "dependencis.tex"  
506             decimal_format:  
507             group_by:  
508             group_by_function:
```

```
509 agg_funtion:  
510 agg_colums:  
511 drop_columns:  
512 column_operations:  
513 datas:  
514 operations:  
515 dauer_summe:  
516 operation_function:  
517 axis_number:  
518 columns:  
519 pivot:  
520 pivot_columns:  
521 pivot_values:  
522 pivot_table:  
523 pivot_index:  
524 pivot_indizes_visible: False  
525 pivot_rename_indizes:  
526 pivot_columns:  
527 pivot_values:  
528 pivot_agg_func:  
529 rename_columns:  
530 where_clausel:  
531 sorting:  
532 order_by:  
533 - "Nr."  
534 sort_acending: True  
535 sort_inplace: True  
536 margins:  
537 margin: False  
538 margin_name:  
539 table_styles:  
540 selector: "caption"  
541 props:  
542 caption_side: "below"  
543 position: "H"  
544 sparse_columns: True  
545 longtable: False  
546 resize_textwidth: True  
547 linebreak_columns:  
548 - "Ähnlichkeit"  
549 - "Beschreibung"  
550 - "Status"  
551 - "Risiko"  
552 - "Impact"  
553 table_header: True  
554 predecision_out:  
555 id: "predecision_out"  
556 isbigfile:  
557 has_longtexts: False  
558 separator: ";"  
559 decimal: "."  
560 caption: "Vorauswahl - Ausgeschieden"  
561 label: "predecision_out"  
562 startpath: "parentdir"
```

```
563 destination_path: "content/latex_tables"
564 datafile_path: "source/tables"
565 datafile: "pre-decision.csv"
566 tablefilename: "pre-decision-out.tex"
567 decimal_format:
568 group_by:
569 group_by_function:
570 agg_funtion:
571 agg_colums:
572 drop_columns:
573 - "hide_state"
574 column_operations:
575 datas:
576 operations:
577 dauer_summe:
578 operation_function:
579 axis_number:
580 columns:
581 pivot:
582 pivot_columns:
583 pivot_values:
584 pivot_table:
585 pivot_index:
586 pivot_indizes_visible: False
587 pivot_rename_indizes:
588 pivot_columns:
589 pivot_values:
590 pivot_agg_func:
591 rename_columns:
592 where_clause1: "hide_state == 1"
593 sorting:
594 order_by:
595 - "Nr."
596 sort_acending: True
597 sort_inplace: True
598 margins:
599 margin: False
600 margin_name:
601 table_styles:
602 selector: "caption"
603 props:
604 caption-side: "below"
605 position: "H"
606 sparse_columns: True
607 longtable: False
608 resize_textwidth: True
609 linebreak_columns:
610 - "üBegrndung"
611 table_header: True
612 predecision_in:
613 id: "predecision_in"
614 isbigfile:
615 has_longtexts: False
616 separator: ";"
```

```
617 decimal: "."
618 caption: "Vorauswahl - Evaluation"
619 label: "predecision_in"
620 startpath: "parentdir"
621 destination_path: "content/latex_tables"
622 datafile_path: "source/tables"
623 datafile: "pre-decision.csv"
624 tablefilename: "pre-decision-in.tex"
625 decimal_format:
626 group_by:
627 group_by_function:
628 agg_funtion:
629 agg_colums:
630 drop_columns:
631 - "hide_state"
632 column_operations:
633 datas:
634 operations:
635 dauer_summe:
636 operation_function:
637 axis_number:
638 columns:
639 pivot:
640 pivot_columns:
641 pivot_values:
642 pivot_table:
643 pivot_index:
644 pivot_indexes_visible: False
645 pivot_rename_indexes:
646 pivot_columns:
647 pivot_values:
648 pivot_agg_func:
649 rename_columns:
650 where_clause: "hide_state == 2"
651 sorting:
652 order_by:
653 - "Nr."
654 sort_ascending: True
655 sort_inplace: True
656 margins:
657 margin: False
658 margin_name:
659 table_styles:
660 selector: "caption"
661 props:
662 caption_side: "below"
663 position: "H"
664 sparse_columns: True
665 longtable: False
666 resize_textwidth: True
667 linebreak_columns:
668 - "ÜBegrndung"
669 table_header: True
670 project_comments:
```

