



**ibW Höhere Fachschule Südostschweiz**

# **Diplomarbeit Technik und Wirtschaftsinformatik 2023-2024**

**Titel der Arbeit:** PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation  
**Name:** Graber  
**Vorname:** Michael  
**Klasse:** DIPL. INFORMATIKER/-IN HF - 10.0002A-2021  
**Firma:** Kantonsspital Graubünden

## **Zusammenfassung**

Disposition für die Diplomarbeit von Michael Graber. Ziel der Arbeit ist die Evaluation, Konzeption und Implementation eines PostgreSQL HA Clusters für das Kantonsspital Graubünden.

## **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 . . . . .	14
1.3 Abgrenzungen . . . . .	17
1.4 Abhängigkeiten . . . . .	19
<b>2 Projektmanagement</b>	<b>21</b>
2.1 Risikomanagement . . . . .	22
2.1.1 Riskcontrolling . . . . .	24
2.2 Vorgehensweise und Methoden . . . . .	27
2.3 Projektplanung . . . . .	27
2.3.1 Projektcontrolling . . . . .	28
2.3.2 GANTT-Diagramm . . . . .	30
2.4 Expertengespräche . . . . .	32
<b>3 Umsetzung</b>	<b>33</b>
3.1 Evaluation . . . . .	33
3.1.1 Exkurs Architektur . . . . .	33
3.1.2 Erheben und Gewichten der Anforderungen . . . . .	40
3.1.3 Testziele erarbeiten . . . . .	44
3.1.4 PostgreSQL Benchmarking . . . . .	44
3.1.5 Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen . . . . .	50
3.1.6 Vorauswahl . . . . .	73
3.1.7 Installation verschiedener Lösungen . . . . .	73
3.1.8 Testing Evaluationssysteme . . . . .	81
3.1.9 Gegenüberstellung der Lösungen . . . . .	81
3.1.10 Entscheid . . . . .	90
3.2 Aufbau und Implementation Testsystem . . . . .	90
3.2.1 Bereitstellen der Grundinfrastruktur . . . . .	90
3.2.2 Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster . . . . .	90

## Diplomarbeit

3.2.3	Technical Review der Umgebung . . . . .	90
3.3	Testing . . . . .	90
3.3.1	Testing . . . . .	90
3.3.2	Protokollierung . . . . .	90
3.3.3	Review und Auswertung . . . . .	91
3.4	Troubleshooting und Lösungsfindung . . . . .	91
<b>4</b>	<b>Resultate</b>	<b>92</b>
4.1	Zielüberprüfung . . . . .	92
4.2	Schlussfolgerung . . . . .	92
4.3	Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten . . . . .	92
4.4	Persönliches Fazit . . . . .	92
<b>Abbildungsverzeichnis</b>		<b>93</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>96</b>
<b>Listings</b>		<b>97</b>
<b>Literatur</b>		<b>99</b>
<b>Abkürzungen</b>		<b>105</b>
<b>Glossar</b>		<b>107</b>
<b>Anhang</b>		<b>i</b>
I	Arbeitsrapport . . . . .	i
II	Protokoll - Fachgespräche . . . . .	ii
III	Statusbericht . . . . .	iii
III.I	Status Report 1 . . . . .	iii
III.II	Status Report 2 . . . . .	iii
IV	Kommentare / Anmerkungen . . . . .	iv
V	Evaluation . . . . .	vi
V.I	Maintenance - CloudNativePG . . . . .	vi
V.II	Maintenance - Patroni . . . . .	ix
V.III	Maintenance - StackGres - Citus . . . . .	xii
V.IV	Maintenance - YugabyteDB . . . . .	xix
VI	rke2 . . . . .	xxii
VI.I	Vorbereitung . . . . .	xxii
VI.II	Installation . . . . .	xxii
VI.III	Cluster Konfiguration . . . . .	xxiv

## Diplomarbeit

VII	yugabyteDB . . . . .	xxviii
VII.I	Prerequisites . . . . .	xxviii
VII.II	Installation . . . . .	xxviii
VII.III	Rekonfiguration mit 300GiB Storage . . . . .	xli
VIII	Stackgres mit Citus . . . . .	xli
VIII.I	Prerequisites . . . . .	xli
IX	sks9016 - YugabyteDB . . . . .	xlii
IX.I	YugabyteDB - Download und Installation YugabyteDB . . . . .	xlii
X	Patroni . . . . .	xliii
X.I	Prerequisites . . . . .	xliii
X.II	Installation . . . . .	xliv
X.III	Konfiguration . . . . .	xliv
XI	Exkurs Architekturen - Umsysteme und Prinzipien . . . . .	xliv
XI.I	Raft-Konsensus . . . . .	xliv
XI.II	local-path-provisioner . . . . .	xliv
XII	zotero.py . . . . .	xliv
XIII	zotero_bibtex_configuration.yaml . . . . .	li
XIV	zotero_biblatex_keystore.yaml . . . . .	li
XV	riskmatrix.py . . . . .	lviii
XVI	riskmatrix_plotter_conf.yaml . . . . .	lxii
XVII	riskmatrix_xy_axis_tuple_matrix.yaml . . . . .	lxvi
XVIII	cost_benefit_diagram.py . . . . .	lxvii
XIX	cost_benefit_diagram_plotter_conf.yaml . . . . .	lxix
XX	pandas_dataframe_to_latex_table.py . . . . .	lxix
XXI	csv_to_latex_diplomarbeit.yaml . . . . .	lxxix
XXII	pandas_data_chart_plotter.py . . . . .	xcix
XXIII	pandas_data_chart_plotter_conf.yaml . . . . .	cvi

## 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

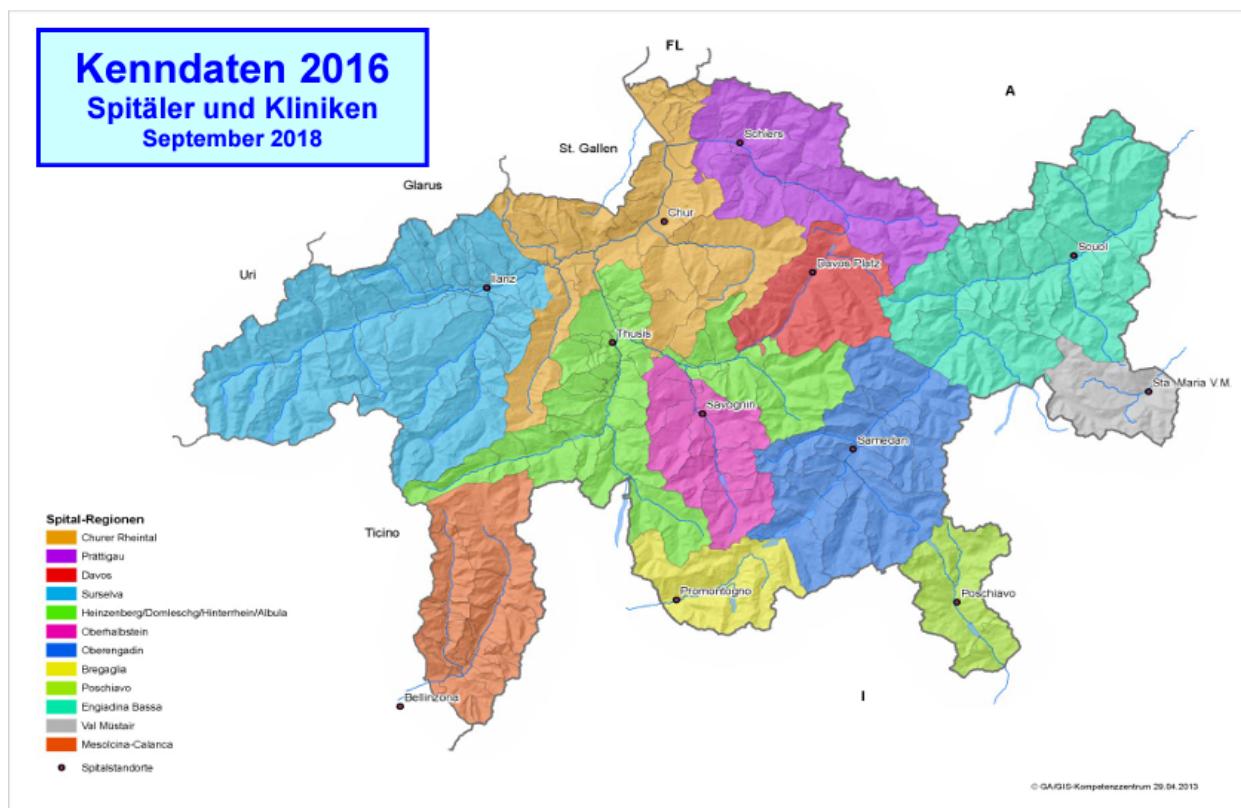


Abbildung 1.1: Spitalregionen Kanton Graubünden[53]

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[78]

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

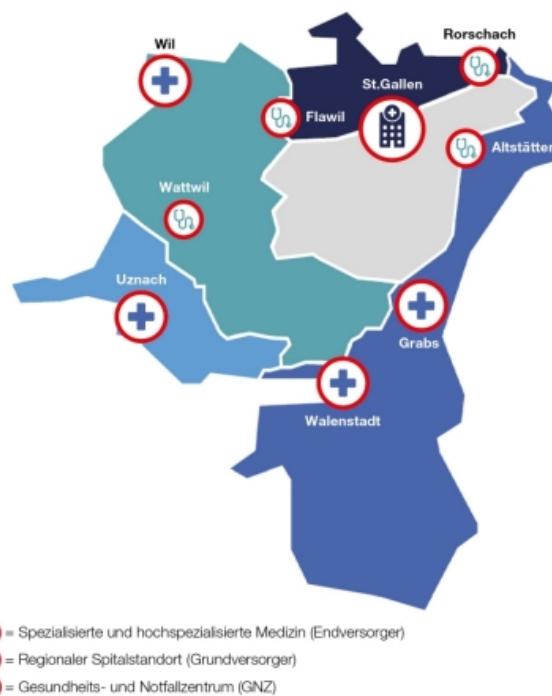


Abbildung 1.3: Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[47]

### 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

### Organigramm des Kantonsspitals Graubünden

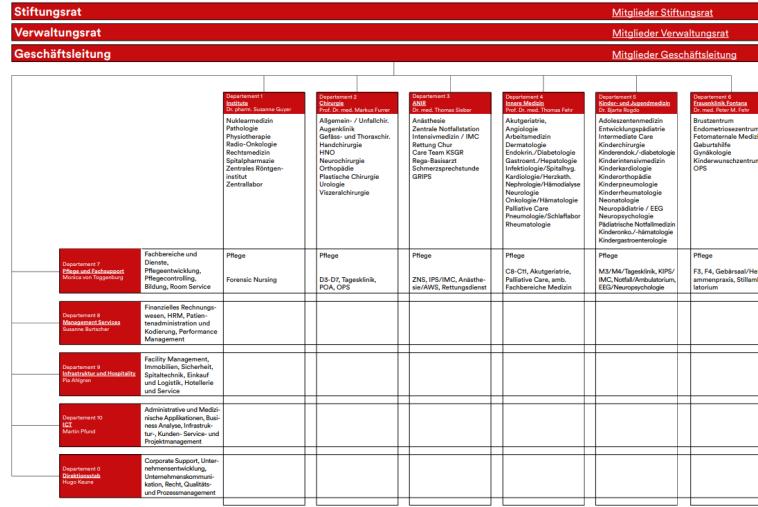
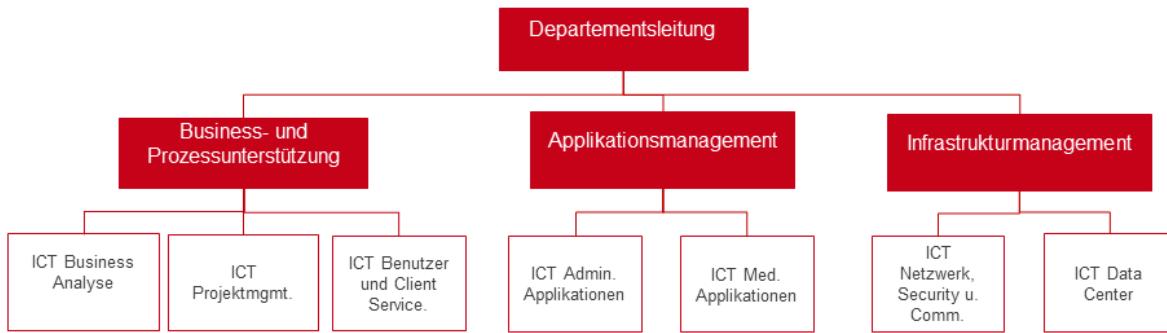


Abbildung 1.4: Organigramm Kantonsspital Graubünden

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



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

#### 1.1.4 Ausgangslage

Die meisten der über 400 Applikationen, die das KSGR betreibt, 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*[44] 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:

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

Tabelle 1.1: Inventarisierte Datenbanksysteme

## 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

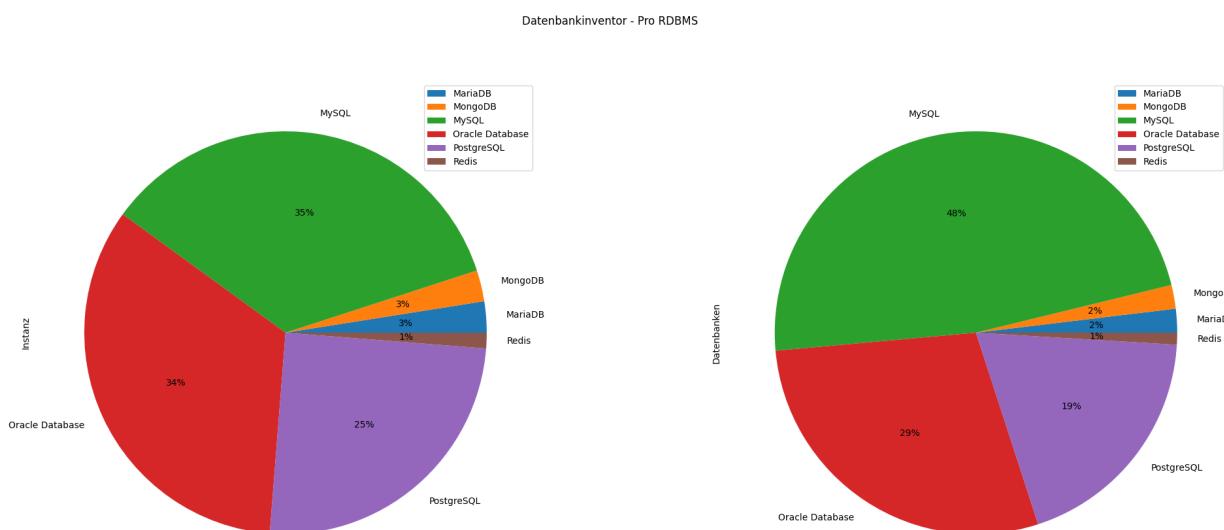


Abbildung 1.6: Datenbanken - Aufgeschlüsselt nach RDBMS

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
Continued on next page				

Tabelle 1.3: Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt

OS	RDBMS	Appliance	Datenbanken	Instanz
Windows Server	MySQL	3	36	14
	Oracle Database	0	1	1
	PostgreSQL	4	8	8
	Redis	0	1	1
Windows Server	MongoDB	0	2	2
	MySQL	0	14	14
	Oracle Database	0	5	5
	PostgreSQL	0	12	12
Gesamtergebnis		7	105	80

Tabelle 1.3: Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt

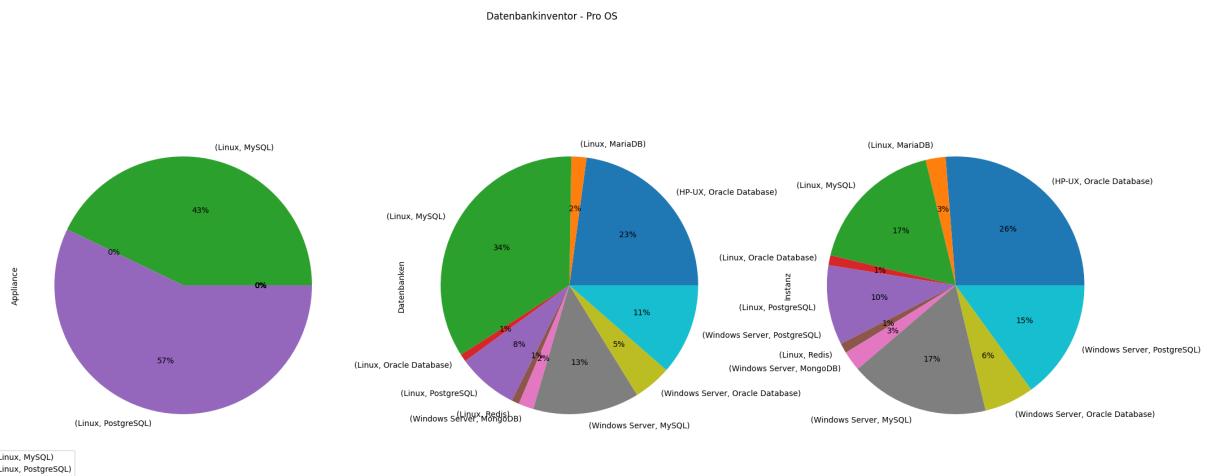


Abbildung 1.7: Datenbanken - Aufgeschlüsselt nach Betriebssystem

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

Dadurch ergeben sich nach BSI folgende Risiken:

Diplomarbeit

# Diplomarbeit

Identifikation				Auswirkung	Abschätzung	Behandlung	
ID	Schützter	Fehlerz.	Risiko	Beschreibung / Ursache	WS	SM	Massnahmen eingehen?
1	I	Gu.22	Manipulation von Informationen	Zurück veraltete Systeme die zudem unterschiedlich gut gehandelt und bearbeitet das Risiko das Daten manipuliert werden Manche Datenbanken und deren Betreiber sind sehr alt und sehr lange im Einsatz. Einige dieser Systeme sind sehr alt und sehr lange im Einsatz. Hierdurch entsteht das Risiko, das System Fehlfunktionen erleidet.	2	4	Ja
2	A	Gu.25	Ausfall von Geräten oder Systemen	Allerdings verursachen Datenbanksysteme die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten. Manche Datenbanken nur durch Betreiberseite sind sehr alt und sehr lange im Einsatz. Einige dieser Systeme sind schon so alt, dass keine Hotfixes, Patches und Upgrades mehr erhältlich sind. Hierdurch entsteht das Risiko, das System Ausfallen.	4	4	Ja
3	C, I, A	Gu.26	Fehlfunktion von Geräten oder Systemen	Administrationsaufgaben die ledigen Systeme sehr gross. Durch die sehr heterogenen Landeskraft ist der Administrationsaufwand für eine bedarfsgerechte Administration erdrücklich werden kann. Dadurch haben Fehler länger unentdeckt, Hotfixes, Patches, Upgrades und Upgrades können nicht oder nicht zur richtigen Zeit eingespielt werden. Bei einem akuten Problem ist nicht garantiert, dass die Leute erreichbar sind die notwendig sind.	2	4	Ja
4	C, I, A	Gu.27-1	Ressourcenmangel (personelle Ressourcen)	Kann auftreten wenn Ressourcenverbrauch zu spät bemerkt wird. So kann die CPU Usage oder das Memory Usage schwer anzuwenden, auch der Storage eines Betriebssystems kann nicht mehr ausreichend für ein System werden.	3	3	Ja
5	A	Gu.27-2	Ressourcenmangel (technische Ressourcen)	Wenn die CPU- und Memory-Usage über einen gewissen Schwelwert geht, fängt das System an zu Priorisieren. Des wird primär der Endnutzer in Form von Performance Einbußen bemerkbar. Im schlimmsten Fall steht eine Anwendung nicht mehr zur Verfügung.	2	2	Ja
6	C, I, A	Gu.31	Fehlerhafte Nutzung oder Administration von Geräten und Systemen	Durch die Vielzahl an Datenbankversionen und Betriebssystemen und Plattformen wird auf diese unterschiedliche Administration und Konfiguration, bestellt allen voran das Risiko einer Fehlerhaften Administration und Konfiguration.	4	3	Ja
7	C, I, A	Gu.32	Missbrauch von Berechtigungen	Obwohl das Microsoft Active Directory die Zentrale Benutzerverwaltung ist, sind die wenigsten Datenbanken an dieses angeschlossen. Hierzu kommt der umständliche in den Vergangenheiten hoher Schwellenleistungspegel des Benutzerkonzepts mitgebracht hat, auch bei den Datenbanken ausgenutzt.	2	4	Ja
8	A, I	Gu.45	Datenverlust	Der Wissensstand oder Universitätsstandards der Datenbanken entspricht dem Risiko. Basis für Systeme und Applikationen entsteht das Risiko. Beispielsweise wenn es sich um unterschiedliche Datenbanken handelt, kann es zu Problemen kommen, wenn diese unterschiedliche Datenbanken zusammengeführt werden. Zudem wurden die meisten Datenbanken nur mittels Snapshot oder einem Fullsystem Backup geschützt, nicht über eineephysische Sicherung mittels WAL.	4	5	Ja
				Das ist aufgrund der Tatsache, dass alle Transaktionen die zwischen dem letzten Backup nicht mehr vorhanden sind, ein großer Nachteil.			
				Hierzu kommt, dass für die meisten Datenbanken keine Sicherungsschritte von einmal pro Stunde oder gar einmal am Tag gewährleistet wurde.			
				Ein weiterer Aspekt des Risikos besteht in den tatsächlichen, das aufgrund der grossen Anzahl Datenbanken und deren Heterogenität nur wenige Backups auch wirklich regelmäßig gepflegt werden.			

Tabelle 1.4: Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken

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

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

Mit diesen Massnahmen lassen sich die Risiken senken.

Die Risiken werden wie folgt gesenkt:

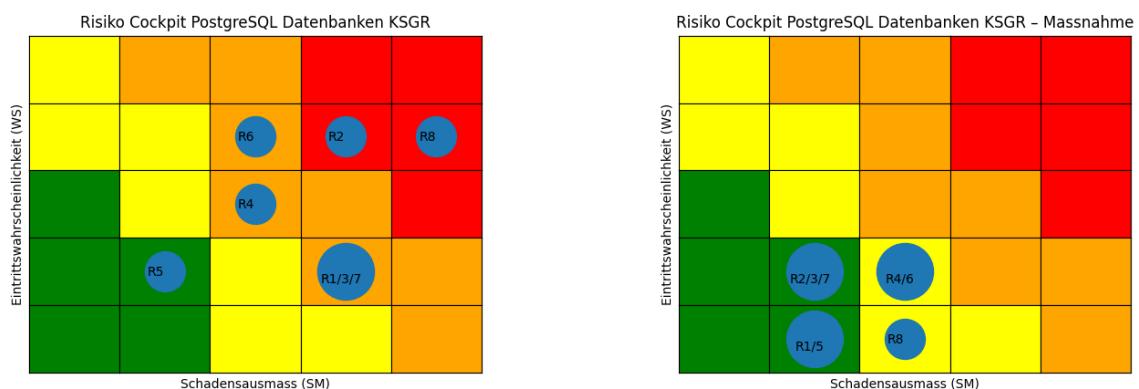


Abbildung 1.8: Risikomanagement PostgreSQL

## 1.2 Zieldefinition

Das administrieren einer PostgreSQL Datenbank umfasst i.d.R. [63, 69] 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 Tablespace und Filesystem muss deshalb Überwacht und ggf. erweitert werden. Läuft eine Disk voll kommt es im besten Fall zu einem Stillstand der DB, im schlimmsten Fall zu Inkonsistenzen und Datenverlust	Hoch
4	Monitoring	Nebst den allgemeinen Metriken wie CPU / Memory Usage und der Port Verfügbarkeit gibt es noch eine Reihe weiterer Aspekte die Überwacht werden müssen. Zum Beispiel ob es zu Verzögerungen bei der Replikation kommt oder die Tablespace genügend Platz haben. Dazu gehört auch das Überwachen des Logs und entsprechende Schritte im Fehlerfall. PostgreSQL sammelt Statistiken um SQL Queries optimaler ausführen zu können.	Mittel
5	Statistiken / Cleanup Jobs justieren	Zudem wird im Rahmen des gleichen Scheduled Tasks ein Cleanup Vorgenommen, 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 unperfekte SQL Statements ausgelesen werden und zum Teil werden auch Informationen zum Tuning geliefert[42]. 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

14

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[42]. 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 aufzeigen, 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:

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

Tabelle 1.7: Ziele

### 1.3 Abgrenzungen

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

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

Tabelle 1.8: Gegebene Systeme

Daraus ergeben sich nach nach Züst, Troxler 2002[93] folgende Abgrenzungen:

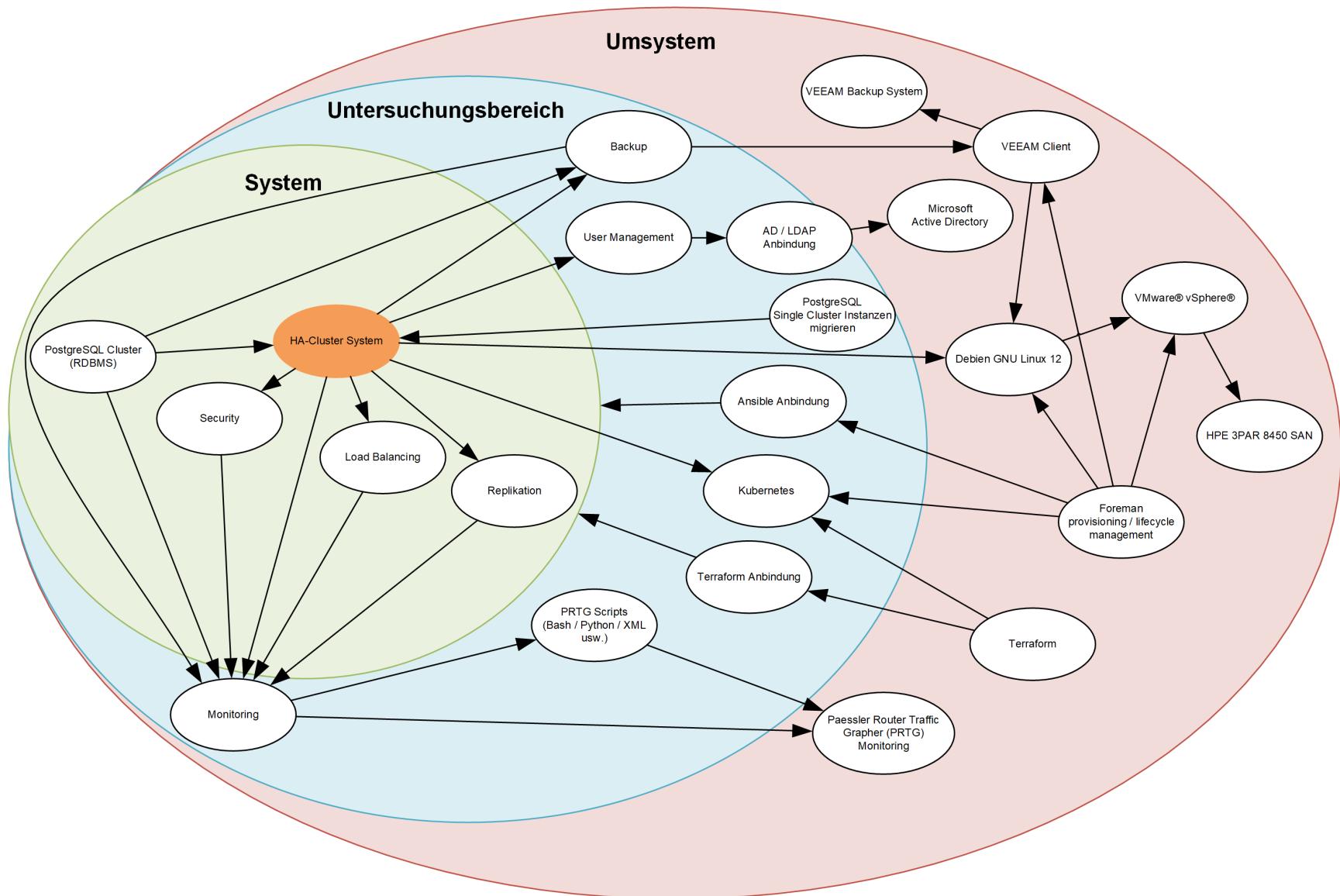


Abbildung 1.9: Systemabgrenzung

## 1.4 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. Log Retention muss stark erhöht werden. Dies wird mehr Storage in Anspruch nehmen.
3	Log Management / SIEM System	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.	Die neue Log Management Plattform ist noch nicht betriebsbereit.	Projekt kann nicht Zeitgemäß abgeschlossen werden.
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.	Keine Versionierung und Teile Sicherungen mehr von Konfigurationsfiles, Scripts usw.
5	GitLab	Sicherung	Sicherung von Konfigurationen, Scripts usw.	GitLab ist Implementiert und Betriebsbereit.	GitLab steht nicht mehr zur Verfügung.	Zertifikate können aus Zeitgründen nicht in der Evaluationsphase eingesetzt werden. Für die Testphase müssen Zertifikate manuell ausgestellt werden.
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.	
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.	Stellt nicht zur Verfügung, bis das Projekt abgeschlossen wird.	Backup muss z.B. einen nfs-Share gesichert werden.

Tabelle 1.9: Abhängigkeiten



**2**

## Projektmanagement

## 2.1 Risikomanagement

Aus den Abhängigkeiten heraus wurden folgende Risiken identifiziert:

Identifikation			Abschätzung		Behandlung			
ID	Risiko	Beschreibung / Ursache	WS	SM	Massnahmen ergreifen?	Zielwert WS	Zielwert SM	Massnahme
1	Fehlende Ressourcen	Viele parallele Projekte, Aufträge und der Tagesbetrieb	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	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	4	4	Ja	3	3	Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren
4	Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	Selbstmanagement und Organisation ist nicht meine Stärke	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	3	4	Ja	2	3	Ziele klar definieren
6	Scope Creep	Der Umfang kann stark steigen wenn Ziele nicht genau genug definiert wurden	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. Dadurch besteht das Risiko, dass sie nicht betriebsbereit zum Start der Diplomarbeit ist	4	1	Nein			
8	Foreman nicht betriebsbereit	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 2.1: Risiko-Matrix der Diplomarbeit

Daraus ergeben sich, mit den Massnahmen, folgende Risikomatrizen:

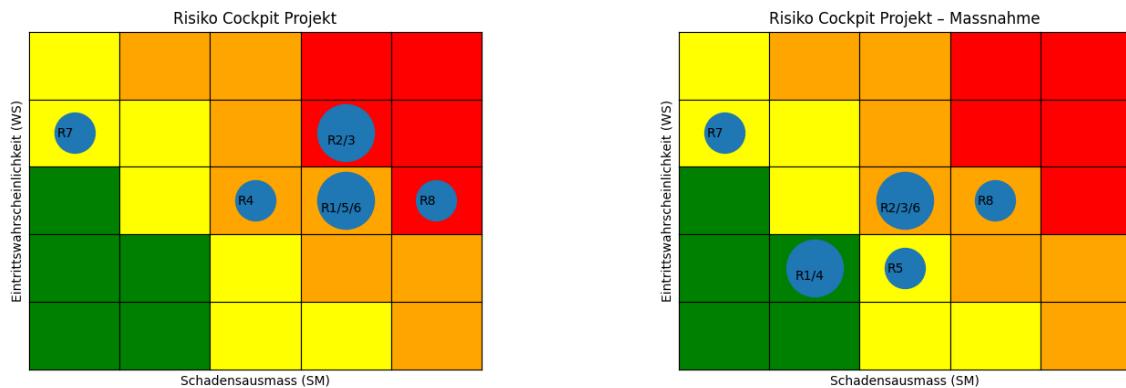


Abbildung 2.1: Risikomanagement Projekt

## 2.1.1 Riskcontrolling

### 2.1.1.1 Neu erfasste Risiken

ID	Definiert / Erkannt	Risiko	Beschreibung / Ursache	Auswirkung	WS	SM	Massnahmen notwendig	WS.1	SM.1	Massnahmen
9	19.03.2024 Keine Kubernetes-Gerechten Sicherungen von Pods usw. Ohne Kubernetes kein Veeam Kasten. Sicherungen inkonsistent o.ä. Ohne Backup kann das Ziel des Projekts nicht erreicht werden	Veeam Kasten K10[3] nicht betriebsbereit	Abhängigkeit zum KSGR k8s Projekt.							

Tabelle 2.2: Neu Erkannte / Erfasste Risiken



### 2.1.1.2 Assessment 21.03.2024

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 Schwächen beim	21.03.2024	4	4	hoch	Externe Partner sensibilisiert	wirksam	Externe Partner können meinen Teil der Aufgaben bei Problemen abfedern. Allerdings nicht vollständig
4	Selbstmanagement und in der Selbstorganisation	21.03.2024	3	3	hoch	- Projektplanung erstellt. - Arbeitspakete geplant	begrenzt	Nicht an alle Tasks gedacht, wie z.B. Risikocontrolling.
5	Scope verlust während des Projekts	21.03.2024	2	2	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 2.3: Risiko-Assessment 21.03.2024

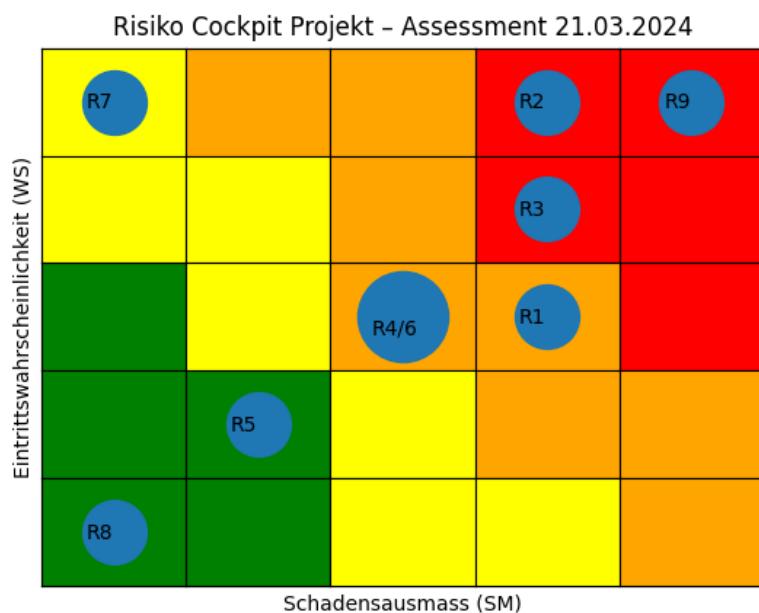


Abbildung 2.2: Riskikomatrix - Assessment 21.03.2024

## 2.2 Vorgehensweise und Methoden

## 2.3 Projektplanung

**2.3.1****Projektcontrolling**

	Phase	Subphase	Dauer [h]	Geplante Dauer [h]	Verbleibende Zeit [h]
0	1. Expertengespräch	1. Expertengespräch	1.0	1.0	0.0
1	2. Expertengespräch	2. Expertengespräch	0.2	1.0	0.8
2	Aufbau und Implementation Testsystem	Basisinfrastruktur	0.0	4.0	4.0
3	Aufbau und Implementation Testsystem	Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	0.0	20.0	20.0
4	Aufbau und Implementation Testsystem	Technical Review	0.0	3.0	3.0
5	Dokumentation	Dokumentation	31.0	80.0	49.0
6	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	17.8	16.0	-1.8
7	Evaluation	Anorderungskatalog	4.5	16.0	11.5
8	Evaluation	Gegenüberstellung	0.0	8.0	8.0
9	Evaluation	Variantenentscheid	0.0	4.0	4.0
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	0.0	8.0	8.0
	Total		59.5	203.0	143.5

Tabelle 2.4: Projektcontrolling

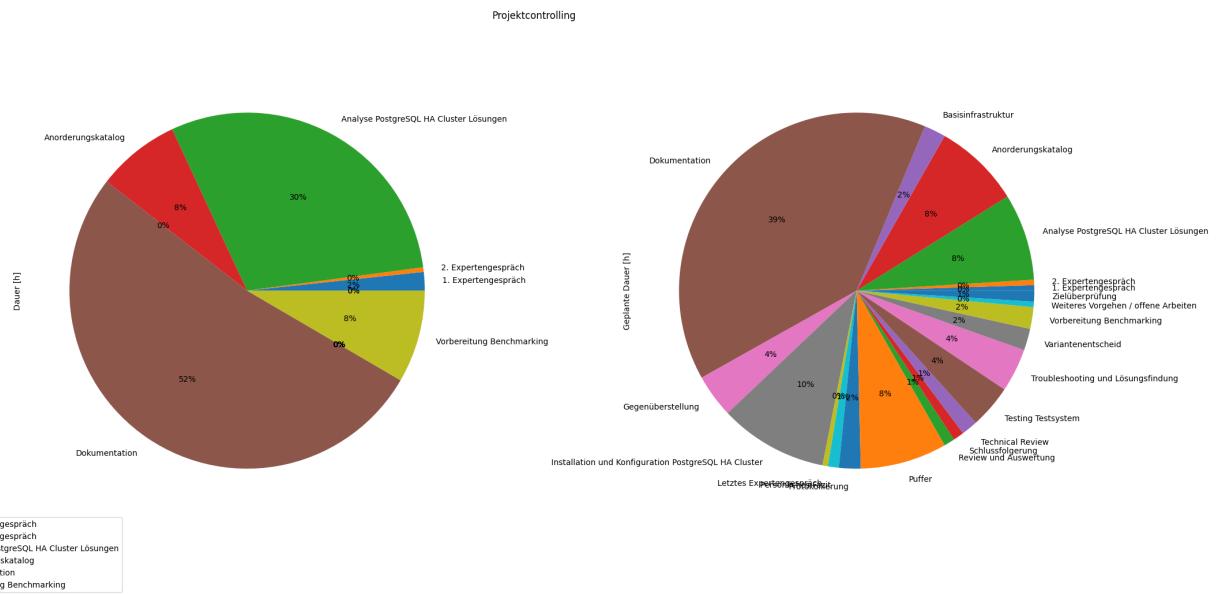
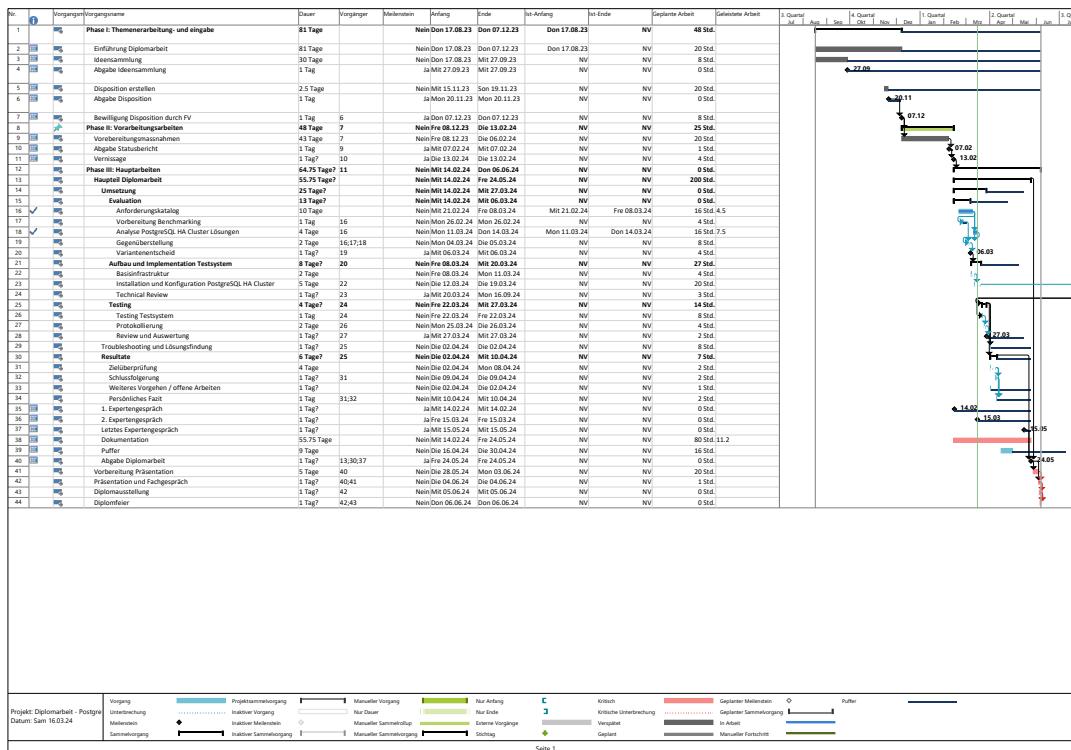


Abbildung 2.3: Projektcontrolling

2.3.2

GANTT-Diagramm

Diplomarbeit



## 2.4 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 2.5: 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

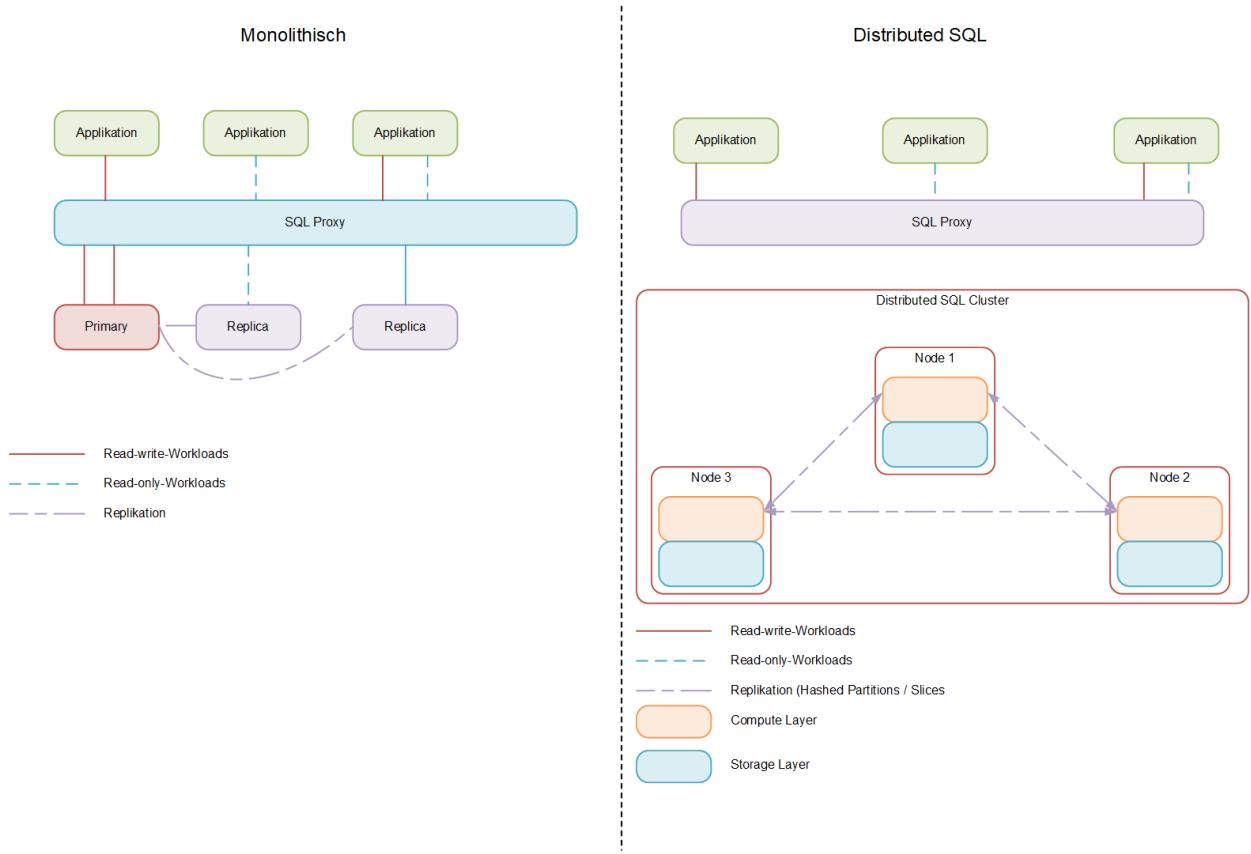


Abbildung 3.3: Monolithische vs. verteilte SQL Systeme

### 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[67]. 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

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 [65, 76, 60] 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

### 3.1.1.5 CAP Theorem

Das CAP Theorem besagt, dass nur zwei der drei folgenden drei Merkmale von verteilten Systemen gewährleistet werden können[49].

#### Konsistenz - Consistency

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

#### Verfügbarkeit - Availability

Jeder Client, der eine Anfrage sendet, muss auch eine Antwort erhalten. Unabhängig davon wie viele Nodes im Cluster noch aktiv 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 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[62]:

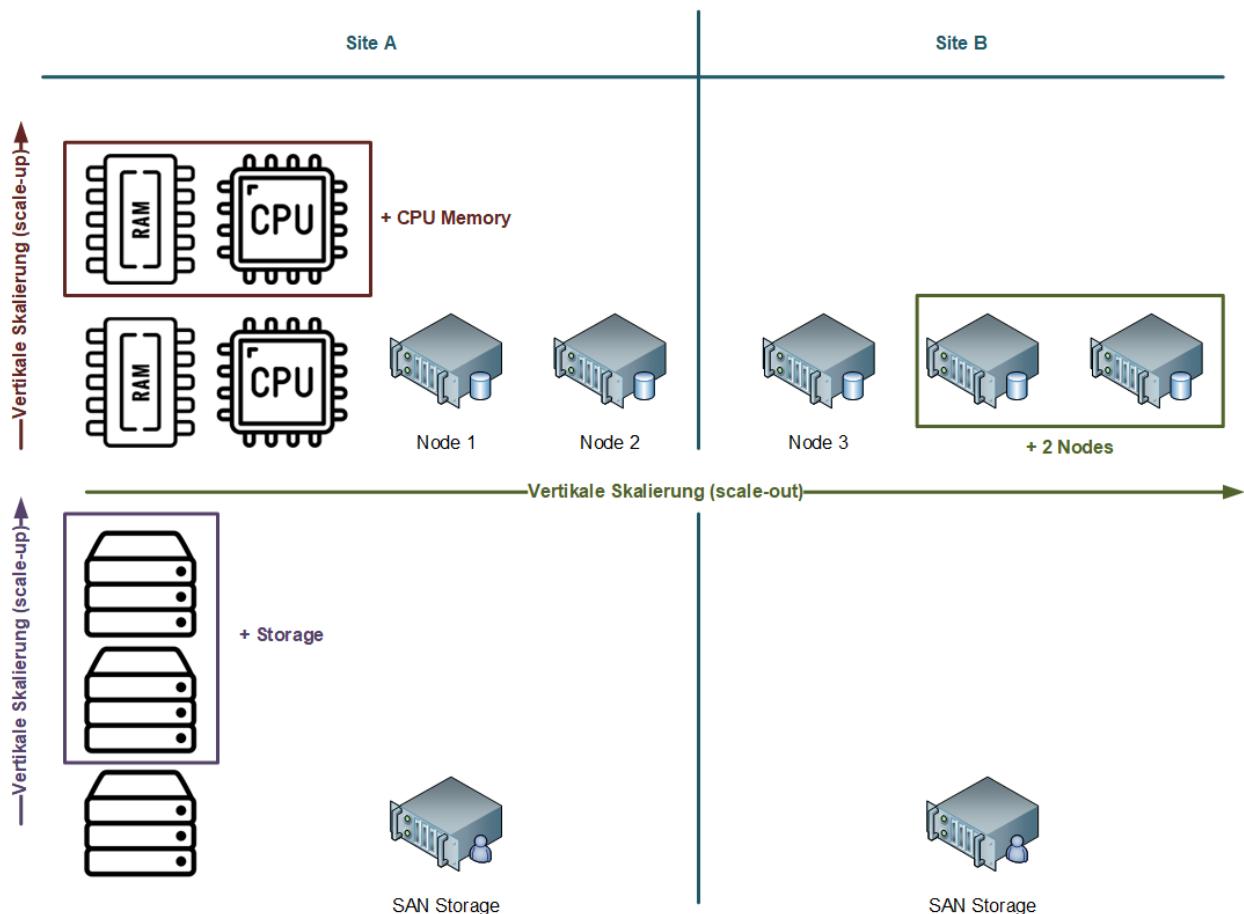


Abbildung 3.5: Datenbankskalierung

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

### 3.1.2 Erheben und Gewichten der Anforderungen

#### 3.1.2.1 Anforderungen

Das KSGR hat eine Cloud First Strategie.

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

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



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 Restore 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, das 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	Beides	MUSS
22	Management-API	Authentifizierung & Autorisierung	damit Nodes hinzugefügt oder entfernt werden können	Beides	MUSS
23	Management-API	Aufwand	Es müssen gängige Standards für Authentifizierung und Autorisierung mitgebracht werden Der Aufwand,	Beides	MUSS
24	Backup	Backup mit PostgreSQL Standards	der benötigt wird um die DB zu verwalten, Nodes hinzuzufügen oder zu entfernen usw. muss gegeneinander verglichen werden.	Beides	MUSS
25	Backup	Restore mit PostgreSQL Standards	Backups müssen mittels PostgreSQL Standards angezogen werden	Beides	MUSS
26	Housekeeping - Log Rotation		Backups müssen mittels PostgreSQL Standards restored werden können	Beides	MUSS
27	Self Healing		Das Clustersystem muss die möglichkeit zur Log Rotation bieten	Beides	KANN
28	Monitoring - Node Failure		Das Clustersystem muss im Fehlerfall Nodes selber wiederherstellen können Läuft ein Node auf einen Fehler,	Beides	MUSS
29	Maintenance Quality		muss das Clustersystem dies erkennen und Melden resp. eine Schnittstelle liefern die abgefragt werden kann	Beides	MUSS
30	Performance	tps - Read-Only	Da die meisten PostgreSQL HA Lösungen Open-Source sind, muss sichergestellt werden,	Beides	MUSS
31	Performance	tps - Read-Writes	die gewählte Lösung auch aktiv gepflegt wird.	Beides	MUSS
32	Performance	Ø Latenz - Read-Only	Als Basis dienen hier Informationen wie z.B. GitHub Insights.	Beides	MUSS
33	Performance	Ø Latenz - Read-Write	Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DQL Transaktionen	Beides	MUSS
			Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DML Transaktionen	Beides	MUSS
			Die Latenzzeit bei DQL Transaktionen	Beides	MUSS
			Die Latenzzeit bei DML Transaktionen	Beides	MUSS

Tabelle 3.2: Anforderungskatalog

## 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.

Dabei wurden folgende Anforderungen aus übersichtsgründe in Sub-Matrizen aufgeteilt:

- Failover
- Switchover
- Restore
- Replikation
- Sharding
- Quorum
- Management-IP
- Backup
- Performance

Die Grundlegende Gewichtung wurde folgendermassen vorgenommen:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele	1	Systemvielfalt	2	Synergien	3	Failover	4	Switchover	5	Restore	6	Replikation	7	Sharding	8	Quorum	9	Connection	10	Management-API	11	Backup	12	Housekeeping - Log Rotation	13	Self Healing	14	Monitoring - Node Failure	15	Maintenance Quality
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
125	15	1	1	Systemvielfalt	1																													
117	14	2	2	Synergien	1																													
108	13	3	3	Failover	1	2																												
100	12	4	4	Switchover	1	2	3																											
92	11	5	5	Restore	1	2	3	4																										
83	10	6	6	Replikation	1	2	3	4	5																									
25	3	13	7	Sharding	1	2	3	4	5	6																								
67	8	7	8	Quorum	1	2	3	4	5	6	8																							
58	7	8	9	Connection	1	2	3	4	5	6	9	8																						
33	4	12	10	Management-API	1	2	3	4	5	6	10	8	9																					
58	7	8	11	Backup	1	2	3	4	5	6	11	8	9	11																				
8	1	14	12	Housekeeping - Log Rotation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																			
8	1	14	13	Self Healing	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13																		
50	6	11	14	Monitoring - Node Failure	1	2	3	4	5	6	14	8	9	14	11	14	14																	
8	1	14	15	Maintenance Quality	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	14																
58	7	8	16	Performance	1	2	3	4	5	6	16	16	16	16	11	16	16	14	16															
<b>1000</b>		<b>120</b>																																

#### Legende

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 3.6: Präferenzmatrix

### 3.1.3 Testziele erarbeiten

### 3.1.4 PostgreSQL Benchmarking

#### 3.1.4.1 pgBench - Basis-Benchmarking

PostgreSQL bietet ein Benchmarking-Tool,[56, 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 [37, 34, 91, 1] sind dies folgende Anforderungen:

#### pgGather

Mit pgGather [64] 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.  
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 [87] 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 [75].

#### 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:

# Diplomarbeit



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 3.7: Benchmark Settings - Zabbix - Systeminformationen

Pro Sekunde werden ca. 950 Datenpunkte abgeholt.