```
671 id: "project_comments"
672 isbigfile:
673 has_longtexts: False
674 separator: ";"
675 decimal: "."
676 caption: "Kommentare - Anmerkung"
677 label: "project_comments"
678 startpath: "parentdir"
679 destination_path: "content/latex_tables"
680 datafile_path: "source/tables"
681 datafile: "pre-fazit.csv"
682 tablefilename: "pre-fazit.tex"
683 decimal_format:
684 group_by:
685 group_by_function:
686 agg_funtion:
687 agg_colums:
688 drop_columns:
689 column_operations:
690 datas:
691 operations:
692 dauer_summe:
693 operation_function:
694 axis_number:
695 columns:
696 pivot:
697 pivot_columns:
698 pivot_values:
699 pivot_table:
700 pivot_index:
701 pivot_indexes_visible: False
702 pivot_rename_indexes:
703 pivot_columns:
704 pivot_values:
705 pivot_agg_func:
706 rename_columns:
707 where_clausel:
708 sorting:
709 order_by:
710 - "Woche"
711 sort_acending: True
712 sort_inplace: True
713 margins:
714 margin: False
715 margin_name:
716 table_styles:
717 selector: "caption"
718 props:
719 caption_side: "below"
720 position: "H"
721 sparse_columns: True
722 longtable: False
723 resize_textwidth: True
724 linebreak_columns:
```

```
725     - "Beschreibung / Event / Problem"
726     table_header: True
727 evaluation_distributed_sql:
728   id: "evaluation_distributed_sql"
729   isbigfile:
730   has_longtexts: False
731   separator: ";"
732   decimal: "."
733   caption: "Evaluationssystem - Distributed SQL / Sharding"
734   label: "evaluation_distributed_sql"
735   startpath: "parentdir"
736   destination_path: "content/latex_tables"
737   datafile_path: "source/tables"
738   datafile: "evaluation_platform_distributed_sql.csv"
739   tablefilename: "evaluation_platform_distributed_sql.tex"
740   decimal_format:
741   group_by:
742   group_by_function:
743   agg_funtion:
744   agg_colums:
745   drop_columns:
746   column_operations:
747   datas:
748   operations:
749   dauer_summe:
750   operation_function:
751   axis_number:
752   columns:
753 pivot:
754   pivot_columns:
755   pivot_values:
756 pivot_table:
757   pivot_index:
758   pivot_indizes_visible: False
759   pivot_rename_indizes:
760   pivot_columns:
761   pivot_values:
762   pivot_agg_func:
763 rename_columns:
764 where_clause:
765 sorting:
766   order_by:
767   sort_ascending: False
768   sort_inplace: False
769 margins:
770   margin: False
771   margin_name:
772 table_styles:
773   selector: "caption"
774 props:
775   caption-side: "below"
776   position: "H"
777   sparse_columns: True
778   longtable: False
```

```
779     resize_textwidth: False
780     linebreak_columns:
781     table_header: False
782 expert_discussions_overview:
783     id: "expert_discussions_overview"
784     isbigfile:
785     has_longtexts: False
786     separator: ";"
787     decimal: "."
788     caption: "äFachgespräche"
789     label: "expert_discussions_overview"
790     startpath: "parentdir"
791     destination_path: "content/latex_tables"
792     datafile_path: "source/tables"
793     datafile: "expert_discussions.csv"
794     tablefilename: "expert_discussions_overview.tex"
795     decimal_format:
796     group_by:
797     group_by_function:
798     agg_funtion:
799     agg_colums:
800     drop_columns:
801         - "Fragen"
802         - "Antworten"
803         - "Sonstige Themen"
804     column_operations:
805     datas:
806     operations:
807     dauer_summe:
808     operation_function:
809     axis_number:
810     columns:
811     pivot:
812     pivot_columns:
813     pivot_values:
814     pivot_table:
815     pivot_index:
816     pivot_indizes_visible: False
817     pivot_rename_indizes:
818     pivot_columns:
819     pivot_values:
820     pivot_agg_func:
821     rename_columns:
822     where_clause:
823     sorting:
824     order_by:
825         - "äFachgespräch"
826     sort_acending: True
827     sort_inplace: True
828     margins:
829     margin: False
830     margin_name:
831     table_styles:
832     selector: "caption"
```