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

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

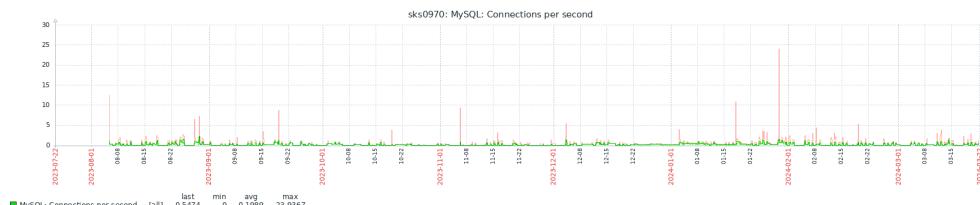


Abbildung 3.8: Benchmark Settings - Zabbix - Connections per Seconds

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

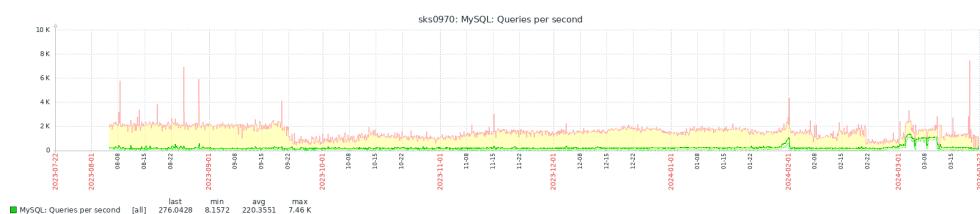


Abbildung 3.9: Benchmark Settings - Zabbix - Queries per Seconds

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

## Diplomarbeit

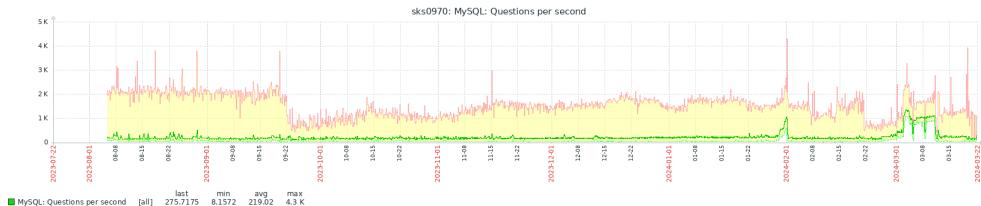


Abbildung 3.10: Benchmark Settings - Zabbix - Client Queries per Seconds

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

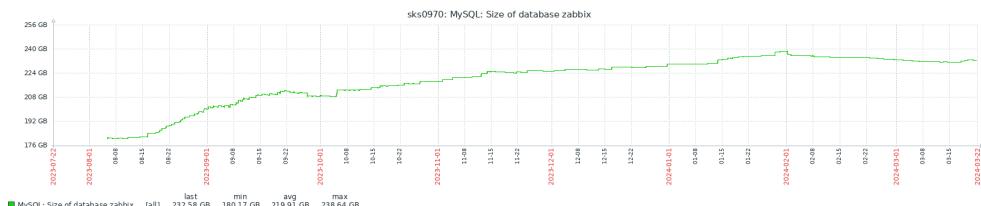


Abbildung 3.11: Benchmark Settings - Zabbix - DB Size

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:

## Diplomarbeit

Typ	Parameter	pgbench-Parameter	1. Lauf	2. Lauf	3. Lauf	4. Lauf
dql	Datenbank	pgbench_eval_bench				
dql	DB-Grösse	5GiB	5GiB	15GiB	50GiB	250GiB
dql	1. Iteration Lauf ignorieren	ja	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[57]:

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.

## Diplomarbeit

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:

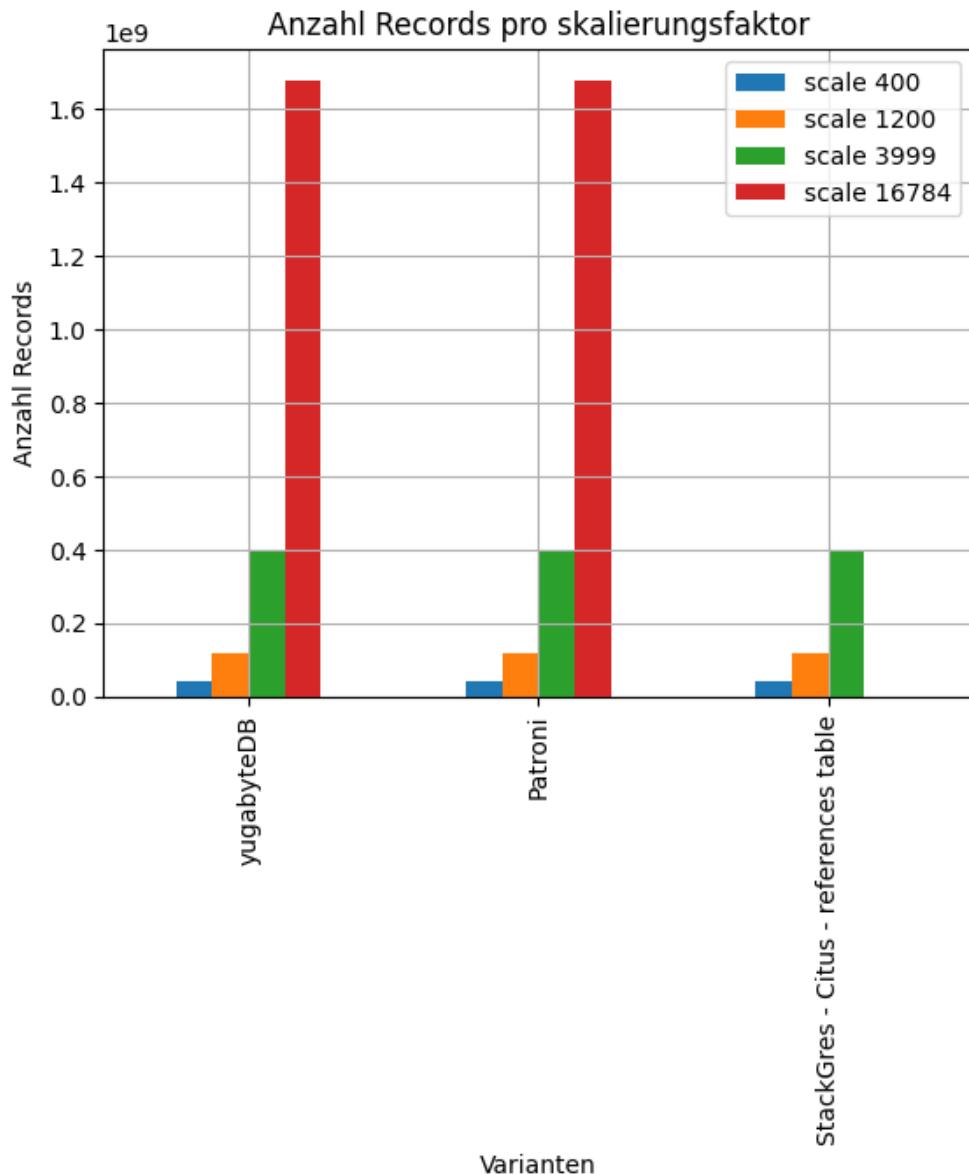


Abbildung 3.12: Benchmark Settings - Anzahl Records / Skalierungsfaktor

### 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 [33] aller Art für PostgreSQL an.

Percona arbeitet oft auf Basis von Patroni,  
bietet aber auch eigene Erweiterungen und eigene Software an[30].

Da Percona keine Open-Source-Lösungen bietet, sondern Service-orientiert ist,

wird Percona nicht betrachtet.

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[18].

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[77]. 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[54]:

## Diplomarbeit

- Watchdog für Automatischer Failover
- 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.

### 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. [22]

#### 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[26].

#### 3.1.5.5.5 Architektur

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

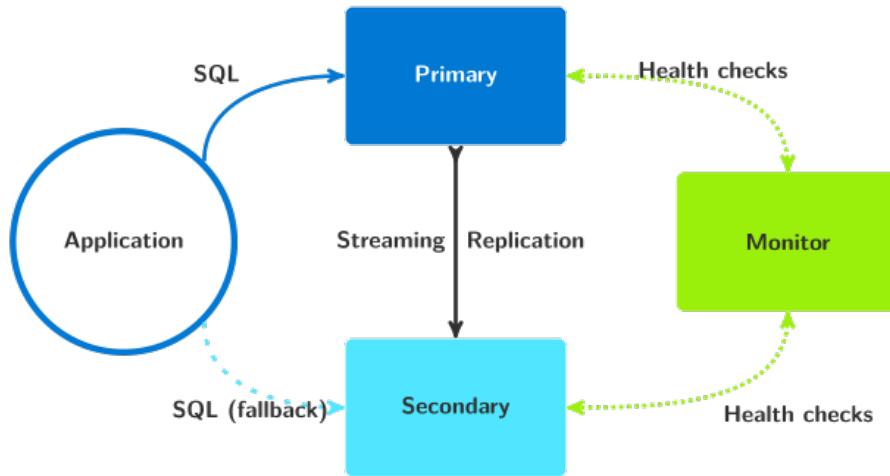


Abbildung 3.13: pg\_auto\_failover-Architektur - Single Standby

Aber auch Multi-Nodes können eingebunden werden[29]:

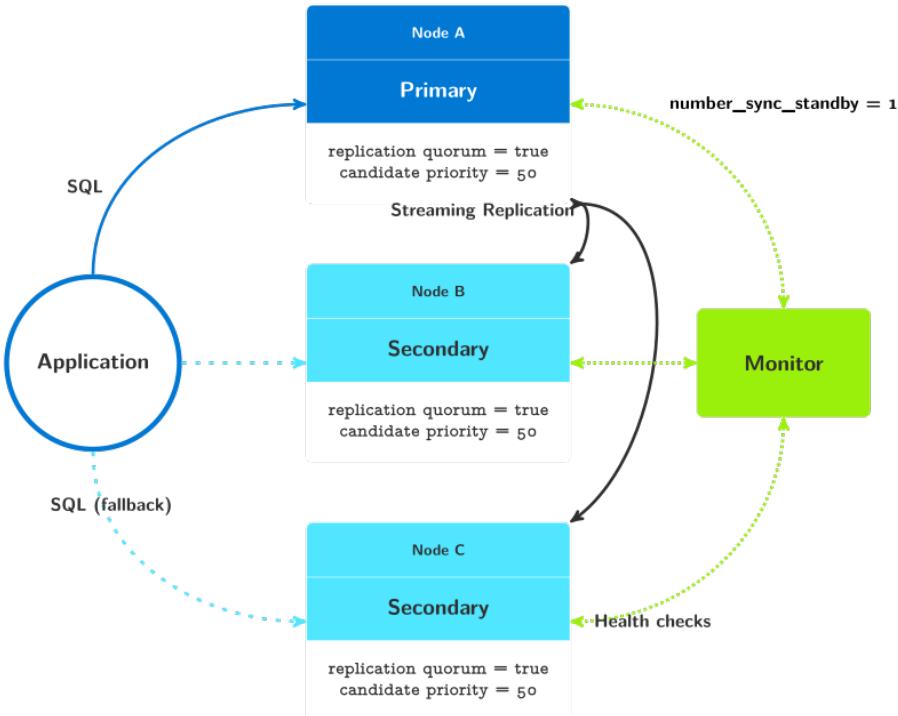


Abbildung 3.14: pg\_auto\_failover-Architektur - Multi-Node Standby

pg\_auto\_failover kann Citus einbinden[11]. Allerdings bleibt die Architektur im Kern immer Monolithisch.

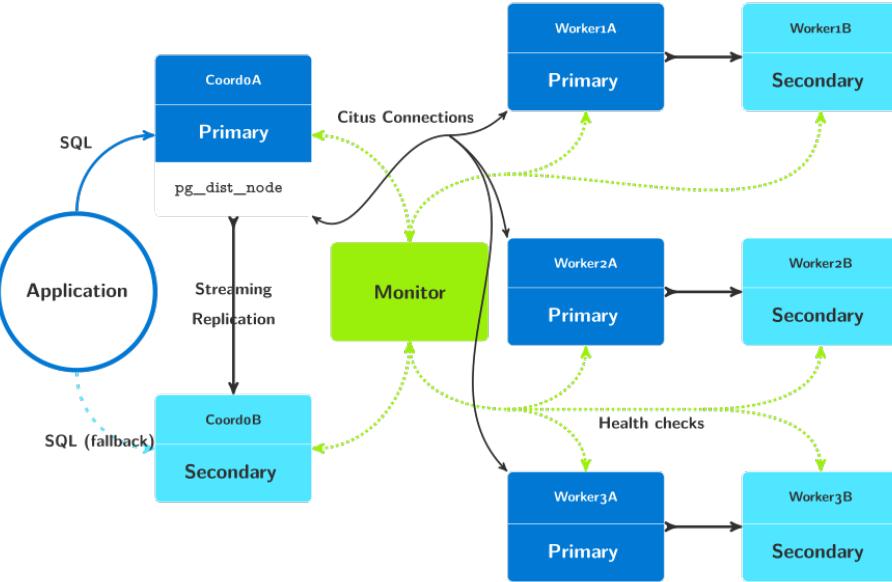


Abbildung 3.15: pg\_auto\_failover-Architektur - Citus

### 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[13]:

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

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

### 3.1.5.6.2 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:

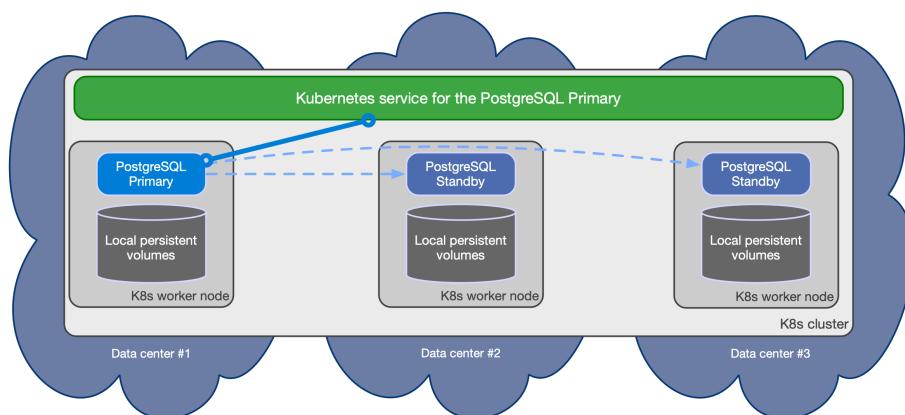


Abbildung 3.16: CloudNativePG - Kubernetes - PostgreSQL

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

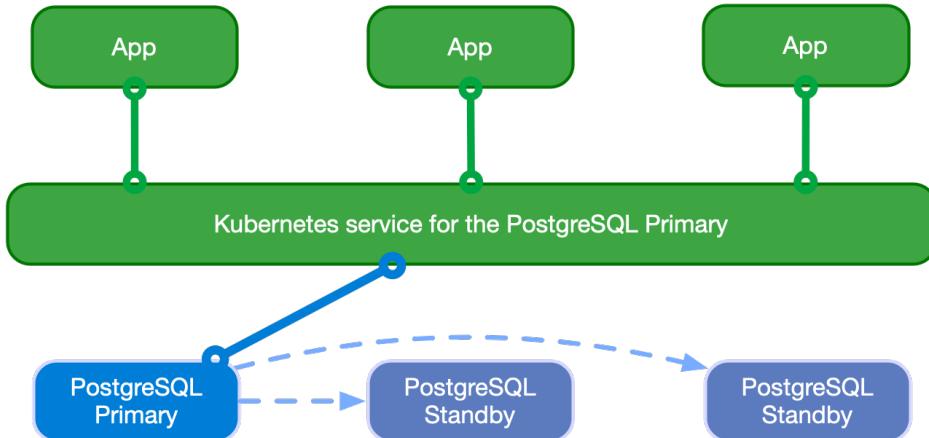


Abbildung 3.17: CloudNativePG - Kubernetes - Read-write workloads

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

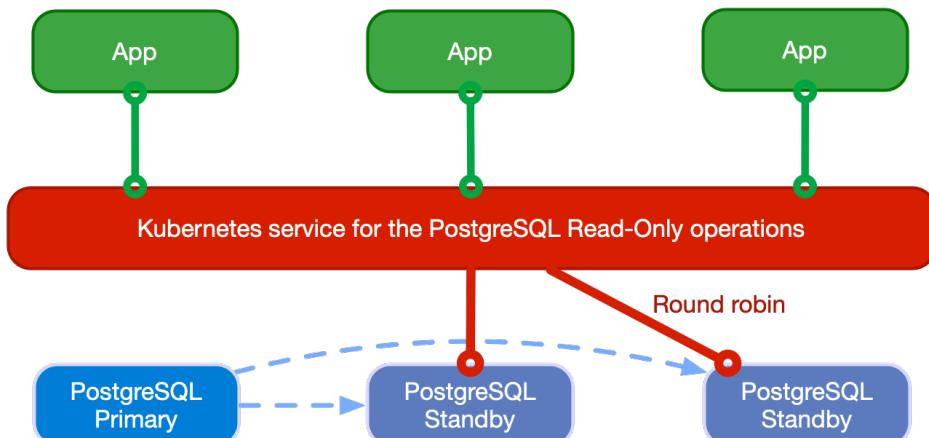


Abbildung 3.18: CloudNativePG - Kubernetes - Read-only workloads

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.

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[22].

#### 3.1.5.7.4 Pooling

Patroni benötigt einen externen Pooler.  
Hier wird oft PgBouncer [31] 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:

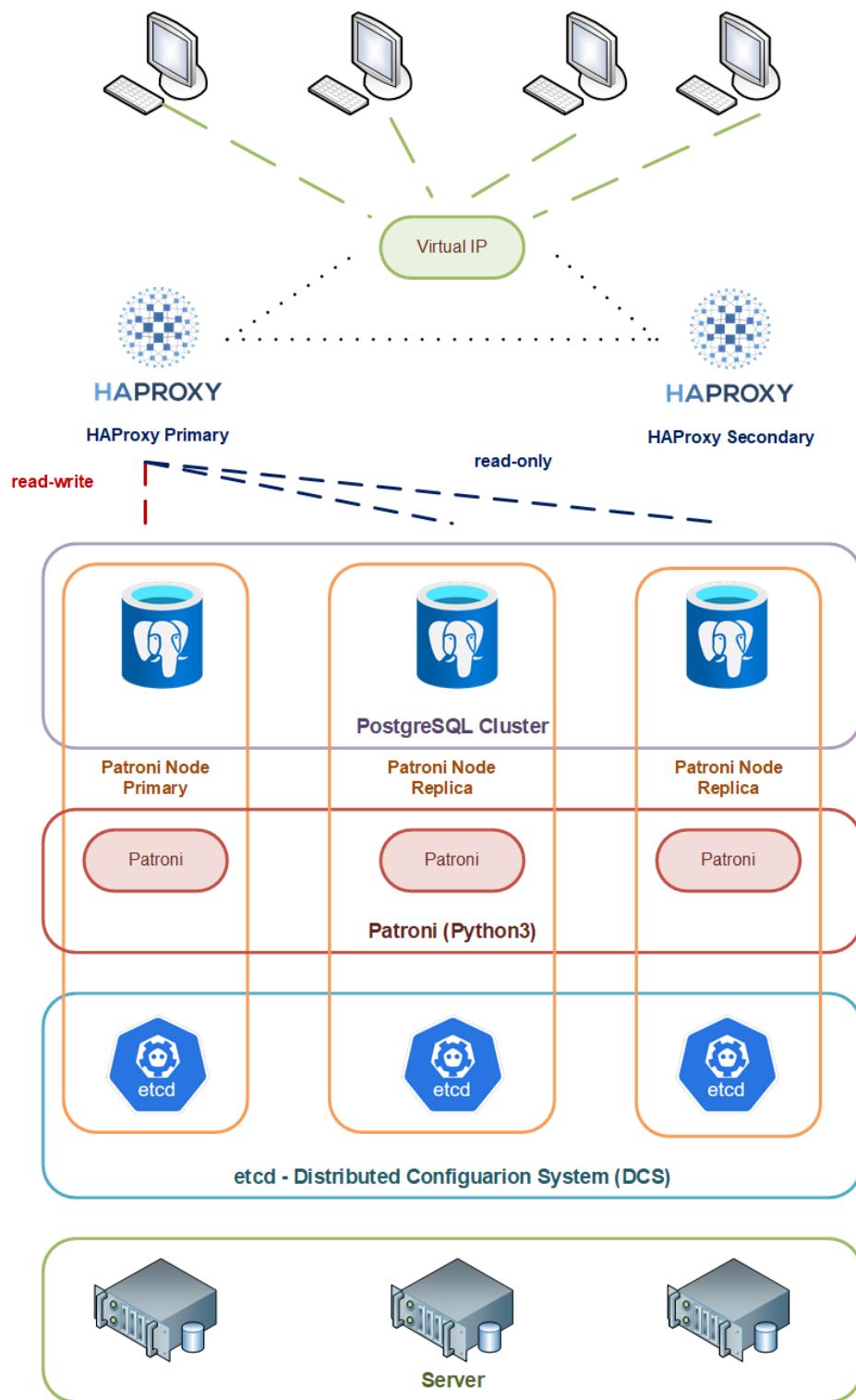


Abbildung 3.19: Patroni-Architektur

### 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[92] 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[21]:

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

### 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[19] implementiert.

### 3.1.5.8.4 Pooling

PgBounder[31] 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:

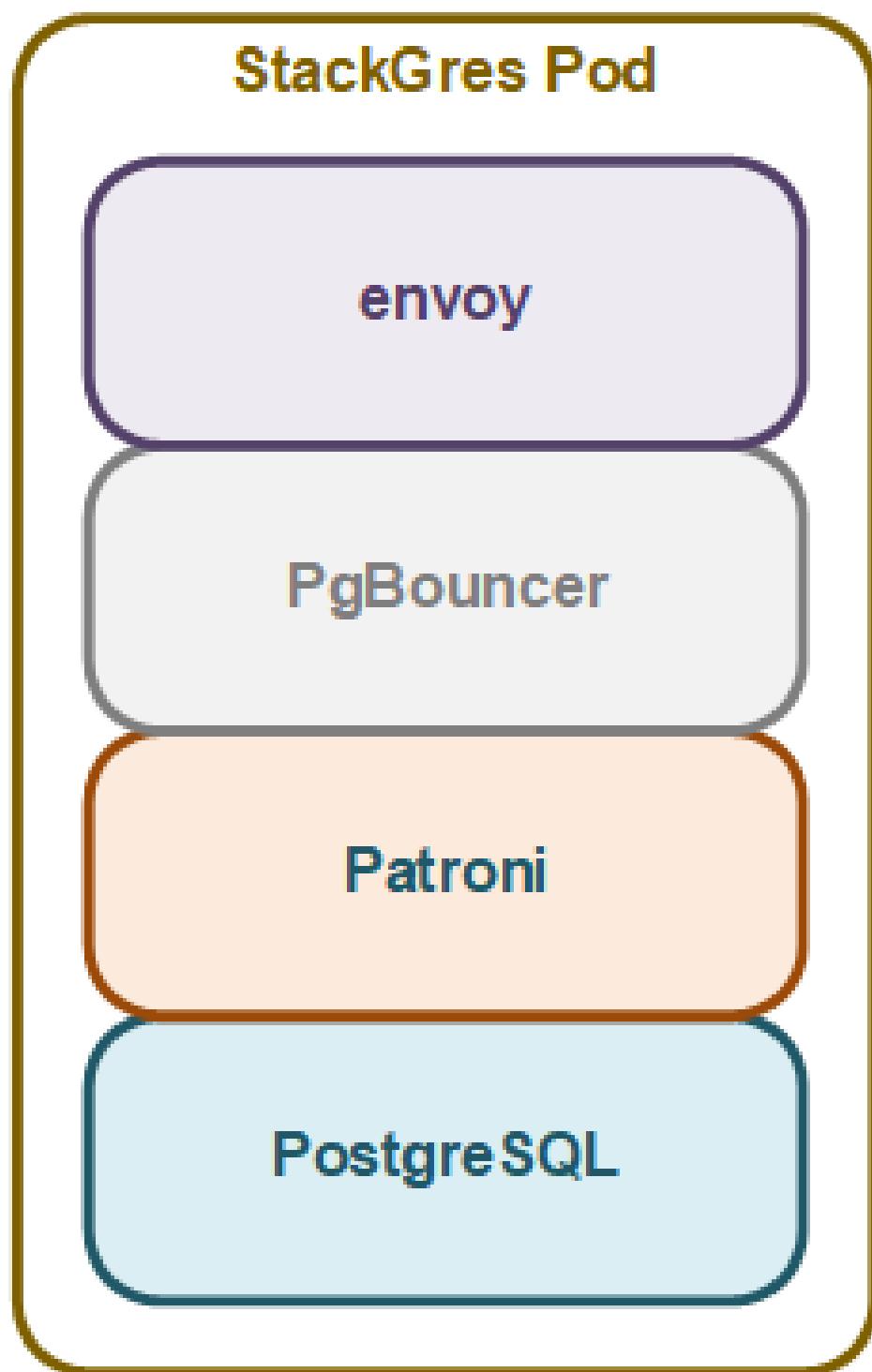


Abbildung 3.20: Stackgres - Grundarchitektur

## Diplomarbeit

### 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.

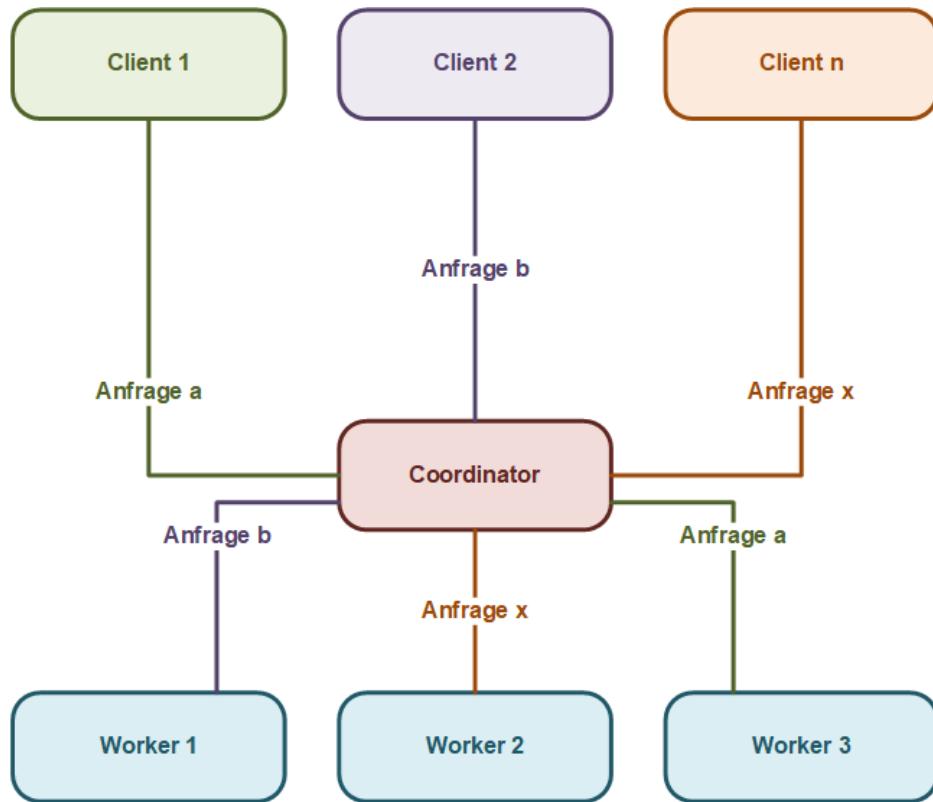


Abbildung 3.21: Citus - Coordinator und Workers

### 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. [16, 8]

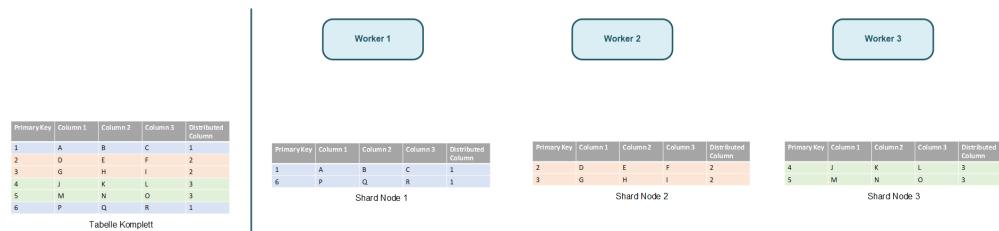


Abbildung 3.22: Citus - Row-Based-Sharding

### Schema-based sharding

## Diplomarbeit

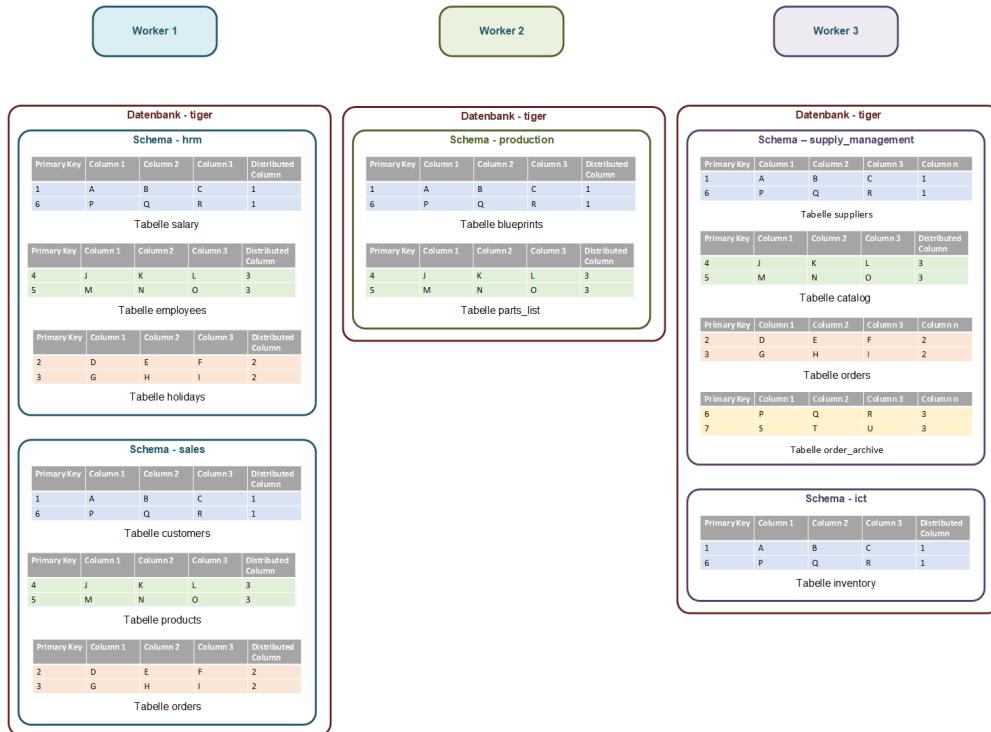


Abbildung 3.23: Citus - Schema-Based-Sharding

**Schlussfolgerung** Beide Sharding-Methoden haben eine grosse Schwäche. In Version 7.2 konnte noch ein Replikationsfaktor angegeben werden[15], ab Version 11 wurde auch diese Variante gestrichen und man konnte noch eine 1:1 Repliacation auf einen Worker fahren[10]. 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[14]. 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:

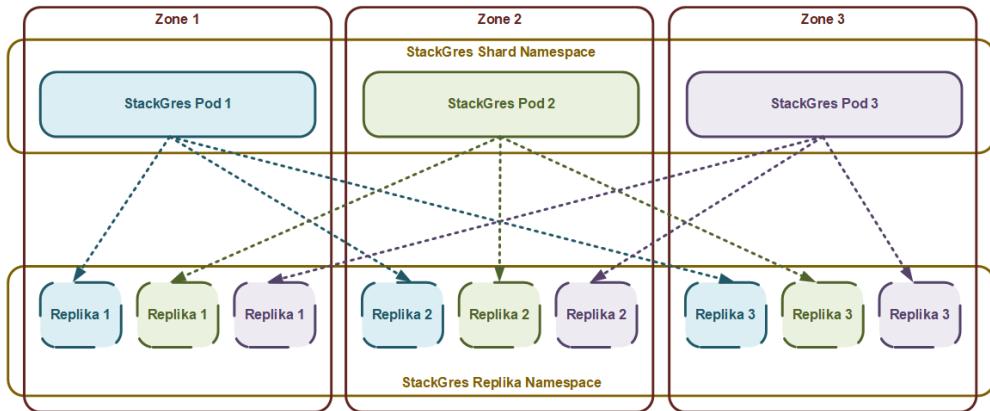


Abbildung 3.24: StackGres-Citus - Shard-Replikation

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

Anhang - Maintenance

### 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[88].

#### 3.1.5.9.1 Core-Features

Die wichtigsten Features von YugabyteDB sind[7]:

- PostgreSQL Kombatibel

## Diplomarbeit

- Cassandra-Kompatibilität
- Horizontal 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[58].

### 3.1.5.9.5 API / Skripte

YugabyteDB bietet eigene APIs[5] und CLIs[12] 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:

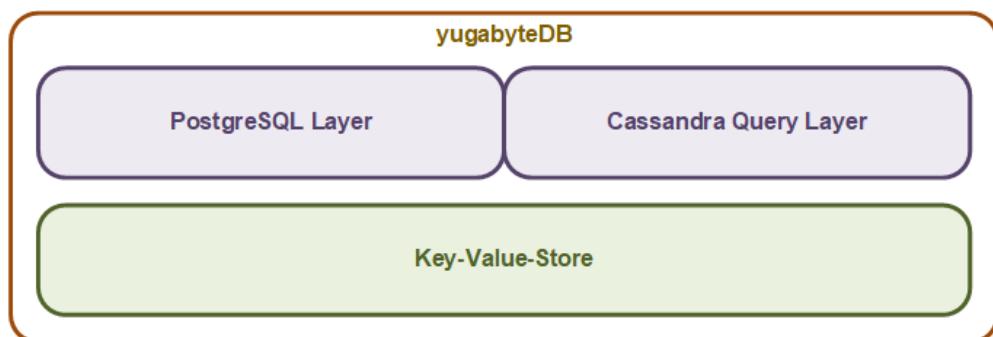


Abbildung 3.25: yugabyteDB - Grundkonzept

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

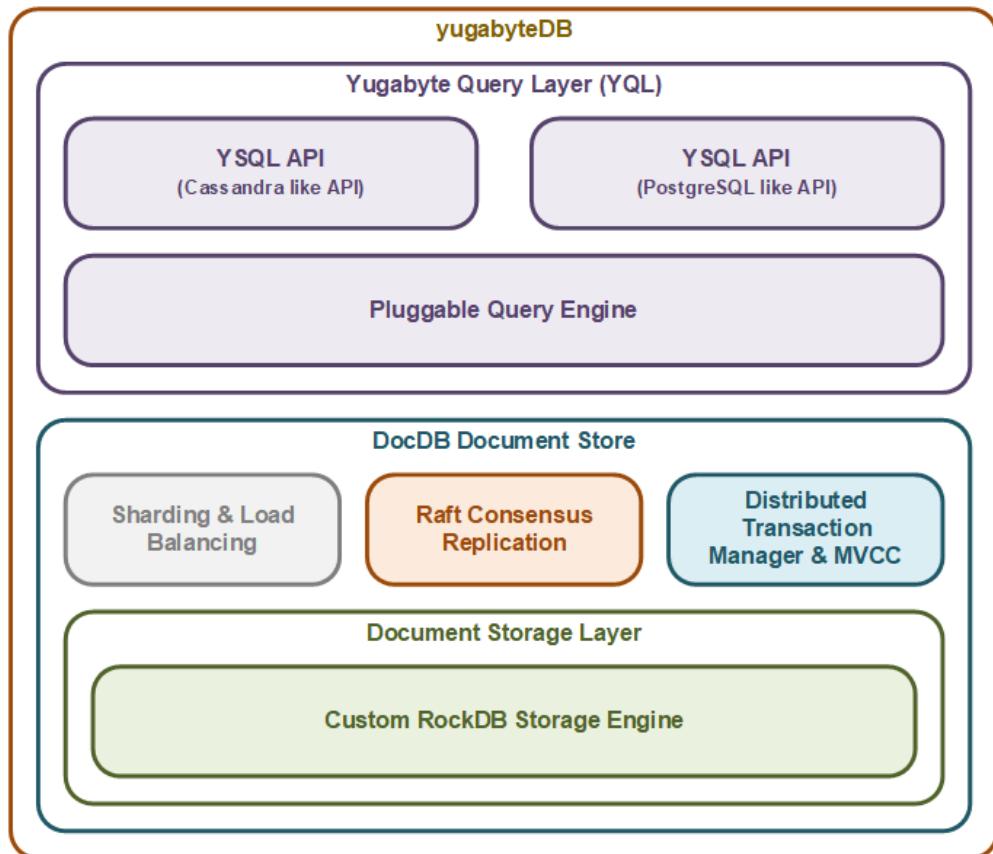


Abbildung 3.26: YugabyteDB - Architektur

### 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 3.27: YugabyteDB - Sharding

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

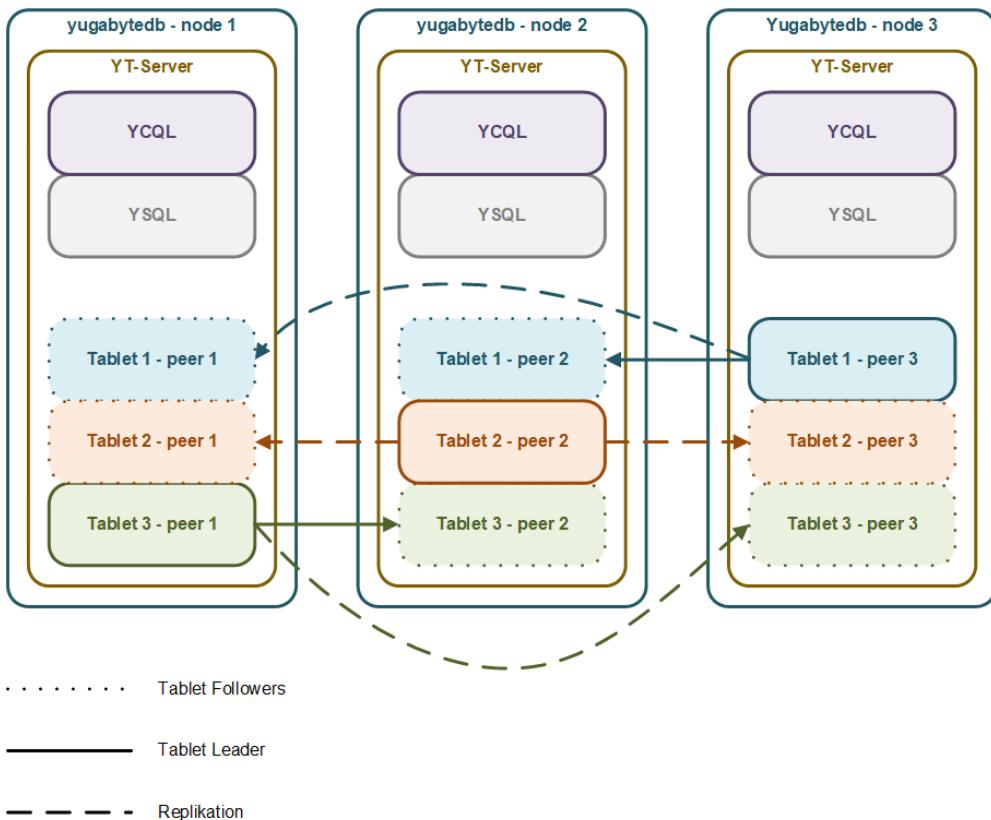


Abbildung 3.28: YugabyteDB - Tablet - Leader und Follower

Mit dem Replikationsfaktor kann angegeben werden, auf wie vielen Nodes ein Tablet repliziert werden soll. Bei einem 4-Node System können z.B. einige Tablets einen Faktor 3 haben, dass

heisst, dass die Daten nur auf 3 Nodes repliziert werden. Bei einem Replikationsfaktor 4 werden die Daten auf alle Nodes repliziert. Dies wird mit einem eigenen Service, dem YB-TServer service [35] geregelt:

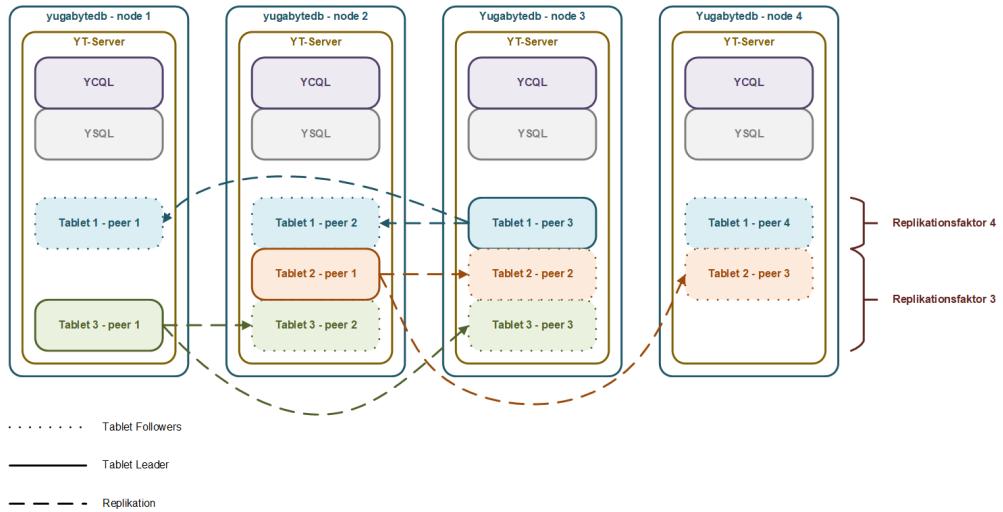


Abbildung 3.29: yugabyteDB - Tablet - Replikationsfaktor

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:

## Diplomarbeit

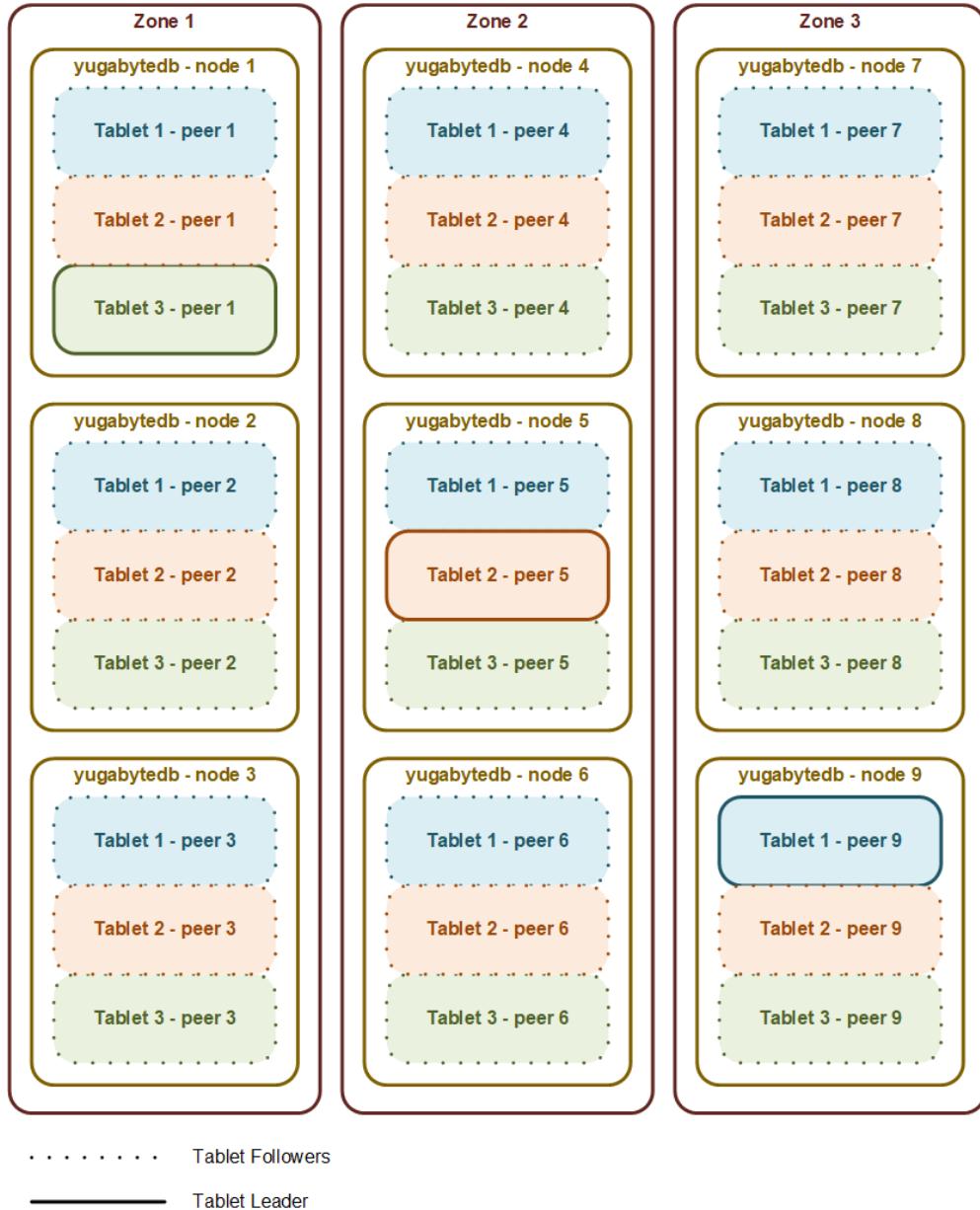


Abbildung 3.30: YugabyteDB - Zonen

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[32].

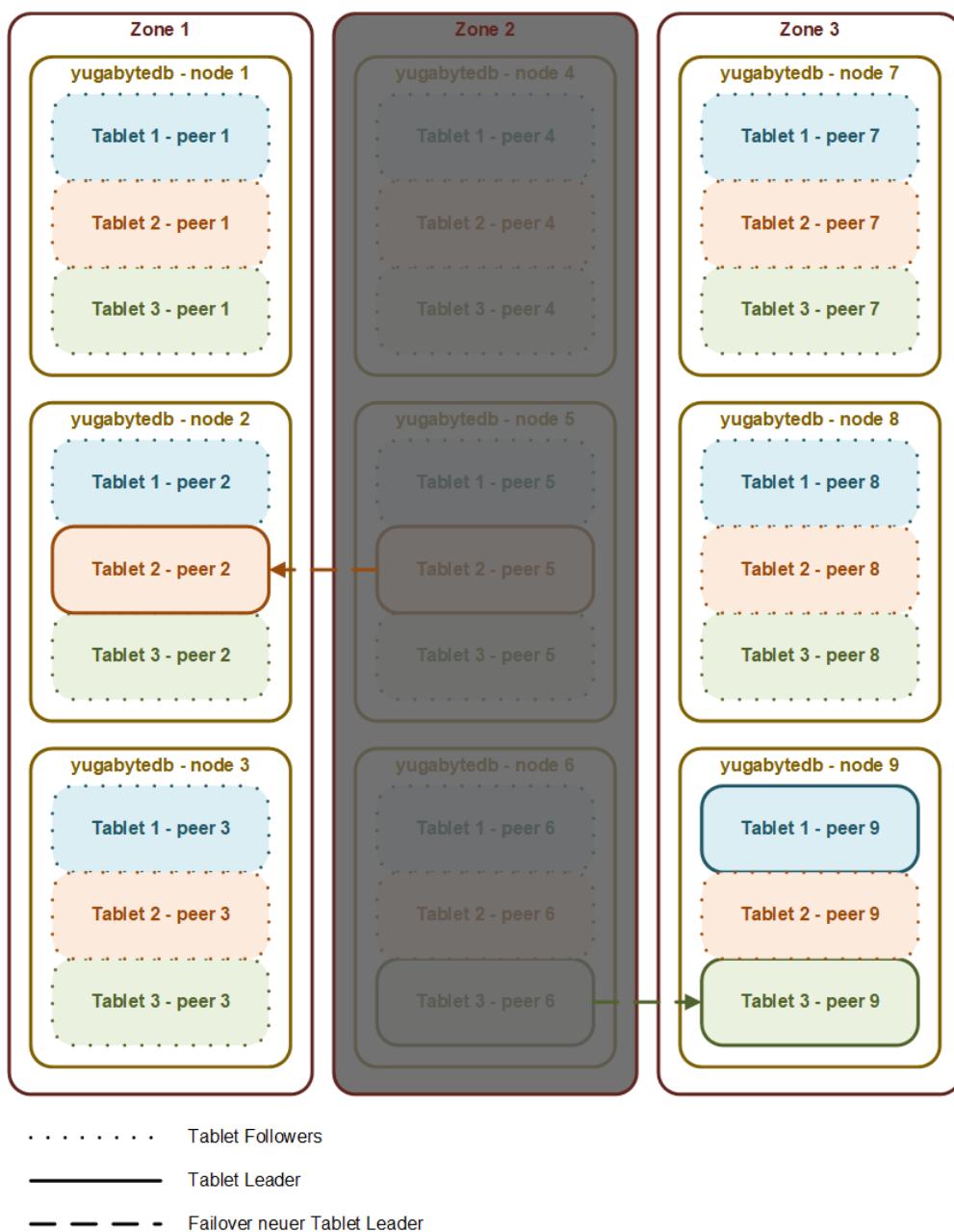


Abbildung 3.31: YugabyteDB - Zone outage Tolerance

### 3.1.5.9.7 Maintenance

Anhang - Maintenance

### 3.1.5.9.8 Synergien und Mehrwert

Der grosse Benefit von YugabyteDB ist sein Distributed SQL Ansatz.

## Diplomarbeit

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. pg_auto_failover würde zwar Citus-Support bieten,
3	pg_auto_failover	Vorausgeschieden	allerdings gibt es keine gut dokumentierte Implementation für Kubernetes. Erfüllt daher das Kriterium für die Synergien nicht CloudNativePG ist keine vollständige Cloud Native Lösung. Mittels Citus könnte sogar eine Distributed SQL Lösung implementiert werden.
4	CloudNativePG	Vorausgeschieden	Die Grundarchitektur bleibt aber Monolithisch mit einem Primary und Replicas. Und da kein Benefit in Form von Synergien vorhanden sind, fällt CloudNativePG raus. Citus row-based-sharding wäre Hocheffizient wenn es um Ressourcenverteilung geht und zudem echtes Sharding. Allerdings setzt es Anpassungen an den Tabellen der Applikationen voraus.
8	Citus row-based-sharding	Vorausgeschieden	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 Bietet eine einfache und kompakte Möglichkeit für ein Distributed SQL System.
6	Stackgres mit Citus	Evaluation	Da Patroni unter der Haube ist, kann die API und sonstige Skripte auch auf einem Monolithischen System eingesetzt werden.
7	Yugabyte-DB	Evaluation	Ist eine reine Distributed SQL Lösung und ist Vollständig Cloud Native.