```
833 props:  
834   caption_side: "below"  
835   position: "H"  
836   sparse_columns: True  
837   longtable: False  
838   resize_textwidth: True  
839   linebreak_columns:  
840     - "Studenten"  
841     - "Bemerkungen"  
842   table_header: True  
843 expert_discussions_full_list:  
844   id: "expert_discussions_full_list"  
845   isbigfile:  
846   has_longtexts: False  
847   separator: ";"  
848   decimal: "."  
849   caption: "äFachgespräche - Protokoll"  
850   label: "expert_discussions_full_list"  
851   startpath: "parentdir"  
852   destination_path: "content/latex_tables"  
853   datafile_path: "source/tables"  
854   datafile: "expert_discussions.csv"  
855   tablefilename: "expert_discussions_full_list.tex"  
856   decimal_format:  
857   group_by:  
858   group_by_function:  
859   agg_function:  
860   agg_columns:  
861   drop_columns:  
862   column_operations:  
863   datas:  
864   operations:  
865   dauer_summe:  
866   operation_function:  
867   axis_number:  
868   columns:  
869   pivot:  
870   pivot_columns:  
871   pivot_values:  
872   pivot_table:  
873   pivot_index:  
874   pivot_indizes_visible: False  
875   pivot_rename_indizes:  
876   pivot_columns:  
877   pivot_values:  
878   pivot_agg_func:  
879   rename_columns:  
880   where_clause:  
881   sorting:  
882   order_by:  
883     - "äFachgespräch"  
884   sort_acending: True  
885   sort_inplace: True  
886   margins:
```

```
887 margin: False
888 margin_name:
889 table_styles:
890 selector: "caption"
891 props:
892   caption-side: "below"
893   position: "H"
894   sparse_columns: True
895   longtable: False
896   resize_textwidth: True
897   linebreak_columns:
898     - "Studenten"
899     - "Fragen"
900     - "Antworten"
901     - "Sonstige Themen"
902     - "Bemerkungen"
903   table_header: True
904 stakeholder:
905   id: "stakeholder"
906   isbigfile:
907   has_longtexts: False
908   separator: ";"
909   decimal: "."
910   caption: "Stakeholder"
911   label: "stakeholder"
912   startpath: "parentdir"
913   destination_path: "content/latex_tables"
914   datafile_path: "source/tables"
915   datafile: "stakeholder.csv"
916   tablefilename: "stakeholder.tex"
917   decimal_format:
918   group_by:
919   group_by_function:
920   agg_function:
921   agg_columns:
922   drop_columns:
923   column_operations:
924   datas:
925   operations:
926   dauer_summe:
927   operation_function:
928   axis_number:
929   columns:
930 pivot:
931   pivot_columns:
932   pivot_values:
933 pivot_table:
934   pivot_index:
935   pivot_indexes_visible: False
936   pivot_rename_indexes:
937   pivot_columns:
938   pivot_values:
939   pivot_agg_func:
940   rename_columns:
```

```

941 where_clause:
942 sorting:
943 order_by:
944 sort_acending: True
945 sort_inplace: True
946 margins:
947 margin: False
948 margin_name:
949 table_styles:
950 selector: "caption"
951 props:
952 caption-side: "below"
953 position: "H"
954 sparse_columns: True
955 longtable: False
956 resize_textwidth: True
957 linebreak_columns:
958 table_header: True

```

Listing 137: Python LaTex - csv\_to\_latex\_diplomarbeit.yaml - Konfigurationsdatei - CSV - LaTex-Tabelle

## X.XI pandas\_data\_chart\_plotter.py