Tabelle 3.10: 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:

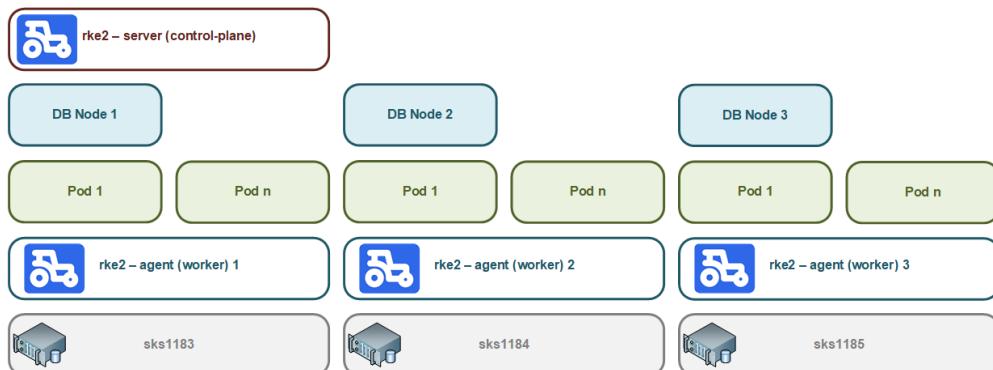


Abbildung 3.32: Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards

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

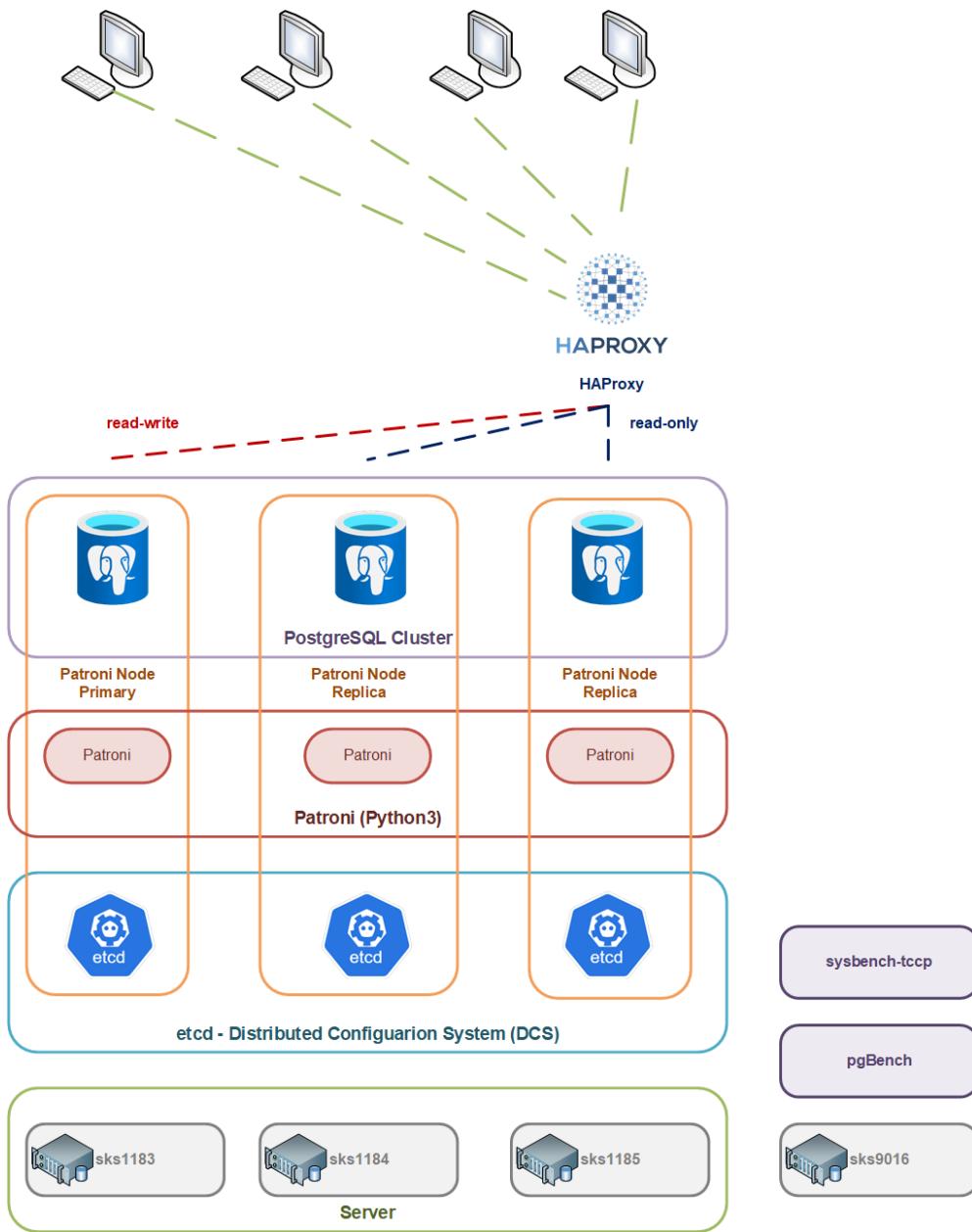


Abbildung 3.33: Patroni - Evaluationsarchitektur

### 3.1.7.3 StackGres - Citus

### 3.1.7.3.1 Architektur

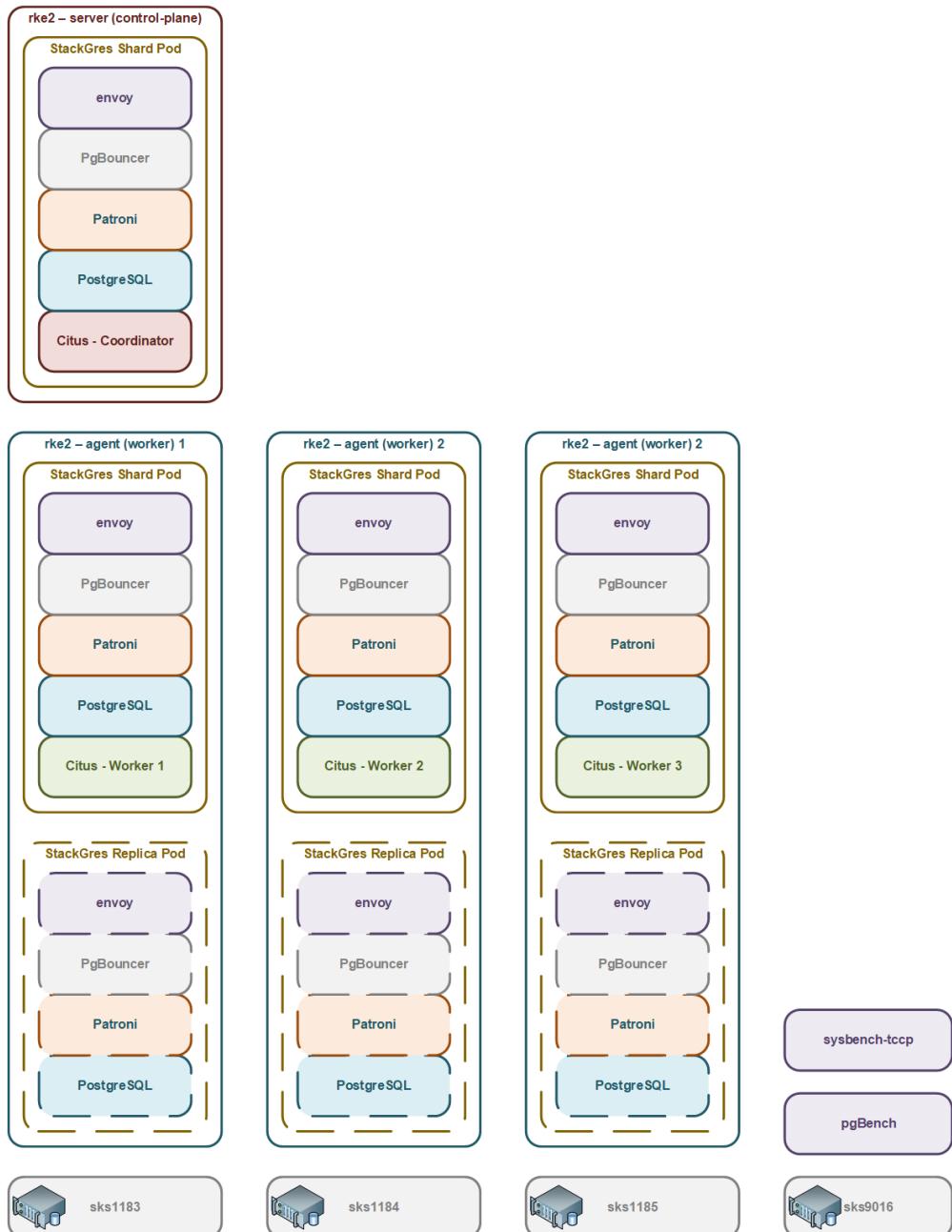


Abbildung 3.34: Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur

### 3.1.7.4 YugabyteDB

#### 3.1.7.4.1 Installation

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

## Diplomarbeit

(Repository `yugawre`):

```

Context: default          <C>   Copy
Cluster: default          <e>   Edit
User: default              <n>   Next Match
K9s Rev: v0.31.8 > v0.32.4 <shift+np> Prev Match
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1    <r>   Toggle Auto-Refresh
CPU: 1%                   <f>   Toggle Fullscreen
MEM: 38%
Name: yw-test-yugaware-pg-upgrade
optional: false
pg-init:
  Type: ConfigMap (a volume populated by a ConfigMap)
  Name: yw-test-yugaware-pg-prerun
  optional: false
pg-sample-config:
  Type: ConfigMap (a volume populated by a ConfigMap)
  Name: yw-test-pg-sample-config
  optional: false
kube-apiserver-rwtbw:
  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) kubebet Pulling image "quay.io/yugabyte/yugaware:2.20.2.1-b3"
  Warning Failed   2m38s (x3 over 3m21s) kubebet 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) kubebet Error: ErrImagePull
  Normal BackOff   2m11s (x4 over 3m20s) kubebet Back-off pulling image "quay.io/yugabyte/yugaware:2.20.2.1-b3"
  Warning Failed   2m11s (x4 over 3m20s) kubebet Error: ImagePullBackoff
  Warning FailedToRetrieveImagePullSecret 117s (x8 over 3m23s) kubebet Unable to retrieve some image pull secrets (yugabyte-k8s-pull-secret); attempting to pull the image may not succeed.

```

Abbildung 3.35: 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 3.1: metallb - Konfig YAML - Detail L2Advertisement

## Diplomarbeit

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-Loadb-Balancers.

Mit diesem funktionierte dann nicht einmal mehr die Installation von YugabyteDB.

Lösung brachte nur ein GitHub-Eintrag[27], wo oben genannter Ansatz empfohlen wurde.

### 3.1.7.4.2 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 3.2: 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 3.3: 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"

```

## Diplomarbeit

```

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

```

Listing 3.4: 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 3.5: 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

```

## Diplomarbeit

```
3 disableYsql: false
4 ...
5
```

Listing 3.6: 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 angeastet, 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 3.7: YugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Domainname und Service-Endpoints

### 3.1.7.4.3 Connection

Auch mit einem PostgreSQL-

## Diplomarbeit

### 3.1.8 Testing Evaluationssysteme

#### 3.1.8.1 Evaluation - Testfälle

#### 3.1.8.2 YugabyteDB

##### 3.1.8.2.1 1. Testing

Beim ersten Testing hat sich mutmasslich das Storage system von local-path-provisioner einen Fehler erzeugt.

Es wurde ein Zeitsystem-Fehler geworfen, allerdings gab chrony keine Synchronisationsprobleme zurück.

NAME	READY	STATUS	RESTARTS	Pods(yb-platform)[4]				%MEM/L	IP	NODE	AGE	
				CPU	%MEM	%CPU/R	%MEM/R					
yb-master-0	2/2	Running	0	126	0	n/a	3	n/a	198.18.1.264	sk51184	6m15s	
yb-master-1	2/2	Running	0	127	0	n/a	4	n/a	198.18.2.228	sk51185	6m15s	
yb-master-2	2/2	Running	0	9	125	0	n/a	3	n/a	198.18.0.252	sk51183	6m15s
yb-tserver-0	1/2	CrashLoopBackOff	3	7	0	n/a	0	n/a	198.18.2.85	sk51185	6m15s	
yb-tserver-1	1/2	Running	0	28	101	1	100	2	n/a	198.18.1.209	sk51184	6m15s
yb-tserver-2	1/2	CrashLoopBackOff	3	10	7	0	n/a	0	n/a	198.18.1.194	sk51184	6m15s

Abbildung 3.36: YugabyteDB - Evaluation-Testing - CrashLoopBackOff

Als Ursache wurde das Storage system ermittelt, weil weder das neuerstellen des YugabyteDB-Namespace noch die neuinstallation aller Pods abhilfe schaffte.

Erst als local-path-provisioner komplett gesäubert und neu aufgesetzt wurde, konnte der Test sauber neu aufgebaut werden.

##### 3.1.8.2.2 2. Testing

#### 3.1.9 Gegenüberstellung der Lösungen

##### 3.1.9.0.1 YugabyteDB

Zuerst wurde für die Annährend 5GiB-DB initialisiert:

```
1 yugabyte=# create database pgbench_eval_bench;
2 CREATE DATABASE
```

Listing 3.8: YugabyteDB - Benchmarking - DB erstellen

##### 3.1.9.0.2 Patroni

Als die 250GiB DB getestet wurde, zeigte sich, das die Parameter nicht darauf optimiert waren.

##### 3.1.9.1 Benchmarks

Der vergleich zwischen den verschiedenen Varianten.

### YugabyteDB

4GiB Memory für die tserver waren offensichtlich zu knapp bemessen. Zumindest wenn die Tabelle 120'000'000 Rows hat und ein mixed Benchmark abgesetzt wird.

Dies äusserte sich in einem Fehler (Absturz) auf zwei von drei tserver-Nodes sowie einer hohen Anzahl an Fehlern bei den mixed-Benchmarks. Daher wurde das Memory auf 8GiB erhöht und die komplette Testreihe erneut gestartet. Zudem wurden die Anzahl Fehler ebenfalls in die Benchmark-Auswertung einbezogen.

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

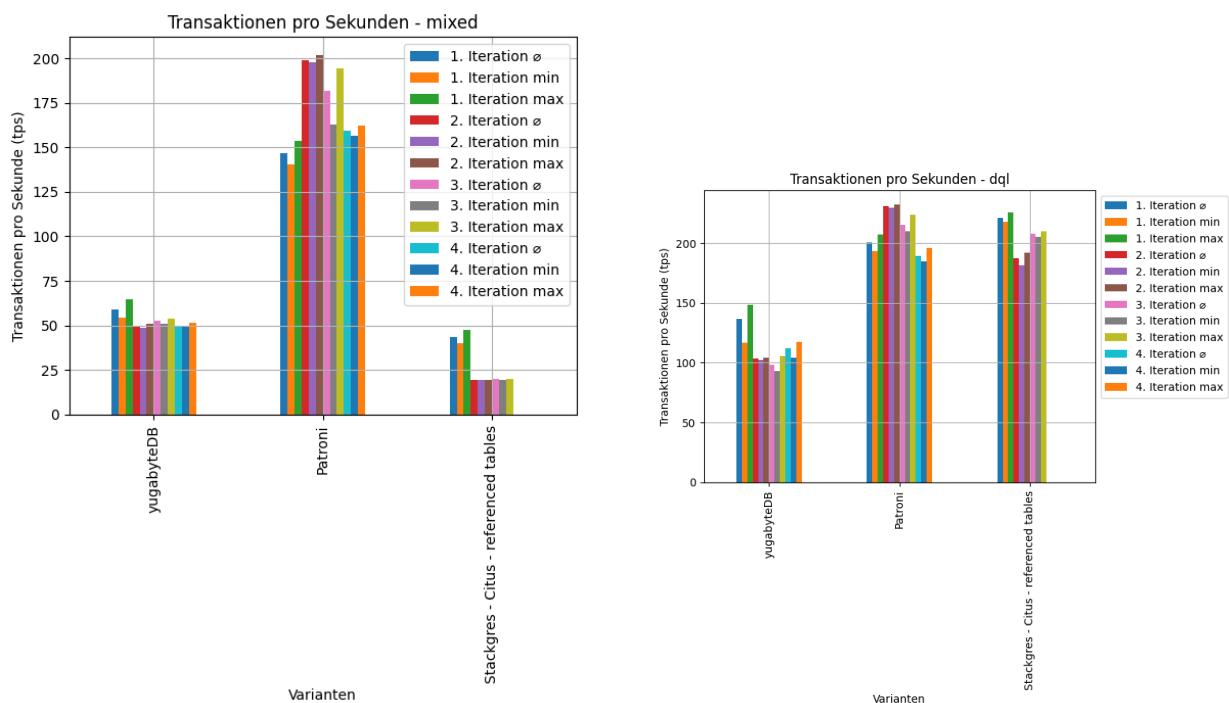


Abbildung 3.37: Benchmarks - tps

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

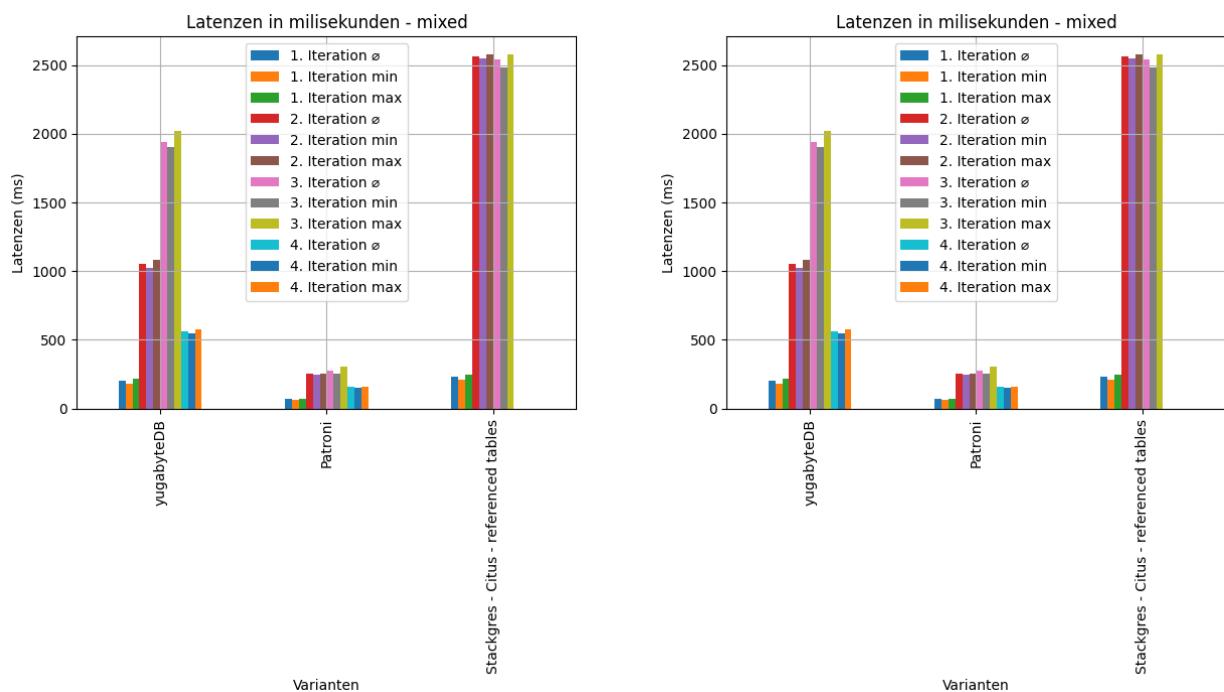


Abbildung 3.38: Benchmarks - latency

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:

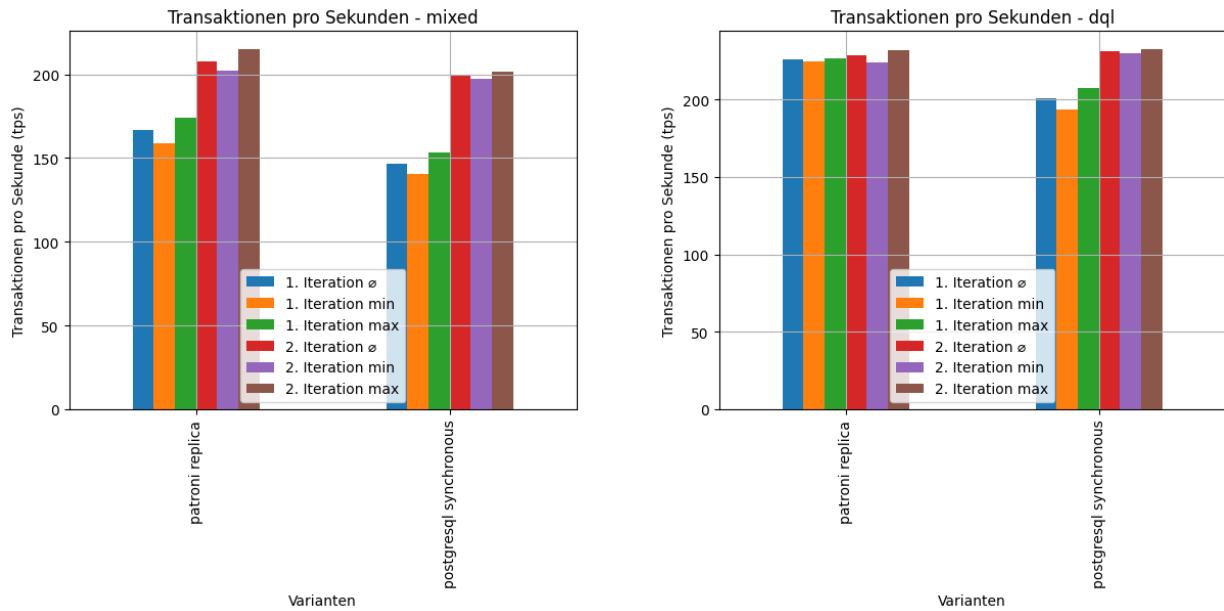


Abbildung 3.39: Benchmarks - tps Patroni Replica

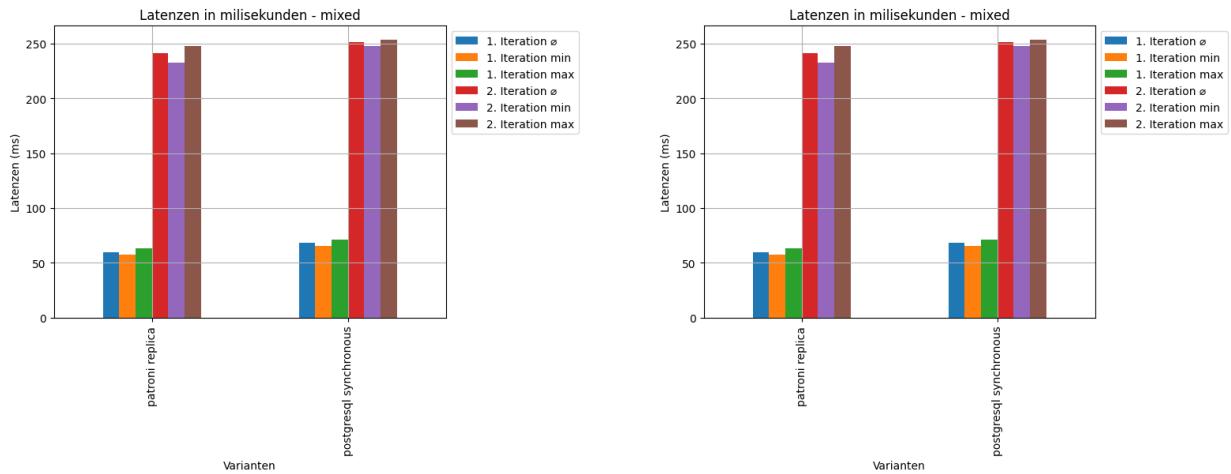


Abbildung 3.40: Benchmarks - latency Patroni Replica

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.

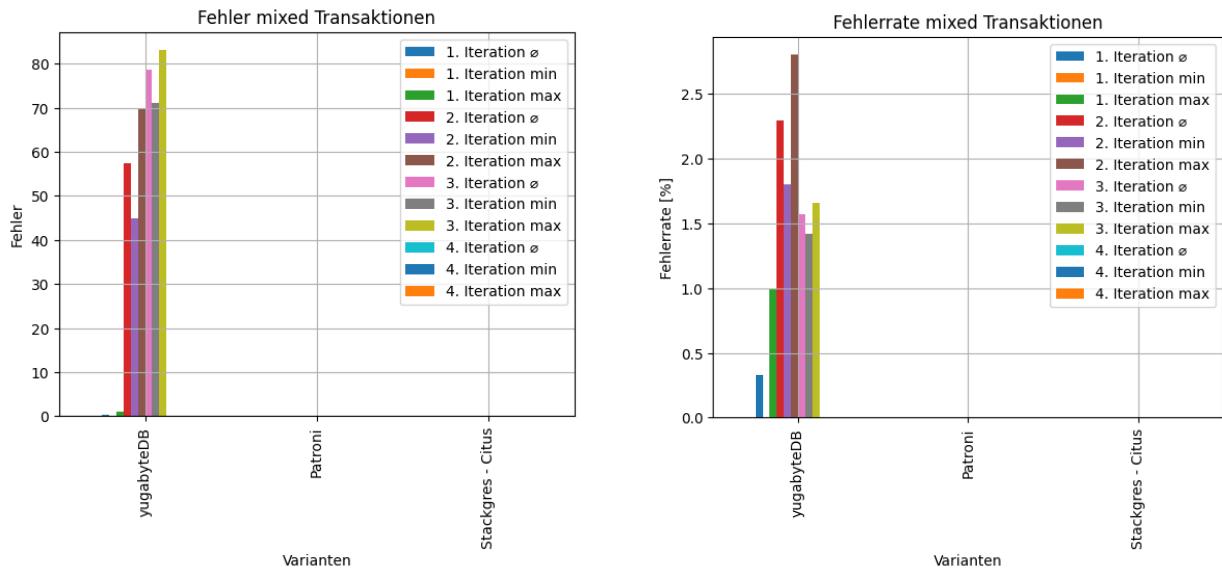


Abbildung 3.41: Benchmarks - Fehler bei mixed-Transaktionen

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

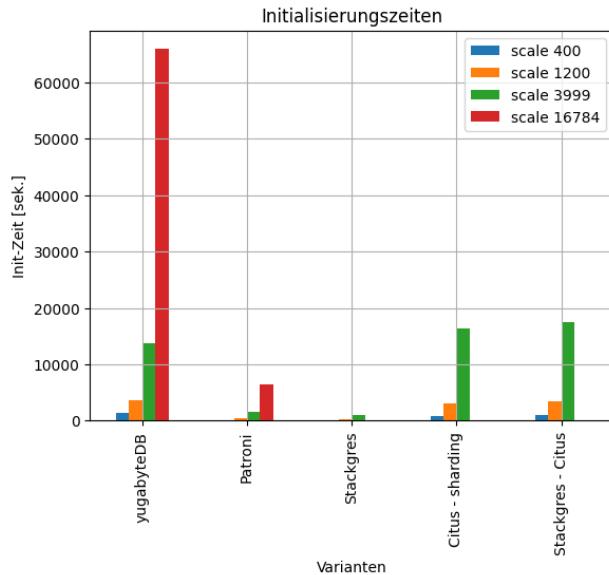


Abbildung 3.42: Benchmarks - Initialisierungszeit - sekunden

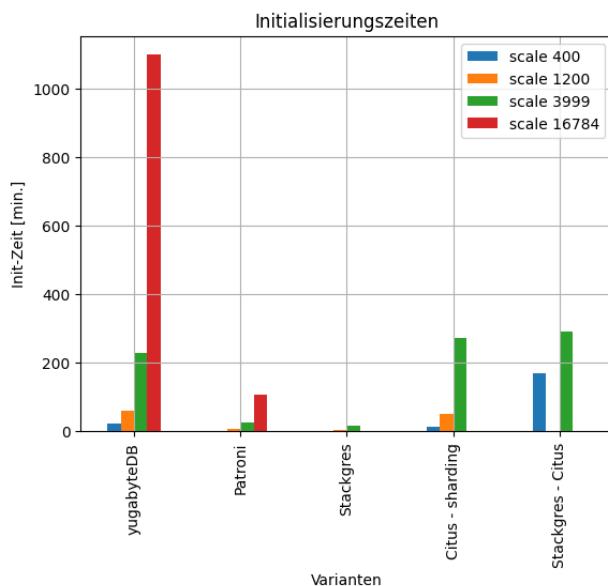


Abbildung 3.43: Benchmarks - Initialisierungszeit - Minuten

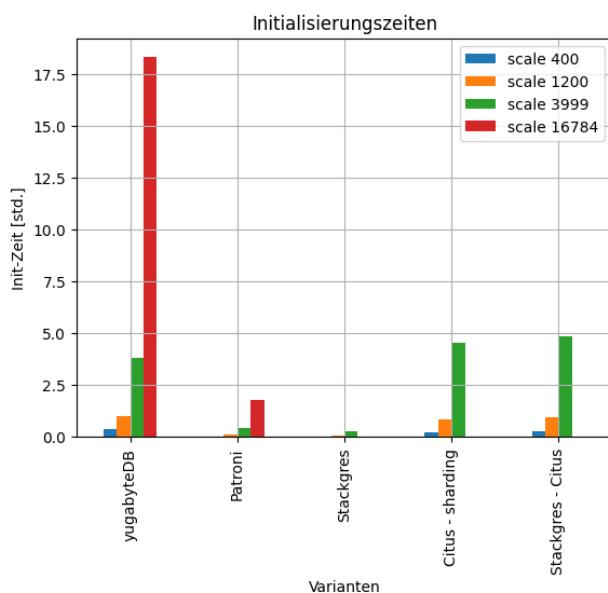


Abbildung 3.44: Benchmarks - Initialisierungszeit - Stunden

Dabei fällt auf, mit Patroni werden die Tabellen am schnellsten geladen.

StackGres selber generiert ebenfalls wesentlich schneller als YugabyteDB.

Werden dann aber die Tabellen in Shards aufgeteilt, verändert sich die Initialisierungszeit zuungunsten von StackGres - Citus.

### 3.1.9.2 Gemessene Zeiten und Kosten

### 3.1.9.2.1 Gegebene Parameter und Annahmen

### 3.1.9.2.2 Gemessene Zeiten

### 3.1.9.2.3 Zeitvergleiche

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 3.13: Gemessene und Extrapolierte Aufwände Bsp.

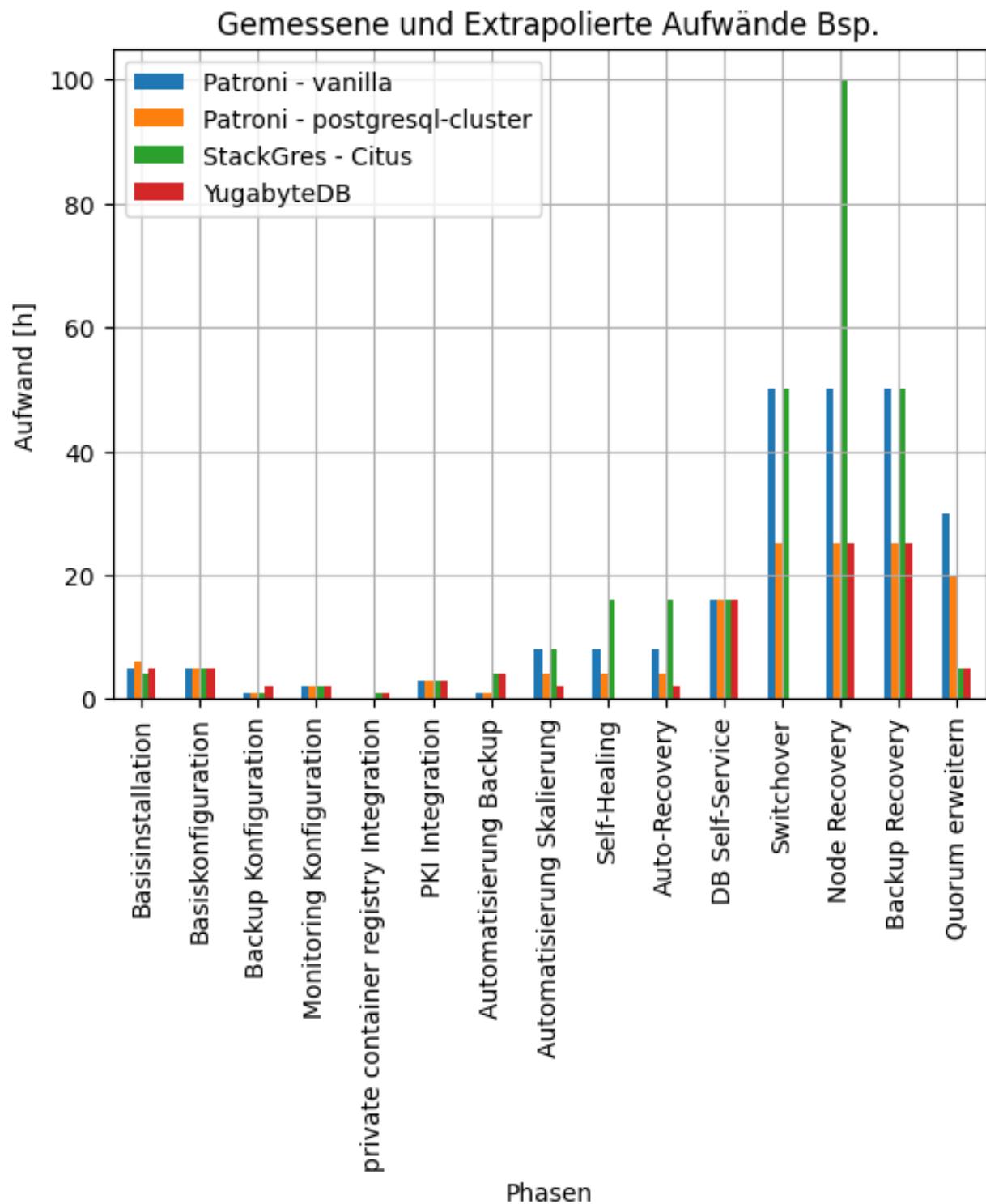


Abbildung 3.45: Zeitaufwände

## 3.1.9.2.4 Kostenvergleiche

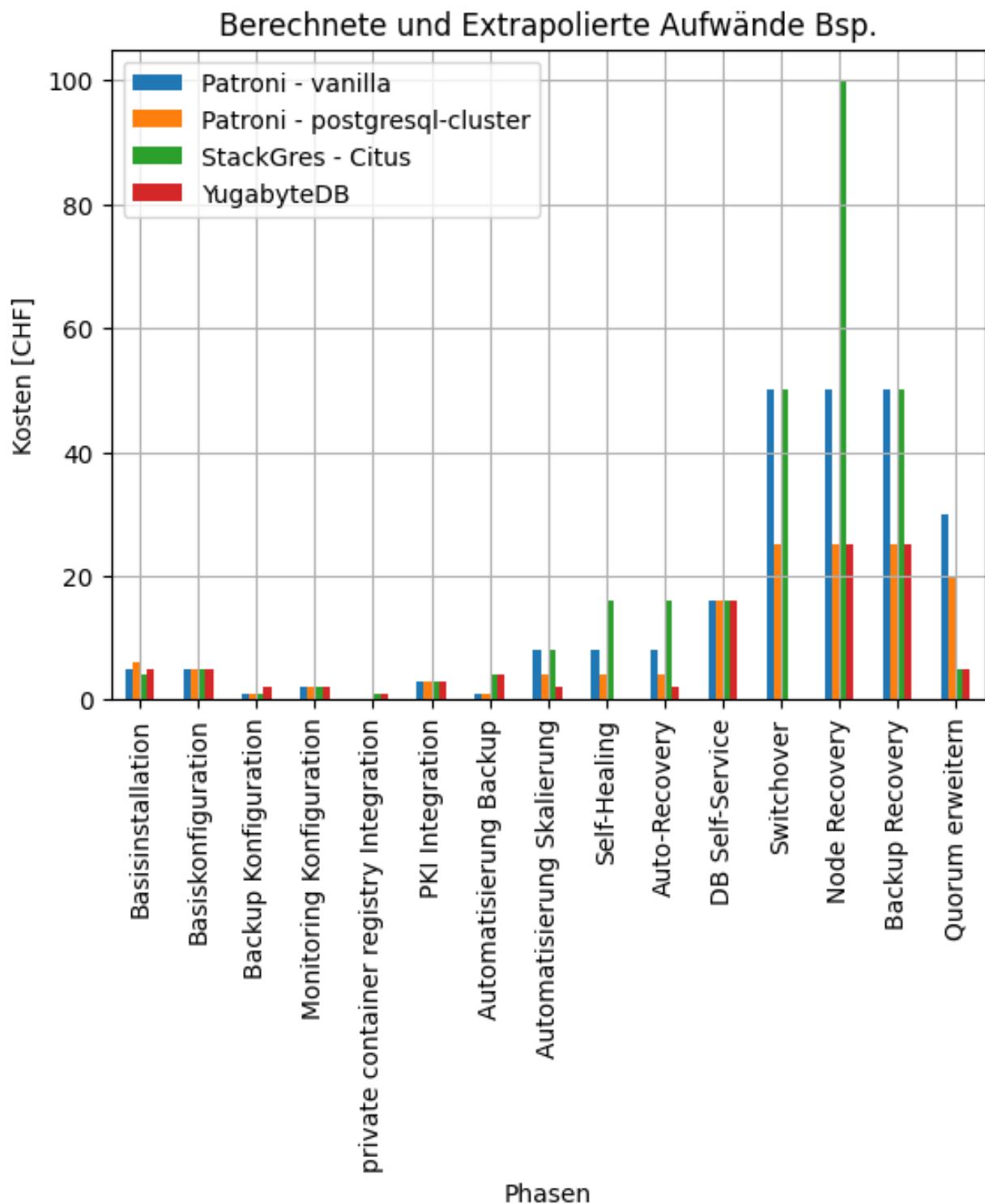


Abbildung 3.46: Kostenaufwände

### 3.1.9.3 Kosten-Nutzen

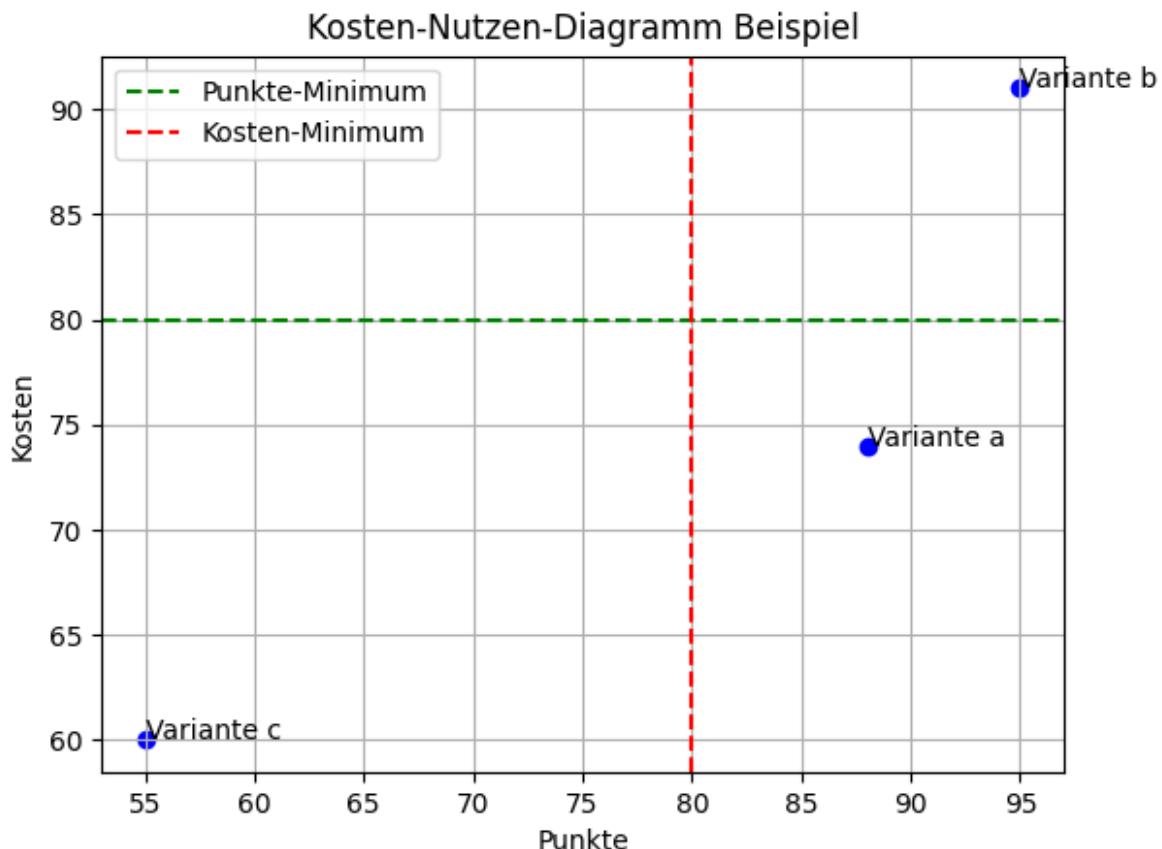


Abbildung 3.47: Kosten-Nutzen-Analyse

### 3.1.10 Entscheid

- 3.2 Aufbau und Implementation Testsystem
- 3.2.1 Bereitstellen der Grundinfrastruktur
- 3.2.2 Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster
- 3.2.3 Technical Review der Umgebung
- 3.3 Testing
- 3.3.1 Testing
- 3.3.2 Protokollierung

## Diplomarbeit

3.3.3      Review und Auswertung

3.4          Troubleshooting und Lösungsfindung

- 4      Resultate**
- 4.1    Zielüberprüfung**
- 4.2    Schlussfolgerung**
- 4.3    Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten**
- 4.4    Persönliches Fazit**

## Abbildungsverzeichnis

1.1	Spitalregionen Kanton Graubünden[53]	1
1.2	Wahlkreise Kanton St. Gallen[78]	2
1.3	Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[47]	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	18
2.1	Risikomanagement Projekt	23
2.2	Riskikomatrix - Assessment 21.03.2024	27
2.3	Projektcontrolling	29
3.1	Sharding - Vertikale Partitionierung	33
3.2	Sharding - Horizontales Partitionierung	34
3.3	Monolithische vs. verteilte SQL Systeme	36
3.4	CAP-Theorem	39
3.5	Datenbankskalierung	40
3.6	Präferenzmatrix	44
3.7	Benchmark Settings - Zabbix - Systeminformationen	46
3.8	Benchmark Settings - Zabbix - Connections per Seconds	46
3.9	Benchmark Settings - Zabbix - Queries per Seconds	46
3.10	Benchmark Settings - Zabbix - Client Queries per Seconds	47
3.11	Benchmark Settings - Zabbix - DB Size	47
3.12	Benchmark Settings - Anzahl Records / Skalierungsfaktor	50
3.13	pg_auto_failover-Architektur - Single Standby	54
3.14	pg_auto_failover-Architektur - Multi-Node Standby	54
3.15	pg_auto_failover-Architektur - Citus	55
3.16	CloudNativePG - Kubernetes - PostgreSQL	56
3.17	CloudNativePG - Kubernetes - Read-write workloads	57
3.18	CloudNativePG - Kubernetes - Read-only workloads	57
3.19	Patroni-Architektur	60
3.20	Stackgres - Grundarchitektur	63
3.21	Citus - Coordinator und Workers	64
3.22	Citus - Row-Based-Sharding	64

## Diplomarbeit

3.23 Citus - Schema-Based-Sharding . . . . .	65
3.24 StackGres-Citus - Shard-Replikation . . . . .	66
3.25 YugabyteDB - Grundkonzept . . . . .	67
3.26 YugabyteDB - Architektur . . . . .	68
3.27 YugabyteDB - Sharding . . . . .	69
3.28 YugabyteDB - Tablet - Leader und Follower . . . . .	69
3.29 YugabyteDB - Tablet - Replikationsfaktor . . . . .	70
3.30 YugabyteDB - Zonen . . . . .	71
3.31 YugabyteDB - Zone outage Tolerance . . . . .	72
3.32 Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards . . . . .	74
3.33 Patroni - Evaluationsarchitektur . . . . .	75
3.34 Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur . . . . .	76
3.35 YugabyteDB - Subscription Yugaware . . . . .	77
3.36 YugabyteDB - Evaluation-Testing - CrashLoopBackOff . . . . .	81
3.37 Benchmarks - tps . . . . .	82
3.38 Benchmarks - latency . . . . .	83
3.39 Benchmarks - tps Patroni Replica . . . . .	84
3.40 Benchmarks - latency Patroni Replica . . . . .	84
3.41 Benchmarks - Fehler bei mixed-Transaktionen . . . . .	85
3.42 Benchmarks - Initialisierungszeit - sekunden . . . . .	85
3.43 Benchmarks - Initialisierungszeit - minuten . . . . .	86
3.44 Benchmarks - Initialisierungszeit - stunden . . . . .	86
3.45 Zeitaufwände . . . . .	88
3.46 Kostenaufwände . . . . .	89
3.47 Kosten-Nutzen-Analyse . . . . .	90
I CloudNativePG - Pulse . . . . .	vi
II CloudNativePG - Code Frequency . . . . .	vi
III CloudNativePG - Community Standards . . . . .	vii
IV CloudNativePG - Contributors Commits . . . . .	vii
V CloudNativePG - Contributors Deletions . . . . .	viii
VI CloudNativePG - Contributors Additions . . . . .	viii
VII CloudNativePG - Commit Activity . . . . .	viii
VIII CloudNativePG - Network Graph . . . . .	ix
IX Patroni - Pulse . . . . .	ix
X Patroni - Code Frequency . . . . .	x
XI Patroni - Community Standards . . . . .	x
XII Patroni - Contributors Commits . . . . .	xi
XIII Patroni - Contributors Deletions . . . . .	xi

## Diplomarbeit

XIV Patroni - Contributors Additions . . . . .	xi
XV Patroni - Commit Activity . . . . .	xii
XVI Patroni - Network Graph . . . . .	xii
XVII Stackgres - Pulse . . . . .	xiii
XVIII Citus - Pulse . . . . .	xiii
XIX Stackgres - Code Frequency . . . . .	xiii
XX Citus - Code Frequency . . . . .	xiv
XXI Stackgres - Community Standards . . . . .	xiv
XXII Citus - Community Standards . . . . .	xv
XXIII Stackgres - Contributors Commits . . . . .	xv
XXIV Stackgres - Contributors Deletations . . . . .	xvi
XXV Stackgres - Contributors Additions . . . . .	xvi
XXVI Citus - Contributors Commits . . . . .	xvi
XXVI Citus - Contributors Deletions . . . . .	xvii
XXVII Citus - Contributors Additions . . . . .	xvii
XXIX Stackgres - Commit Activity . . . . .	xvii
XXX Citus - Commit Activity . . . . .	xviii
XXXI Stackgres - Network Graph . . . . .	xviii
XXXI Citus - Network Graph . . . . .	xix
XXXIIugabyteDB - Pulse . . . . .	xix
XXXIIIugabyteDB - Code Frequency . . . . .	xx
XXXIVugabyteDB - Community Standards . . . . .	xx
XXXVugabyteDB - Contributors . . . . .	xxi
XXXVIugabyteDB - Commit Activity . . . . .	xxi
XXXVIIugabyteDB - Network Graph . . . . .	xxii

## 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 . . . . .	14
1.6	Automatisierung Administrativer Aufgaben . . . . .	15
1.7	Ziele . . . . .	16
1.8	Gegebene Systeme . . . . .	17
1.9	Abhängigkeiten . . . . .	19
2.1	Risiko-Matrix der Diplomarbeit . . . . .	22
2.2	Neu Erkannte / Erfasste Risiken . . . . .	24
2.3	Risiko-Assessment 21.03.2024 . . . . .	26
2.4	Projektcontrolling . . . . .	28
2.5	Fachgespräche . . . . .	32
3.1	Quorum Beispiele . . . . .	37
3.2	Anforderungskatalog . . . . .	42
3.3	Stakeholder . . . . .	43
3.4	Benchmark Settings - Mixed Transaktionen . . . . .	47
3.5	Benchmark Settings - DQL Transaktionen . . . . .	48
3.6	Benchmark Settings - Skalierungsfaktoren . . . . .	48
3.7	Benchmark Settings - Datenbankgrößen / Skalierungsfaktor . . . . .	48
3.8	Benchmark Settings - Tabellengrößen / Skalierungsfaktor . . . . .	49
3.9	Vorauswahl - Ausgeschieden . . . . .	73
3.10	Vorauswahl - Evaluation . . . . .	73
3.11	Evaluationssystems . . . . .	74
3.12	Evaluationssystem - Distributed SQL / Sharding . . . . .	74
3.13	Gemessene und Extrapolierte Aufwände Bsp. . . . .	87
I	Arbeitsrapport . . . . .	i
II	Fachgespräche - Protokoll . . . . .	ii
III	Kommentare - Anmerkung . . . . .	v

## Listings

3.1	metallb - Konfig YAML - Detail L2Advertisement . . . . .	77
3.2	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Image . . . . .	78
3.3	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail StorageClass . . . . .	78
3.4	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Resources . . . . .	78
3.5	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Replika . . . . .	79
3.6	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Disable YSQL . . . . .	79
3.7	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Domainname und Service-Endpoints . . . . .	80
3.8	yugabyteDB - Benchmarking - DB erstellen . . . . .	81
1	Proxy Settings . . . . .	xxii
2	rke2 server - Verzeichnis erstellen . . . . .	xxiii
3	rke2 server - config.yaml . . . . .	xxiii
4	rke2 server - cilium-config.yaml . . . . .	xxiii
5	rke2 server installieren . . . . .	xxiii
6	rke2 agenten installieren . . . . .	xxiii
7	rke2 agent - config.yaml . . . . .	xxiv
8	-rke2 agent service restart . . . . .	xxiv
9	rke2 server proxy . . . . .	xxiv
10	rke2 server proxy kopieren . . . . .	xxiv
11	rke2 server cilium installieren . . . . .	xxiv
12	rke2 server cilium aktivieren . . . . .	xxiv
13	rke2 server starten . . . . .	xxiv
14	iptables entries server . . . . .	xxv
15	rke2 server token . . . . .	xxv
16	local-path-storage auf Linux Bereitstellen . . . . .	xxvi
17	local-path-provisioner definieren . . . . .	xxvi
18	local-path-storage aktualisieren . . . . .	xxvii
19	MetallB installieren . . . . .	xxvii
20	MetallB konfigurieren . . . . .	xxvii
21	MetallB Konfiguration einspielen . . . . .	xxvii
22	yugabyteDB - StorageClass setzen . . . . .	xxviii
23	yugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren . . . . .	xxviii
24	yugabyteDB - Namespace . . . . .	xxviii
25	yugabyteDB - Helm Chart Manifest . . . . .	xxix
26	yugabyteDB - Installation . . . . .	xli

## Diplomarbeit

27	StackGres-Citus - StorageClass setzen . . . . .	xli
28	yugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren . . . . .	xlii
29	sks9016 - Download YugabyteDB On-Premise . . . . .	xlii
30	sks9016 - Installation YugabyteDB On-Premise . . . . .	xlii
31	sks9016 - Check YugabyteDB On-Premise . . . . .	xliii
32	Patroni - Proxy Settings . . . . .	xliii
33	Patroni - apt-Proxy Settings . . . . .	xliii
34	Patroni - PostgreSQL einbinden . . . . .	xliv
35	Python LaTex - zotero.py - Zotero BibLaTex Importer . . . . .	xlv
36	Python LaTex - zotero_bibtex_configuration.yaml - Konfigurationsdatei - Zotero Bi- bLaTex Importer . . . . .	li
37	Python LaTex - zotero_biblatex_keystore.yaml - x-y-Achse Konfigurationsdatei - Zo- tero BibLaTex Importer . . . . .	li
38	Python LaTex - riskmatrix.py - Risikomatrizen . . . . .	lviii
39	Python LaTex - riskmatrix_plotter_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Risikomatrizen	lxii
40	Python LaTex - riskmatrix_xy_axis_tuple_matrix.yaml - Konfigurationsdatei - Risi- komatrizen - X-Y-Achsen Tuples . . . . .	lxvi
41	Python LaTex - cost_benefit_diagram.py - Kosten-Nutzen-Diagramm . . . . .	lxvii
42	Python LaTex - cost_benefit_diagram_plotter_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Kosten- Nutzen-Diagramm . . . . .	lxix
43	Python LaTex - pandas_dataframe_to_latex_table.py CSV - LaTex Tabelle . . . . .	lxix
44	Python LaTex - csv_to_latex_diplomarbeit.yaml - Konfigurationsdatei - CSV - LaTex- Tabelle . . . . .	lxxix
45	Python LaTex - pandas_data_chart_plotter.py CSV - Diagramm . . . . .	xcix
46	Python LaTex - pandas_data_chart_plotter_conf.yaml - Konfigurationsdatei - CSV - Diagramme . . . . .	cvi

## 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. *Benefits of using YugabyteDB.* <https://docs.yugabyte.com/preview/features/>. Section: preview.
- [8] 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).
- [9] unknown author. *Cilium - Cloud Native, eBPF-based Networking, Observability, and Security.* <https://cilium.io>.
- [10] unknown author. *Citus Replication Model: Today and Tomorrow - Replication Groups.* <https://www.citusdata.com/blog/2016/12/15/citus-replication-model-today-and-tomorrow/>.
- [11] unknown author. *Citus Support — pg\_auto\_failover 2.0 documentation.* <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/citus.html>.
- [12] unknown author. *CLIs and command line tools.* <https://docs.yugabyte.com/preview/admin/>.
- [13] unknown author. *CloudNativePG - Main Features.* <https://cloudnative-pg.io/documentation/1.22/#main-features>.
- [14] 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).
- [15] 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).

- [16] 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).
- [17] 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).
- [18] unknown author. *EDB-Home*. <https://enterprisedb.com/>.
- [19] unknown author. *Envoy proxy - home*. <https://www.envoyproxy.io/>.
- [20] unknown author. *etcd*. <https://etcd.io/>.
- [21] unknown author. *Features - StackGres Documentation*. <https://stackgres.io/doc/latest/features/>.
- [22] unknown author. *HAProxy Documentation Converter*. <https://docs.haproxy.org/>.
- [23] unknown author. *HAProxy version 2.9.6 - Starter Guide*. <https://docs.haproxy.org/2.9/intro.html#3.2>.
- [24] unknown author. *Introduction | RKE2*. <https://docs.rke2.io/>. 2024.
- [25] unknown author. *Introduction to Cilium & Hubble — Cilium 1.15.3 documentation*. <https://docs.cilium.io/en/stable/overview/intro/#what-is-cilium>.
- [26] unknown author. *Manual Pages — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/ref/manual.html>.
- [27] unknown author. *MetallB provides Services with IP Addresses but doesn't ARP for the address · Issue #1154 · metallb/metallb*. <https://github.com/metallb/metallb/issues/1154>.
- [28] unknown author. *MetallB, bare metal load-balancer for Kubernetes*. <https://metallb.universe.tf/>.
- [29] unknown author. *Multi-node Architectures — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/architecture-multi-standby.html>.
- [30] unknown author. *Percona Software for PostgreSQL*. <https://www.percona.com/postgresql/software>.
- [31] unknown author. *PgBouncer - lightweight connection pooler for PostgreSQL*. <https://www.pgbouncer.org/>.
- [32] unknown author. *Replication in DocDB - Zone Fault Tolerance*. <https://docs.yugabyte.com/preview/architecture/docdb-replication/replication/>. Section: preview.
- [33] unknown author. *Support and Services for PostgreSQL*. <https://www.percona.com/postgresql/support-and-services>.
- [34] unknown author. *Tuning PostgreSQL with pgbench*. <https://www.cloudbees.com/blog/tuning-postgresql-with-pgbench>. 2017.