```

1 import os
2 from pathlib import Path
3 import chardet
4 import pandas as pd
5 import yaml
6
7
8 def load_configuration(panda_diagram_plotter_conf_filename):
9     panda_diagram_plotter_config = dict()
10
11     riskmatrix_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')
12     yaml_path = os.path.join(riskmatrix_conf_dir, panda_diagram_plotter_conf_filename)
13
14     with open(yaml_path, "r") as file:
15         panda_diagram_plotter_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
16
17     return panda_diagram_plotter_config
18
19 def get_data(startpath, destination, tablefilename, datafile_path, datafile, separator, decimal):
20     # Config Variables
21     if startpath == 'omedir':
22         directory = os.path.join(os.getcwd(), datafile_path)
23     else: # parentdir
24         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), datafile_path)
25
26     # get the Data as direct
27     data_path = os.path.join(directory, datafile)
28
29     # load datas from csv into dict
30     detected = chardet.detect(Path(data_path).read_bytes())

```

```
31     encoding = detected.get("encoding")
32     print(datafile, ':', encoding)      panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal, encoding=encoding)
33     # return data
34     return panda_table_data
35 def create_panda_diagram_plotter(panda_diagram_plotter_config):
36     pdp_tables = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_inventory')
37     for table_item in pdp_tables:
38         print(table_item)
39         startpath = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('startpath')
40         destination = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('destination_path')
41         imagename = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('imagename')
42         datafile_path = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('datafile_path')
43         datafile = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('datafile')
44         if startpath == 'homedir':
45             directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
46         else: # parentdir
47             directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
48         image_path = os.path.join(directory, imagename)
49         separator = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('separator')
50         decimal = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('decimal')
51
52     # column operations
53     column_operations = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get('datas')
54
55     # group by / aggregation
56     groupby_values = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('group_by')
57     group_by_function = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('group_by_function')
58
59     agg_funtion = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('agg_funtion')
60     agg_colums = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('agg_colums')
61     # dropping and renaming columns
62     drop_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('drop_columns')
63     rename_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('rename_columns')
64
65     # table filtering and sorting
66     where_clausel = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('where_clausel')
67     order_by = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('sorting').get('order_by')
68     sort_acending = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('sorting').get('sort_acending')
69     sort_inplace = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('sorting').get('sort_inplace')
70
71     # pivot settings
72     pivot = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot')
73     pivot_column = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_columns')
74     pivot_value = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_values')
75
76     # pivot_table settings
77     pivot_table = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table')
78     pivot_table_column = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
79         'pivot_columns')
80     pivot_table_value = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
81         'pivot_values')
82     pivot_table_agg_function = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
83         'pivot_agg_func')
84     pivot_table_indexizes = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
```

```
85     'pivot_index').get('pivot_indexes')
86     pivot_table_indexes_visible = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
87         'pivot_indexes_visible')
88     pivot_table_rename_indexes = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
89         'pivot_index').get('pivot_rename_indexes')
90
91     # margins (subtotals)
92     margin = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('margins').get('margin')
93     margin_name = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('margins').get('margin_name')
94
95     # chart settings
96     chart = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-kind')
97     title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('title')
98     x_axis_title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('x-axis-title')
99     y_axis_title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('y-axis-title')
100    x_axis_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('x-axis-columns')
101    y_axis_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('y-axis-columns')
102    index = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-index')
103
104    # chart styles
105    grid = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('grid')
106    legend = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('legend')
107    rot = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('rot')
108    fontsize = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('fontsize')
109    figsize = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('figsize')
110    stacked = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('stacked')
111    secondary_y = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('secondary_y')
112    stylelist = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('stylelist')
113    subplots = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('subplots')
114    autopct = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('autopct')
115    loc = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('loc')
116    bbox_to_anchor = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('chart-designs').get('bbox_to_anchor')
117
118    # get the pandas (panda data)
119    panda_table_data = get_data(startpath, destination, imagename, datafile_path, datafile, separator, decimal)
120
121    # filter by where clause
122    if where_clause:
123        panda_table_data = panda_table_data.query(where_clause)
124
125    # Drop unused columns
126    if drop_columns:
127        panda_table_data = panda_table_data.drop(columns=drop_columns)
128
129    # set aggregation functions
130    # if groupby_values and not agg_funtion and not pivot_column and not pivot_table_column:
131    if groupby_values and not (pivot_column or (pivot_table_column or pivot_table_value or pivot_table_indexes)):
132        match group_by_function:
133            case 'max':
134                panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).max()
135            case 'min':
136                panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).min()
137            case 'head':
138                panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).head()
```