- [35] unknown author. *YB-TServer service*. <https://docs.yugabyte.com/preview/architecture/concepts/yb-tserver/>. Section: preview.
- [36] GitLab B.V. und GitLab Inc. *The DevSecOps Platform | GitLab*. <https://about.gitlab.com/>.
- [37] Fernando Laudares Camargos Avinash Vallarapu. *Tuning PostgreSQL for sysbench-tpcc*. <https://www.percona.com/blog/tuning-postgresql-for-sysbench-tpcc/>. 2018.
- [38] Alexandre Cassen und Read the Docs. *Introduction — Keepalived 1.2.15 documentation*. <https://keepalived.readthedocs.io/en/latest/introduction.html>. 2017.
- [39] Microsoft Corporation. *Azure SQL-Datenbank – ein verwalteter Clouddatenbankdienst | Microsoft Azure*. <https://azure.microsoft.com/de-de/products/azure-sql/database>. 2023.
- [40] Microsoft Corporation. *Datenbank-Software und Datenbankanwendungen | Microsoft Access*. <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/access>. 2023.
- [41] Microsoft Corporation. *Microsoft Data Platform | Microsoft*. <https://www.microsoft.com/de-ch/sql-server>.
- [42] Varun Dhawan und data-nerd.blog. *PostgreSQL-Diagnostic-Queries – data-nerd.blog*. <https://data-nerd.blog/2018/12/30/postgresql-diagnostic-queries/>.
- [43] Elektronik-Kompendium.de und Schnabel Schnabel. *SAN - Storage Area Network*. <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0906071.htm>. 2023.
- [44] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *DB-Engines Ranking*. <https://db-engines.com/en/ranking>.
- [45] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *relationale Datenbanken - DB-Engines Enzyklopädie*. <https://db-engines.com/de/article/relationale+Datenbanken?ref=RDBMS>.
- [46] The Linux Foundation. *Harbor*. <https://goharbor.io/>. 2023.
- [47] 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>.
- [48] Git. *About - Git*. <https://git-scm.com/about>.
- [49] IBM Deutschland GmbH. *Was ist das CAP-Theorem? | IBM*. <https://www.ibm.com/de-de/topics/cap-theorem>. 2023.
- [50] IBM Deutschland GmbH. *Was ist OLAP? | IBM*. <https://www.ibm.com/de-de/topics/olap>.
- [51] Jedox GmbH. *Was ist OLAP? Online Analytical Processing im Überblick*. <https://www.jedox.com/de/blog/was-ist-olap/>. Section: Knowledge.

- [52] 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>.
- [53] 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>.
- [54] The Pgpool Global Development Group. *What is Pgpool-II?* <https://www.pgpool.net/docs/44/en/html/intro-whatis.html>. 2023.
- [55] The PostgreSQL Global Development Group. *25.1. Routine Vacuuming*. <https://www.postgresql.org/docs/16/routine-vacuuming.html>. 2023.
- [56] The PostgreSQL Global Development Group. *pgbench*. <https://www.postgresql.org/docs/16/pgbench.html>. 2023.
- [57] CYBERTEC Guest. *A formula to calculate pgbench scaling factor for target DB size*. <https://www.cybertec-postgresql.com/en/a-formula-to-calculate-pgbench-scaling-factor-for-target-db-size/>. 2018.
- [58] Michael Haag. *Built-in Connection Manager Turns Key PostgreSQL Weakness into a Strength*. <https://www.yugabyte.com/blog/connection-pooling-management/>. 2023.
- [59] Inc. HashiCorp. *Terraform by HashiCorp*. <https://www.terraform.io/>.
- [60] Patrick Hunt, Mahadev Konar, Flavio P Junqueira und Benjamin Reed. „ZooKeeper: Wait-free coordination for Internet-scale systems“. In: (2010).
- [61] Splunk Inc. *Splunk / Der Schlüssel zu einem resiliентen Unternehmen*. [https://www.splunk.com/de\\_de](https://www.splunk.com/de_de). 2023.
- [62] Sebastian Insaurti. *Scaling PostgreSQL for Large Amounts of Data*. <https://severalnines.com/blog/scaling-postgresql-large-amounts-data/>. 2019.
- [63] Shiv Iyer und MinervaDB. *PostgreSQL DBA Daily Checklist*. <https://minervadb.xyz/postgresql-dba-daily-checklist/>. 2020.
- [64] jobinau/pg\_gather. [https://github.com/jobinau/pg\\_gather](https://github.com/jobinau/pg_gather). original-date: 2021-01-19T08:12:07Z. 2024.
- [65] Unmesh Joshi. *Quorum*. <https://martinfowler.com/articles/patterns-of-distributed-systems/quorum.html>. 2020.
- [66] Martin Keen und IBM Deutschland GmbH. *IBM Db2*. <https://www.ibm.com/de-de/products/db2>.
- [67] Pasha Kostohrys. *Database replication — an overview*. <https://medium.com/@pkostohrys/database-replication-an-overview-f7ade110477>. 2020.
- [68] Anatoli Kreyman. *Was ist eigentlich Splunk?* <https://www.kreyman.de/index.php/splunk/76-was-ist-eigentlich-splunk-big-data-platform-monitoring-security>.

- [69] 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>.
- [70] Red Hat Limited. *Was ist Ansible?* <https://www.redhat.com/de/technologies/management/ansible/what-is-ansible>.
- [71] 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>.
- [72] Switzerland Linuxfabrik GmbH Zurich. *Keepalived — Open Source Admin-Handbuch der Linuxfabrik.* <https://docs.linuxfabrik.ch/software/keepalived.html>. 2023.
- [73] Nico Litzel, Stefan Luber und Vogel IT-Medien GmbH. *Was ist Elasticsearch?* <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-elasticsearch-a-939625/>. 2020.
- [74] Hewlett Packard Enterprise Development LP. *Was ist SAN-Speicher? / Glossar.* <https://www.hpe.com/ch/de/what-is/san-storage.html>.
- [75] Julian Markwort. „Benchmarking four Different Replication Solutions“. In: ()..
- [76] Diego Ongaro. „Consensus: Bridging Theory and Practice“. In: (2014).
- [77] Bruno Queirós und LinkedIn Ireland Unlimited Company. *Postgresql replication with automatic failover.* <https://www.linkedin.com/pulse/postgresql-replication-automatic-failover-bruno-c3%b3s>. 2020.
- [78] 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>.
- [79] Ed Reckers und SnapLogic Inc. *Was ist die Snowflake-Datenplattform?* <https://www.snaplogic.com/de/blog/snowflake-data-platform>. 2023.
- [80] IONOS SE. *Apache Cassandra: Verteilte Verwaltung großer Datenbanken.* <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/apache-cassandra-vorgestellt/>. 2021.
- [81] IONOS SE. *Datenbankmanagementsystem (DBMS) erklärt.* <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/datenbankmanagementsystem-dbms-erklaert/>. 2020.
- [82] IONOS SE. *MongoDB – die flexible und skalierbare NoSQL-Datenbank.* <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/mongodb-vorstellung-und-vergleich-mit-mysql>. 2019.
- [83] IONOS SE. *SQLite: Die bekannte Programmiersbibliothek im Detail vorgestellt.* <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/sqlite/>. 2023.
- [84] IONOS SE. *Terraform.* <https://www.ionos.de/digitalguide/server/tools/was-ist-terraform/>. 2020.
- [85] IONOS SE. *Was ist Redis? Die Datenbank vorgestellt.* <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/was-ist-redis/>. 2020.

- [86] IONOS SE. *Was ist SIEM (Security Information and Event Management)?* <https://www.ionos.de/digitalguide/server/sicherheit/was-ist-siem/>. 2020.
- [87] Naveed Shaikh. *It's All About Replication Lag in PostgreSQL.* <https://www.percona.com/blog/replication-lag-in-postgresql/>. 2023.
- [88] Sami Ahmed Siddiqui. *Distributed SQL 101.* <https://www.yugabyte.com/distributed-sql/>.
- [89] Inc. Snowflake. *Datenbanken, Tabellen und Ansichten – Überblick | Snowflake Documentation.* <https://docs.snowflake.com/de/guides-overview-db>.
- [90] 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).
- [91] Mahmut Can Uçanefe. *Pgbench Load Test.* <https://medium.com/@c.ucanefe/pgbench-load-test-166b2023>.
- [92] vitabaks/postgresql\_cluster. [https://github.com/vitabaks/postgresql\\_cluster](https://github.com/vitabaks/postgresql_cluster). original-date: 2019-06-04T13:26:17Z. 2024.
- [93] 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[70].. 17

**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[55].. 15, 16, 44

**BSD** BSD-Unix Systeme sind Abkömmlinge vom BSD, einem UNIX-Derivat. Heute noch aktive Open-Source Derivate sind OpenBSD, NetBSD, FreeBSD und DragonFly BSD und mit Teilen aller OpenSolaris Abkömmlinge wie z.B. Illumos. Closed / Mixed Source Derivate sind teilweise macOS und Solaris.. 107

**Cassandra** Cassandra ist eine Spaltenorganisierte NoSQL-Datenbank die 2008 veröffentlicht[80] wurde.. 7, 67, 73

**chrony** chrony ist ein auf NTP basierendes Zeitsystem. Es unterstützt Linux, BSD. 81

**CI/CD** Continuous Integration/Continuous Delivery bedeutet, dass Anpassungen kontinuierlich in die Entwicklungsumgebungen integriert und auf die Zielplattformen verteilt werden[71].. 105

**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[9, 25].. 77, 78

**DBMS** Ein Database Management System regelt und organisiert die Datenbasis einer Datenbank[81].. 105

**DCS** Der DSC ist eine Kernkomponente von Patroni [17]. Realisiert wird der DCS bei Patroni mit Etcd.. 106

**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.. 17

**Elasticsearch** Elasticsearch ist eine 2010 veröffentlichte Open-Source Suchmaschine die auf Basis von JSON-Dokumenten und einer NoSQL-Datenbank arbeitet[73].. 7

## Diplomarbeit

**etcd** etcd ist [20]. 59, 107, xliv

**Failover** In einem Fehlerfall wird in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary ungeplant geswitched.. 16, 36, 37, 51, 108

**Foreman** Foreman ist ein Lifecycle Management und Provisioning System für Virtuelle und Physische Server. Ab Version 6 basierte der Red Hat Satellite auf Foreman. 17, 22, xliv

**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[48, 90].. 108

**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].. xliv

**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[36].. 16, 51

**HAProxy** HAProxy [23]. 53, 58

**Harbor** Harbor ist ein Open-Source-Tool zur Registrierung von Richtlinien rollenbasierten Zugriffssteuerung[46]. Harbor wird beim KSGR zur Verwaltung der Kubernetes-Plattform verwendet.. 16, 51

**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, 22, 105

**IBM DB2** IBM DB2 ist eine Relationale Datenbank[66] deren Vorläufer System-R von IBM zwischen 1975 und 1979 entwickelt wurde. DB2 selber wurde 1983 von IBM veröffentlicht.. 7, 39

**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[72, 38].. 51

**Key-Value-orientierte** Siehe Key-Value-Datenbank. 111

**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. 108, 109, 110

**Key-Value-Store** Siehe Key-Value-Datenbank. 48, 67

**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, 17, 105, 108

**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, 107, 109

**local-path-provisioner** local-path-provisioner ist ein leichtgewichtiger Storage-Provider von Rancher. Er bietet den Applikationen einen persistenten Storage an.. 81

**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, 50

**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[28].. 77

**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[39].. 7

**Microsoft Access** Access wurde 1992 veröffentlicht und ist Entwicklungsumgebung, Front- und Backend-Software und Relationale Datenbank in einem[40].. 7

**Microsoft SQL Server** MS SQL Server ist das RDBMS von Microsoft[41]. 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, 110

**MongoDB** MongoDB ist eine dokumentenorientierte NoSQL-Datenbank, die zum ersten Mal 2007 veröffentlicht wurde[82].. 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, 50

**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, 107, 109, 110, 111, 112

**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[51, 50]. OLAP-Systeme bieten eine Hochperformante Analyse grosser Datenmengen und sind oftmals zentraler Teil eines Data-Warehouses.. 7, 105

**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.. 17

**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 gilt die Datenbank als erste Wahl, wenn es um Hochverfügbare Systeme, hohe Performance oder grosse Datenmengen geht.. 5, 7, 9, 39, 110

**PKI** . 106

**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, 14, 39, 51, 66

**PostgreSQL HA Cluster** Der HA Cluster des PostgreSQL Clusters. 16

**PostgreSQL Cluster** Ein PostgreSQL Cluster entspricht einer Instanz bei MS SQL oder einer Container Database wie Oracle.. 15, 16, 51, 111

**PRTG** Das Monitoring System Paessler Router Traffic Grapher der Firma Paessler wurde 2003 zum erstmals veröffentlicht und war ebenfalls als Netzwerkmonitoring System konzipiert. Wie bei Zabbix lässt sich heute damit ebenfalls fast jedes IT-System damit überwachen. Reichen die zahlreich vorhanden Standard Sensoren nicht, können eigene Sensoren geschrieben werden. PRTG ist nicht Open-Source, man bezahlt anhand gewisser Sensor Packages.. 5, 15, 17, 105

**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 der 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. . 52, 108

**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[45].. 67, 105

**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.. 17

**Redis** Redis ist eine Key-Value-orientierte NoSQL In-Memory-Datenbank, dh. die Daten liegen Primär im Memory und nicht auf dem Storage[85]. Redis wurde 2009 zum ersten Mal veröffentlicht.. 7, 109

**rke2** rke2 ist eine Leichgewichtige Kubernetes Distribution, die alles notwendige mitbringt, um einen k8s Cluster zu betreiben[24].. 74, 77

**Rocky Linux** Rocky Linux basierte auf der offen zugänglichen Linux Distribution CentOS welche RHEL Binärkompatibel war und gilt als inoffizieller Nachfolger von CentOS.. 17

**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[43, 74, 52]. 5, 17, 22, 105

**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[86].. 17, 105

**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[89, 79]. 7

**Split-brain** Im Kapitel ?? werden die ursachen und folgenden eines Split-brains genauer besprochen. . 37, 111

**Splunk** Splunk ist Big Data Plattform, Monitoring- und Security-Tool in einem[61, 68]. . 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[83].. 7

**Switchover** In einem Maintenance-Fall in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary geplant geswitched.. 16

**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.. 105

**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[84, 59].. 17

**Transaktion** Eine Transaktion ist beinhaltet Schreib-, Lese-, Mutatations- oder Löschoperationen auf Daten.. 45, 47

## Diplomarbeit

**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 enstanden im Laufe der Zeit viele offene und Proprietäre Derivate deren Einfluss weit über die Welt der Informatik reicht.. 105, 107

**VRRP** VRRP . 105, 108

**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.. 9, 17

## **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

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.	pgpool II fällt somit direkt aus der Betrachtung raus.
11.03.2024	12:00	13:30	1.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern		Das macht es unmöglich, diese Lösung mit all den anderen zu vergleichen.	da kein Vergleich möglich ist.
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	Projektcontrolling Arbeiten	Citus row-based-sharding		
14.03.2024	20:45	21:30	0.8	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	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 Süssstrunk 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		Veeam Kast K10 wird nicht vor Angabe Diplomarbeit fertig sein	Backups lokal speichern. Veeam Integration wird im Nachgang implementiert.
19.03.2024	10:00	10:30	0.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Backup Anbindungen			
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	18:20	20:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Projektcontrolling gemacht.		
22.03.2024	09:00	11:00	2.0	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	zabbix analysieren			
22.03.2024	13:00	14:30	1.5	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	Benchmark Settings setzen			
22.03.2024	14:30	15:30	1.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Projektcontrolling und Dokumentation		
22.03.2024	16:45	19:00	2.8	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren / Benchmarking		
24.03.2024	14:30	17:30	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren		
24.03.2024	19:30	22:30	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren / Arbeitsrapport		
25.03.2024	08:00	11:00	3.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	rke2 - local-path-provisioner installieren	Anforderungen recht hoch. Es wird ein guillermo@private container registry guillermo@right verlangt. Das KSGR hat Harbor im Einsatz, allerdings ist dieses nicht für das Evaluationssetting gedacht.		
25.03.2024	13:00	14:45	2.8	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb		Eine mögliche Lösung könnte sein, rke2 als Registry zu verwenden.	
26.03.2024	12:00	13:00	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb Installation	Norman verspätete sich wegen eines Privaten Notfalls.	Termin wird auf morgen verschoben	
26.03.2024	14:45	15:00	0.2	2. Expertengespräch	2. Expertengespräch		Aus versehen YugabyteDB Anywhere (Repository yugaware) installiert.	YugabyteDB (Repository yugabyte) verwenden.	
26.03.2024	15:00	16:00	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb Installation	Diese Installation benötigt zwingend eine Subscription. Wäre ein No-Go	Dies ist nach wie vor Open-Source	

Tabelle I: Arbeitsrapport

## II Protokoll - Fachgespräche

Fachgespräch	Datum	Fachexperte	Nebenexperte	Studenten	Fragen	Antworten	Sonstige Themen	Bemerkungen
1 14.02.2024	Norman Süssstrunk	-	Michael Graber Curdin Roffler		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Darf eine Vorauswahl stattfinden, um den Aufwand zur reduzieren?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eine Vorauswahl ist Sinnvoll und in diesem Rahmen fast zwingend Notwendig, da sonst viel zuviel Zeit investiert werden müsste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorstellung Norman Süssstrunk, Curdin Roffler und Michael Graber</li> <li>- Kontaktdaten shared</li> </ul>	
2 26.03.2024	Norman Süssstrunk	-	Michael Graber		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muss das Protokoll des Fachgesprächs jeweils Zeitnah freigegeben werden?</li> <li>- Hat Norman ggf. noch Vorschläge zu PostgreSQL Clustern gefunden?</li> <li>- Soll ich die Gewichtung mit 100 Punkten machen oder 1000?</li> <li>Im Moment haben diverse Punkte eine sehr kleine Punktzahl</li> <li>- Soll die Disposition in den Anhang?</li> <li>Diese ist 50 Seiten lang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei Fragen jederzeit an Norman wenden</li> <li>- Norman braucht aber mindestens 1. Woche Vorlaufzeit</li> <li>- Norman wird sich spätestens zur Halbzeit melden.</li> <li>- Norman wird sic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es wurden zwar für alle Studenten von Norman Süssstrunk Zoom-Räume bereitgestellt, aus Effizienzgründen nahmen Curdin Roffler und ich beide am selben Meeting teil</li> </ul>	

Tabelle II: Fachgespräche - Protokoll

ii:

## Diplomarbeit

III              Statusbericht

III.I            Status Report 1

III.II          Status Report 2

## 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 yugaware) verwendet wurde.</p> <p>Kurz ein Schock, dass YugabyteDB ausgeschieden ist.</p> <p>Später bemerkte ich, dass man das Repository yugabyte verwendet muss.</p>
KW13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bereits jetzt viel gerlernt über Kubernetes, Ranger (rke2) und Helm</li> </ul>

Tabelle III: Kommentare - Anmerkung

## V Evaluation

### V.I Maintenance - CloudNativePG

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

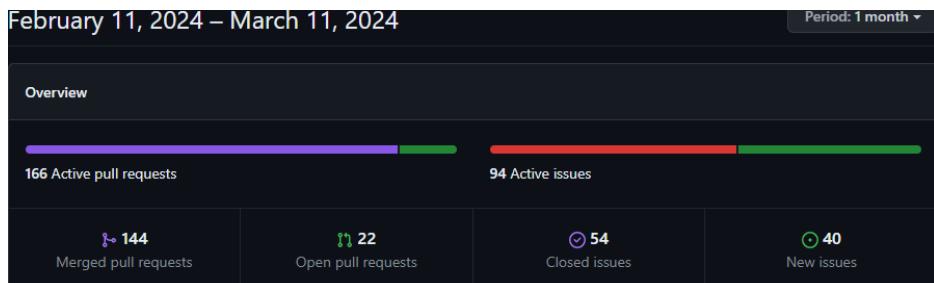


Abbildung I: CloudNativePG - Pulse

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:

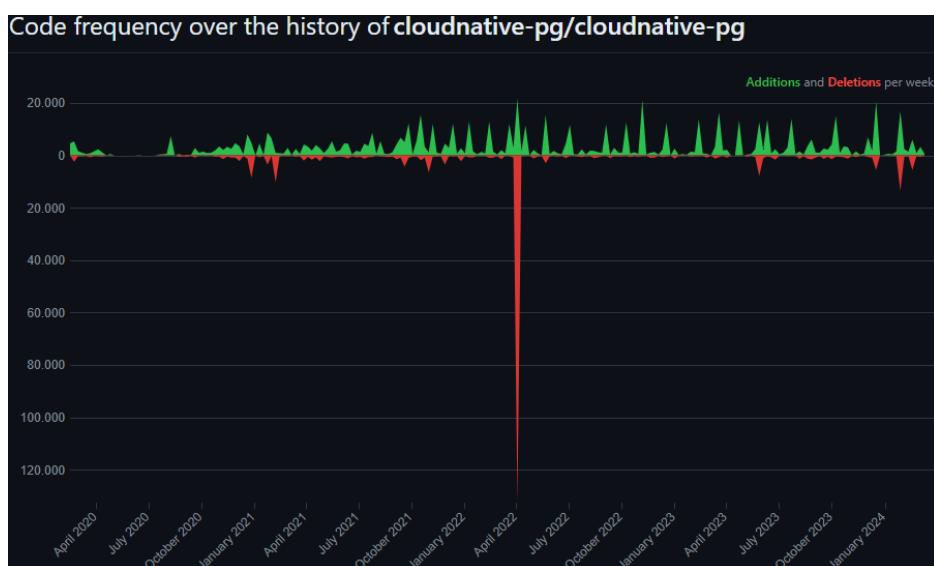


Abbildung II: CloudNativePG - Code Frequency

Das Projekt hält die meisten Standards von GitHub ein:

# Diplomarbeit



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 schleppt,  
was ein Sicherheitsrisiko darstellen kann:

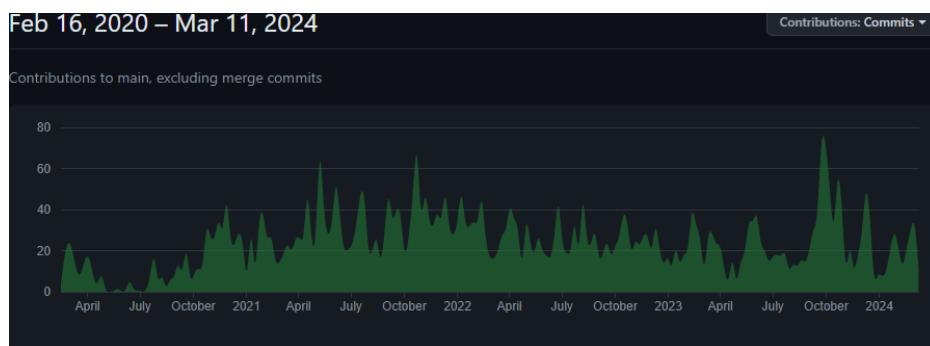


Abbildung IV: CloudNativePG - Contributors Commits

## Diplomarbeit



Abbildung V: CloudNativePG - Contributors Deletations

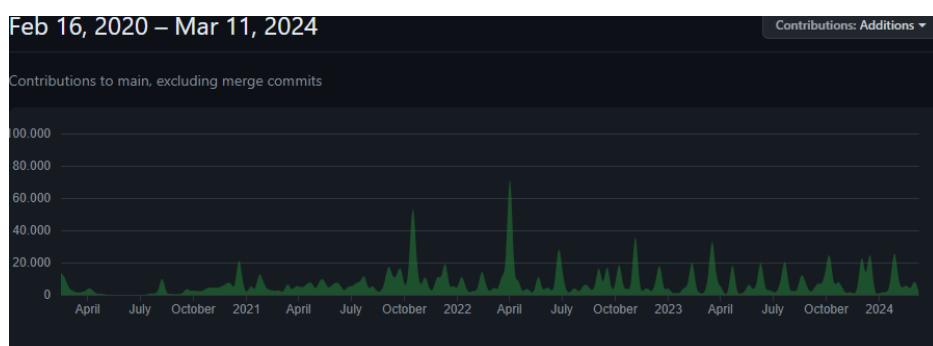


Abbildung VI: CloudNativePG - Contributors Additions

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.

# Diplomarbeit

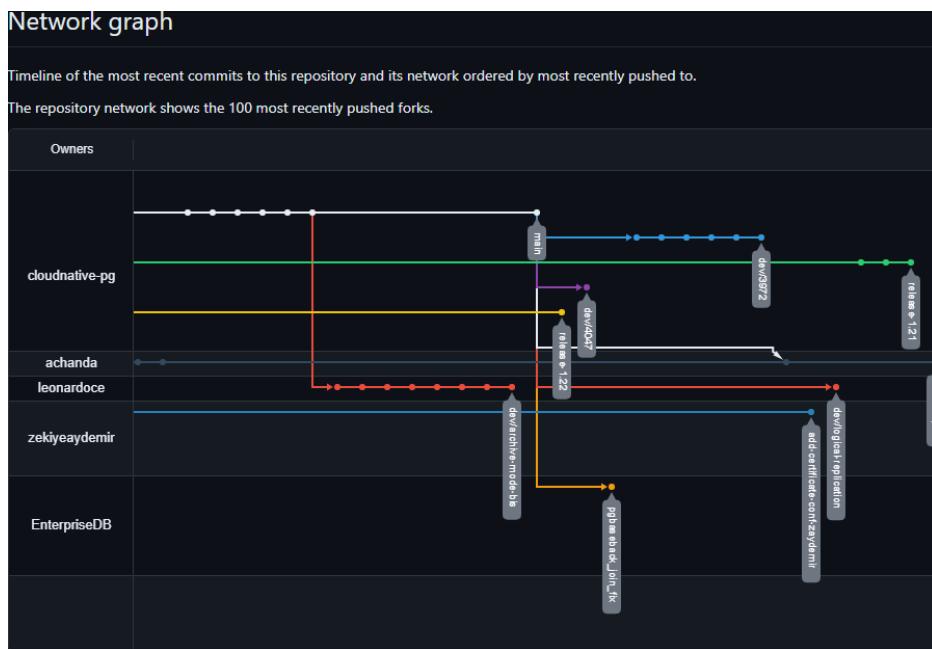


Abbildung VIII: CloudNativePG - Network Graph

V.II Maintenance - Patroni

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

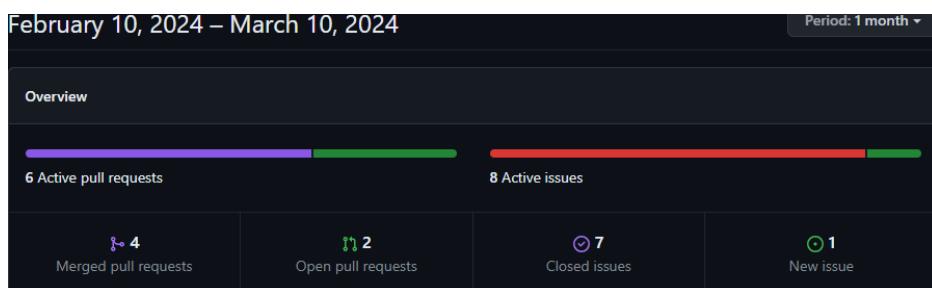


Abbildung IX: Patroni - Pulse

Code wird Regelmässig hinzugefügt und entfernt:

## Diplomarbeit

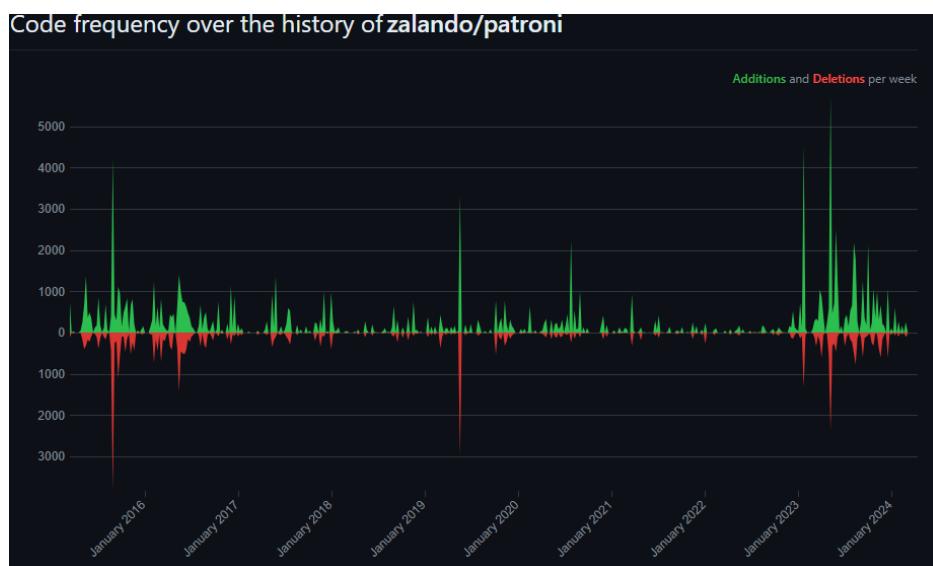


Abbildung X: Patroni - Code Frequency

Das Projekt hält auch die gängigen Standards auf Github ein:

The screenshot shows the 'Community Standards' page for the Patroni repository on GitHub. The page title is 'Community Standards'. Below it, a message says 'Here's how this project compares to [recommended community standards](#)'. A 'Checklist' section lists several items, each with a green checkmark indicating completion:

- Description
- README
- Code of conduct
- Contributing
- License
- Security policy (marked with an orange dot)
- Issue templates
- Pull request template
- Repository admins accept content reports

At the bottom right of the checklist, there are buttons for 'Set up a security policy' and 'Propose'.