```
138     case 'sum':
139         panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).sum()                               case 'mean':
140         panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values, as_index=False).mean()
141     else:
142         panda_table_data = panda_table_data
143
144     # pivot if pivot is selected
145     if pivot_table_column or pivot_table_value or pivot_table_indizes:
146         if type(pivot_table_agg_function) is list:
147             agg_tuple = tuple(pivot_table_agg_function)
148             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=pivot_table_indizes,
149                                              columns=pivot_table_column, values=pivot_table_value,
150                                              aggfunc=agg_tuple, margins=margin, margins_name=margin_name)
151         elif type(pivot_table_agg_function) is dict:
152             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=pivot_table_indizes,
153                                              columns=pivot_table_column,
154                                              values=pivot_table_value, aggfunc=pivot_table_agg_function,
155                                              margins=margin, margins_name=margin_name)
156         else:
157             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=pivot_table_indizes,
158                                              columns=pivot_table_column, values=pivot_table_value,
159                                              aggfunc=pivot_table_agg_function, margins=margin,
160                                              margins_name=margin_name)
161
162     # set column operations
163     if column_operations:
164         for column_ops in column_operations:
165             operation_function = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get('
operation_function')
166             operation_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get('
columns')
167             operation_axis = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get('
axis_number')
168             match operation_function:
169                 case 'max':
170                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].max()
171                 case 'min':
172                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].min()
173                 case 'head':
174                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].head()
175                 case 'sum':
176                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].sum(axis=operation_axis)
177                 case 'mean':
178                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns].mean()
179                 case 'diff':
180                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[operation_columns[1]] - panda_table_data[operation_columns[0]]
181
182
183     # order by
184     if order_by:
185         panda_table_data.sort_values(by=order_by, inplace=sort_inplace, ascending=sort_acending)
186
187     # rename columns
188     if rename_columns:
```

```

189     panda_table_data = panda_table_data.rename(columns=rename_columns)
190     # set indices      if index:
191     index_values = panda_table_data.get(index)
192     #panda_table_data.set_index(index_values)
193     panda_table_data = panda_table_data.set_index(index)
194
195     # rename indices
196     if pivot_table_rename_indexes:
197         panda_table_data = panda_table_data.rename_axis(index=pivot_table_rename_indexes)
198
199     # Plotter
200     # Plotter Process starts here!
201     if autopct:
202         panda_chart_plot = panda_table_data.plot(kind=chart, title=title, y=y_axis_columns, x=x_axis_columns, xlabel=x_axis_title,
203                                         ylabel=y_axis_title, grid=grid, stacked=stacked, legend=legend,
204                                         secondary_y=secondary_y, subplots=subplots, rot=rot, fontsize=fontsize,
205                                         figsize=figsize, autopct=autopct)
206     else:
207         panda_chart_plot = panda_table_data.plot(kind=chart, title=title, y=y_axis_columns, x=x_axis_columns, xlabel=x_axis_title,
208                                         ylabel=y_axis_title, grid=grid, stacked=stacked, legend=legend,
209                                         secondary_y=secondary_y, subplots=subplots, rot=rot, fontsize=fontsize,
210                                         figsize=figsize)
211
212     match chart:
213         case 'pie':
214             panda_chart_plot[0].legend(loc=loc, bbox_to_anchor=bbox_to_anchor)
215             plt = panda_chart_plot[0].get_figure()
216             plt.savefig(image_path, bbox_inches='tight')
217         case _:
218             plt = panda_chart_plot.get_figure()
219             plt.savefig(image_path, bbox_inches='tight')
220
221
222     return "blade runner"
223 panda_diagram_plotter_config = load_configuration('pandas_data_chart_plotter_conf.yaml')
224 create_panda_diagram_plotter(panda_diagram_plotter_config)

```

Listing 138: Python LaTex - pandas\_data\_chart\_plotter.py CSV - Diagramm

## X.XII pandas\_data\_chart\_plotter\_conf.yaml

```

1 diagram_inventory:
2   - "tps_mixed"
3   - "db_inventory_per_rdbms"
4   - "db_inventory_per_os"
5 panda_diagram_plotter:
6   tps_mixed:
7     id: "tps_mixed"
8     startpath: "parentdir"
9     destination_path: "source/pandas_data_chart_plotter"
10    imagename: "tps_mixed.png"
11    datafile_path: "source/pandas_data_chart_plotter"
12    datafile: "tps_evaluation.csv"

```

```
13 separator: ","
14 decimal: "."
15 x-axis-columns: "Varianten"
16 y-axis-columns:
17   - "2. Iteration"
18   - "3. Iteration"
19   - "4. Iteration"
20 x-axis-title: "Varianten"
21 y-axis-title: "Transaktionen pro Sekunde (tps) Bsp."
22 title: "Transaktionen pro Sekunden - mixed"
23 chart-index:
24 chart-kind: "bar"
25 chart-designs:
26   subplots: False
27   grid: True
28   legend: True
29   rot:
30   fontsize:
31   stacked: False
32   secondary_y: False
33 stylelist:
34 figsize:
35 autopct:
36 loc:
37 bbox_to_anchor:
38 group_by:
39 group_by_function:
40 agg_funtion:
41 agg_colums:
42 drop_columns:
43   - "tps_1_iteration"
44   - "tps_typ"
45 column_operations:
46   datas:
47 pivot:
48   pivot_columns:
49   pivot_values:
50 pivot_table:
51   pivot_index:
52   pivot_indexes_visible: False
53   pivot_rename_indexes:
54 pivot_columns:
55 pivot_values:
56 pivot_agg_func:
57 rename_columns:
58   variante: "Varianten"
59   tps_2_iteration: "2. Iteration"
60   tps_3_iteration: "3. Iteration"
61   tps_4_iteration: "4. Iteration"
62 where_clause1: "tps_typ == 'mixed'"
63 sorting:
64   order_by:
65   sort_acending: True
66   sort_inplace: True
```

```
67 margins:  
68     margin: False  
69     margin_name:  
70 db_inventory_per_rdbms:  
71     id: "db_inventory_per_rdbms"  
72     startpath: "parentdir"  
73     destination_path: "source/pandas_data_chart_plotter"  
74     imagename: "db_inventory_per_rdbms.png"  
75     datafile_path: "source/tables"  
76     datafile: "inventory.csv"  
77     separator: ","  
78     decimal: "."  
79     x-axis-columns: "RDBMS"  
80     y-axis-columns:  
81     x-axis-title:  
82     y-axis-title:  
83     title: "Datenbankinventor - Pro RDBMS"  
84     chart-index: "RDBMS"  
85     chart-kind: "pie"  
86     chart-designs:  
87         subplots: True  
88         grid: False  
89         legend: True  
90         rot:  
91         fontsize:  
92         stacked: False  
93         secondary_y: False  
94         stylelist:  
95         figsize: !!python/tuple [25,10]  
96         autopct: '%1.0f%%'  
97         loc: "best"  
98         bbox_to_anchor:  
99     group_by:  
100        - "rdbms"  
101     group_by_function: "sum"  
102     agg_funtion:  
103     agg_columns:  
104        - "rdbms"  
105     drop_columns:  
106        - "server"  
107        - "os"  
108        - "version"  
109        - "releasedate"  
110        - "eol"  
111        - "age"  
112        - "eol_since"  
113        - "comment"  
114        - "appliance"  
115     column_operations:  
116        datas:  
117     pivot:  
118        pivot_columns:  
119        pivot_values:  
120        pivot_table:
```

```
121 pivot_index:  
122     pivot_indexes_visible: False  
123 pivot_rename_indexes:  
124 pivot_columns:  
125 pivot_values:  
126 pivot_agg_func:  
127 rename_columns:  
128     rdbms: "RDBMS"  
129     instance : "Instanz"  
130     databases : "Datenbanken"  
131     appliance: "Appliance"  
132 where_clauses:  
133 sorting:  
134     order_by:  
135         - "rdbms"  
136     sort_acending: True  
137     sort_inplace: True  
138 margins:  
139     margin: False  
140     margin_name:  
141 db_inventory_per_os:  
142     id: "db_inventory_per_os"  
143     separator: ","  
144     decimal: "."  
145     startpath: "parentdir"  
146     destination_path: "source/pandas_data_chart_plotter"  
147     datafile_path: "source/tables"  
148     datafile: "inventory.csv"  
149     imagename: "db_inventory_per_os.png"  
150     decimal_format:  
151     x-axis-columns: "RDBMS"  
152     y-axis-columns:  
153     x-axis-title:  
154     y-axis-title:  
155     title: "Datenbankinventor - Pro OS"  
156     chart-index:  
157     chart-kind: "pie"  
158     chart-designs:  
159         subplots: True  
160         grid: False  
161         legend: False  
162         rot:  
163         fontsize:  
164         stacked: False  
165         secondary_y: False  
166         stylelist:  
167         figsize: !!python/tuple [25,10]  
168         autopct: '%1.0f%%'  
169         loc: "upper center"  
170         bbox_to_anchor: !!python/tuple [0,0]  
171 group_by:  
172     - "rdbms"  
173     - "os"  
174     group_by_function: "sum"
```

```
175 agg_function:  
176 agg_columns:  
177 - "os"  
178 drop_columns:  
179 - "server"  
180 - "version"  
181 - "releasedate"  
182 - "eol"  
183 - "age"  
184 - "eol_since"  
185 - "comment"  
186 # - "appliance"  
187 column_operations:  
188 datas:  
189 operations:  
190 dauer_summe:  
191 operation_function:  
192 axis_number:  
193 columns:  
194 pivot:  
195 pivot_columns:  
196 pivot_values:  
197 pivot_table:  
198 pivot_index:  
199 pivot_indexes:  
200 - "os"  
201 - "rdbms"  
202 pivot_indexes_visible: True  
203 pivot_rename_indexes:  
204 os: "OS"  
205 rdbms: "RDBMS"  
206 pivot_columns:  
207 pivot_values:  
208 pivot_agg_func:  
209 instance: "sum"  
210 databases: "sum"  
211 appliance: "sum"  
212 transpose: True  
213 rename_columns:  
214 rdbms: "RDBMS"  
215 instance : "Instanz"  
216 databases : "Datenbanken"  
217 os : "OS"  
218 appliance: "Appliance"  
219 where_clausel:  
220 sorting:  
221 order_by:  
222 sort_acending: False  
223 sort_inplace: True  
224 margins:  
225 margin: False  
226 margin_name:  
227 table_styles:  
228 selector: "caption"
```

## Diplomarbeit

```
229     props:  
230         caption-side: "below"  
231         position: "H"  
232         sparse_columns: True  
233         longtable: True  
234         resize_textwidth: False  
235         linebreak_columns:  
236         table_header: True
```

Listing 139: Python LaTex - pandas\_data\_chart\_plotter\_co