Abbildung XI: Patroni - Community Standards

Die Contributors commiten, löschen und erweitern Patroni Regelmässig:

## Diplomarbeit



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:

## Diplomarbeit



Abbildung XV: Patroni - Commit Activity

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

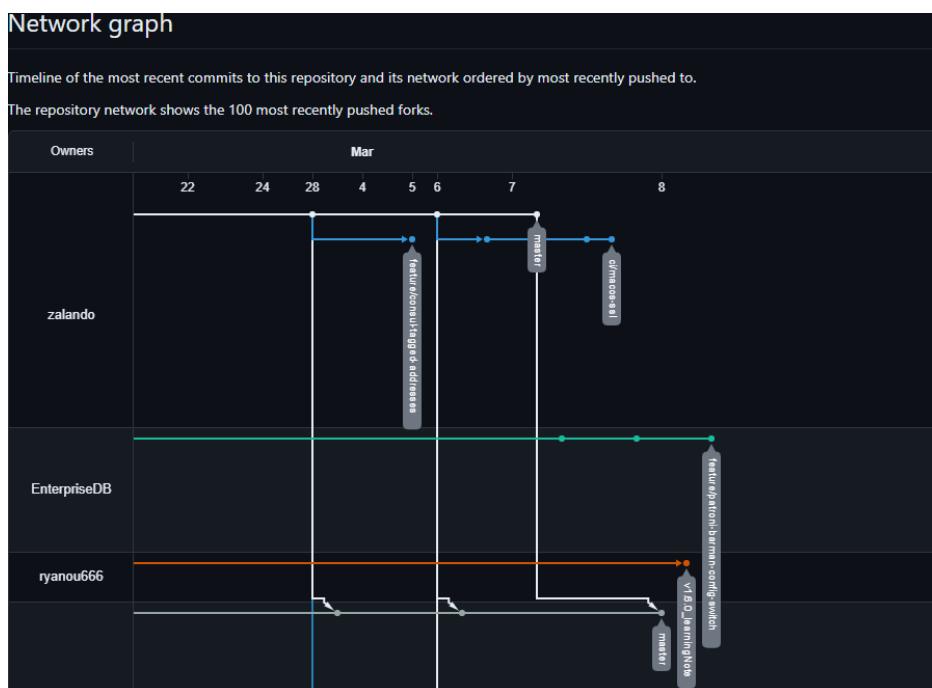


Abbildung XVI: Patroni - Network Graph

## V.III Maintenance - StackGres - Citus

Bei StackGres gab es im letzten Monat keine wirkliche Bewegung:

## Diplomarbeit

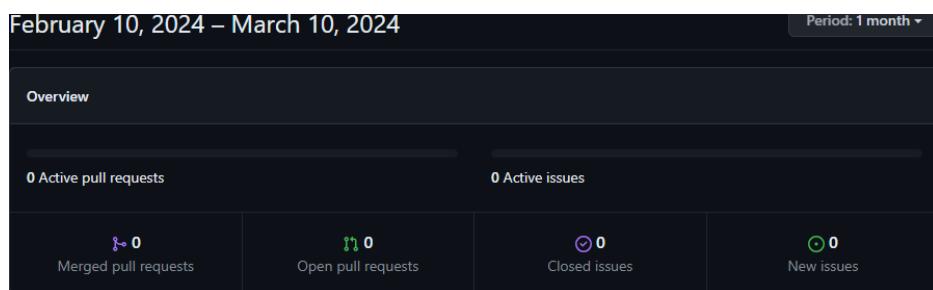


Abbildung XVII: Stackgres - Pulse

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

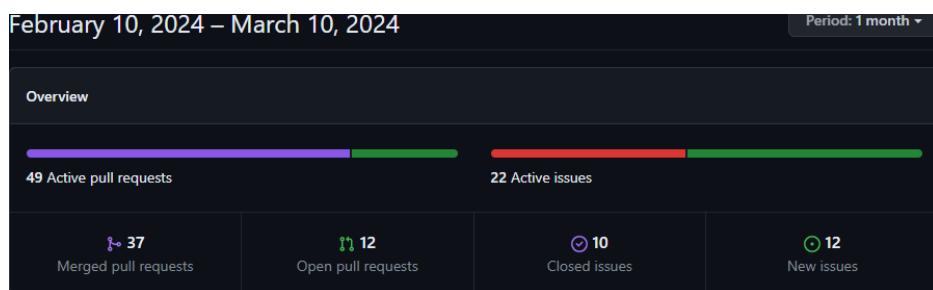


Abbildung XVIII: Citus - Pulse

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

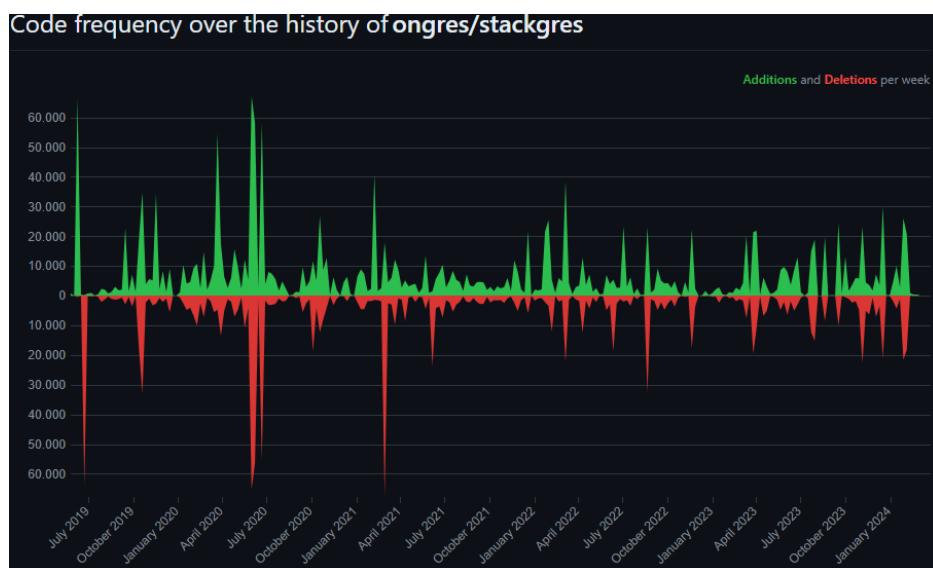


Abbildung XIX: Stackgres - Code Frequency

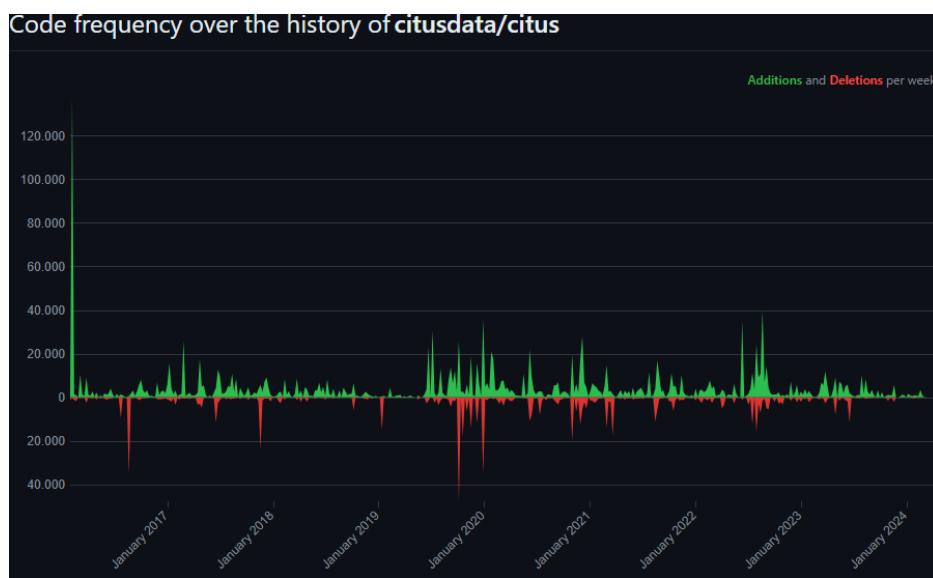


Abbildung XX: Citus - Code Frequency

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

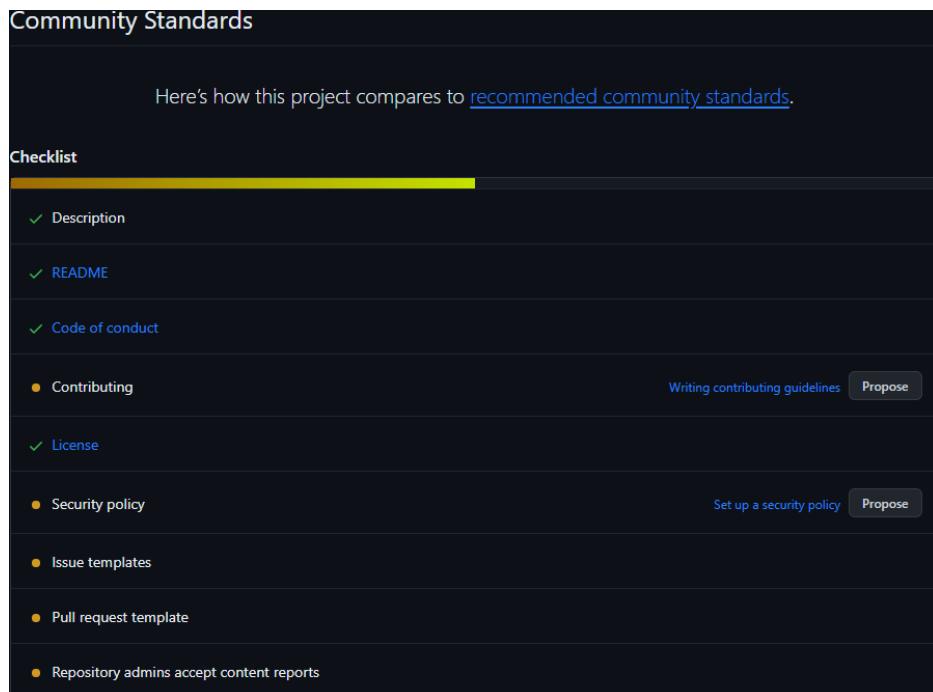


Abbildung XXI: Stackgres - Community Standards

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.

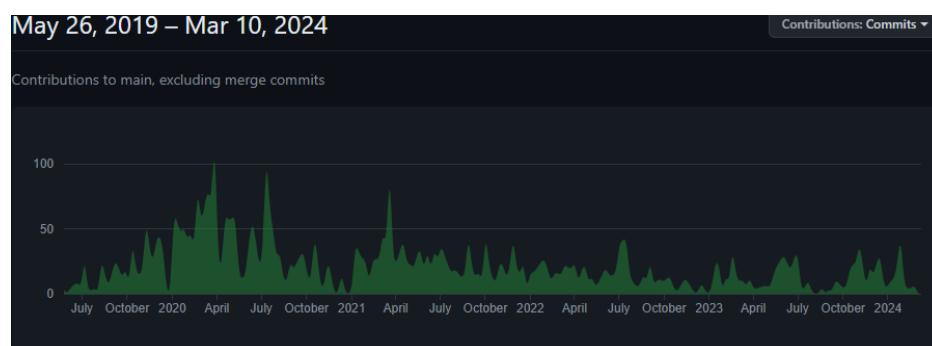


Abbildung XXIII: Stackgres - Contributors Commits

## Diplomarbeit



Abbildung XXIV: Stackgres - Contributors Deletions

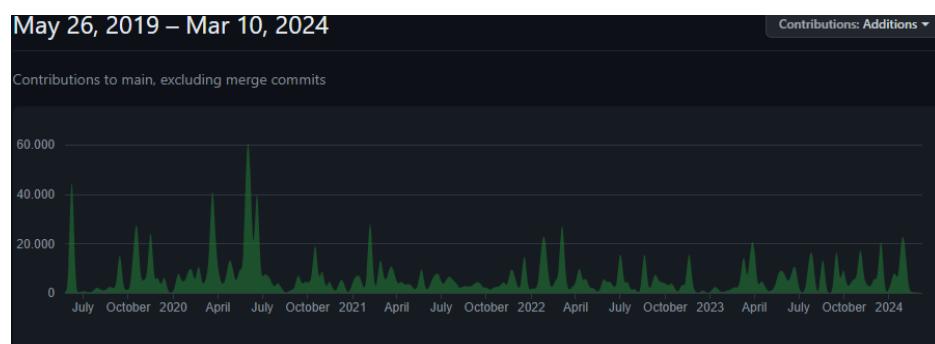


Abbildung XXV: Stackgres - Contributors Additions

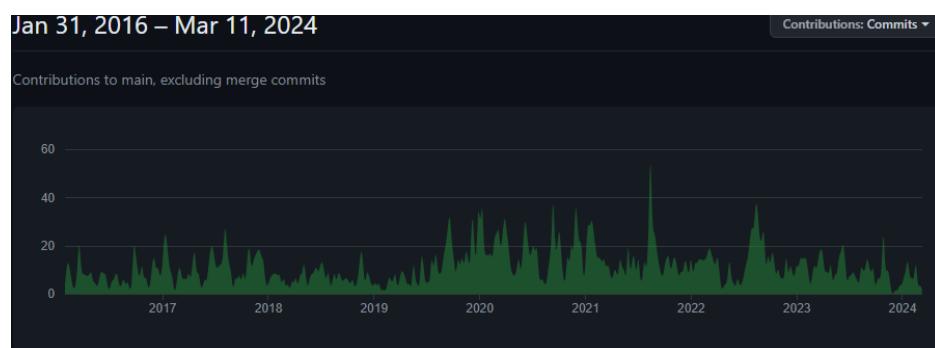


Abbildung XXVI: Citus - Contributors Commits

## Diplomarbeit

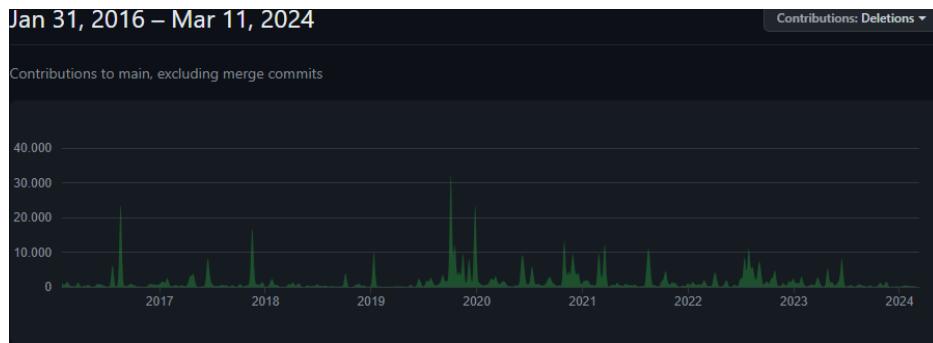


Abbildung XXVII: Citus - Contributors Deletions



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:

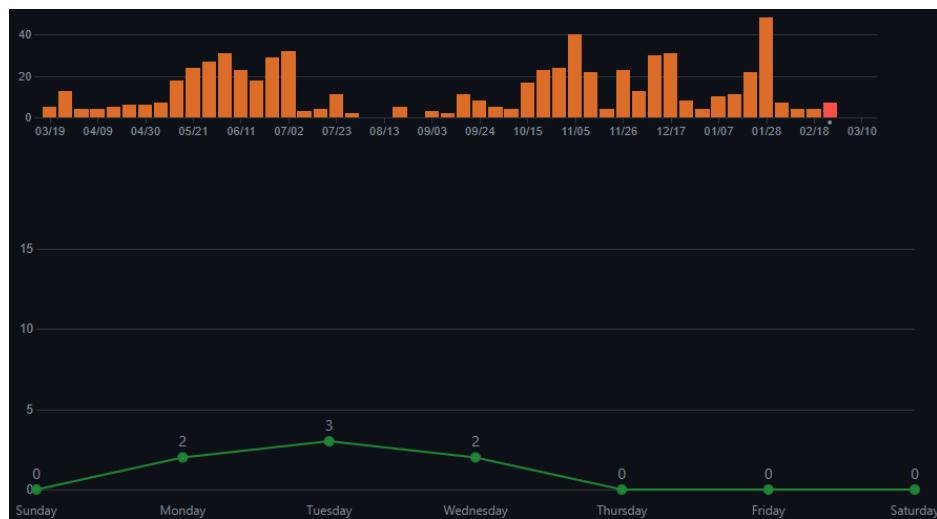


Abbildung XXIX: Stackgres - Commit Activity

## Diplomarbeit

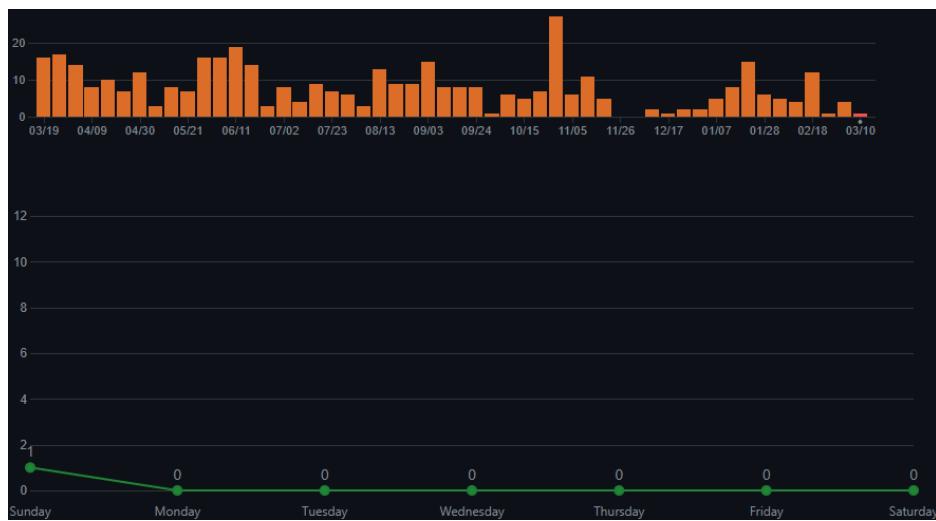


Abbildung XXX: Citus - Commit Activity

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:

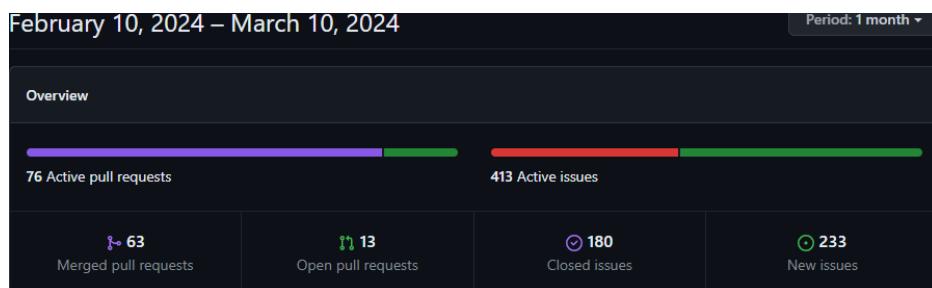


Abbildung XXXIII: YugabyteDB - Pulse

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:

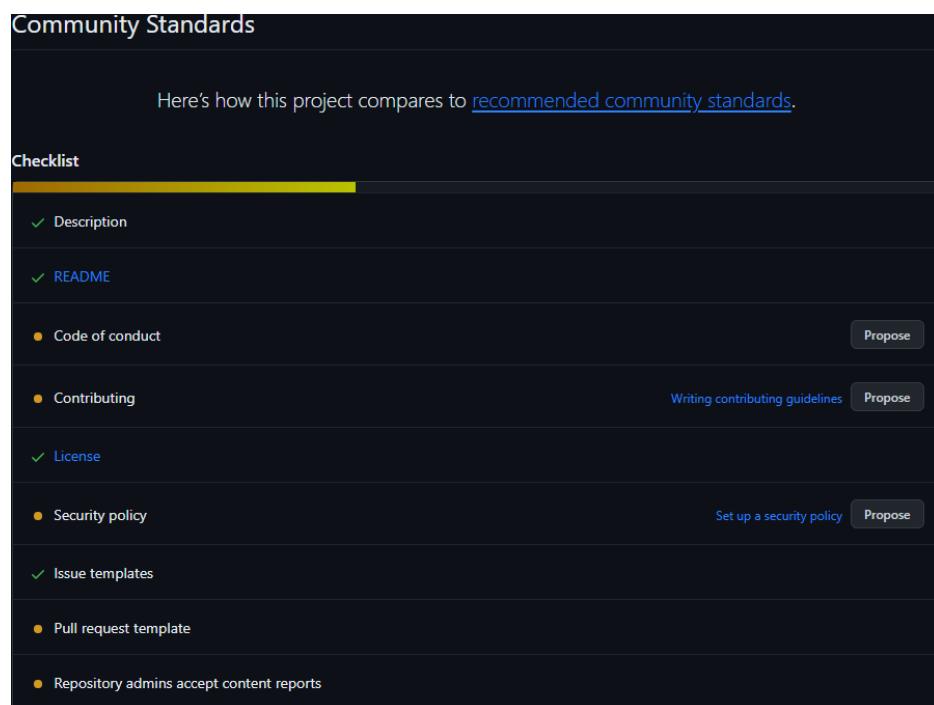


Abbildung XXXV: YugabyteDB - Community Standards

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

## Diplomarbeit



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:

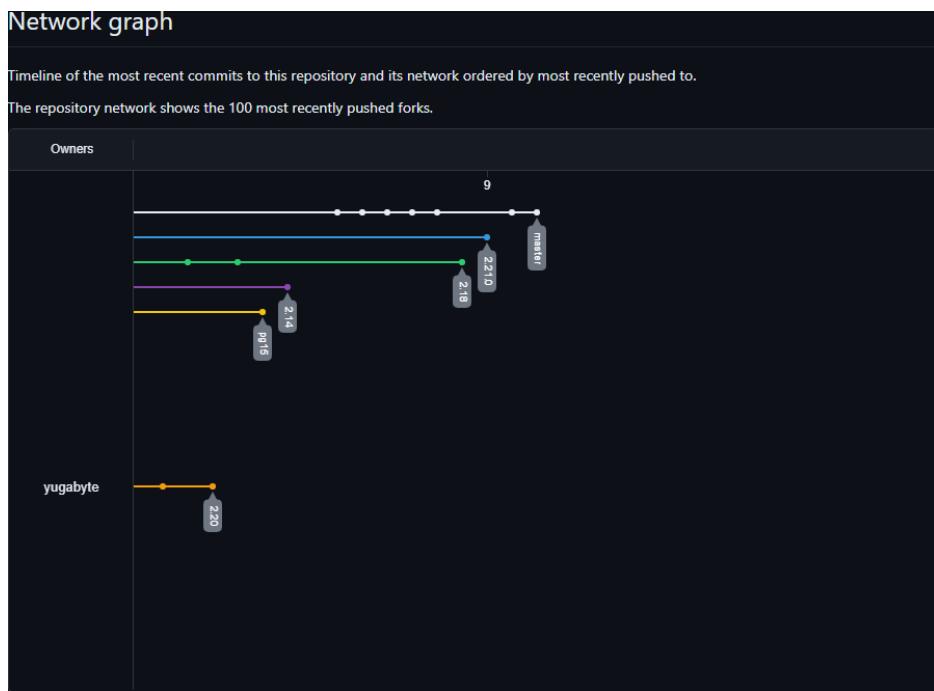


Abbildung XXXVIII: YugabyteDB - Network Graph

## VI rke2

### VI.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
4 export HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
5 export http_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
6 export HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
7 export no_proxy=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
8 export NO_PROXY=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
9
10 source /etc/profile.d/proxy.sh

```

Listing 1: Proxy Settings

### VI.II Installation

#### VI.II.I server - sks1183

Es gibt kein apt-Package. Daher muss zuerst das tarball-Package heruntergeladen werden.

Zuerst wird das Verzeichnis für rke2 erstellt:

## Diplomarbeit

```
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.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.III Cluster Konfiguration

### VI.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:

## Diplomarbeit

```

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]
7 :OUTPUT ACCEPT [0:0]
8 -A INPUT -m state --state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
9 -A INPUT -p udp -m udp --sport 53 -j ACCEPT
10 -A INPUT -p icmp -j ACCEPT
11 -A INPUT -i lo -j ACCEPT
12 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 22 -j ACCEPT
13 -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
14 -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
15 -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
16 -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
17 -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
18 -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
19 -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
20 -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
21 -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
22 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p icmp -m icmp --type 8 -j ACCEPT
23 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 6443 -j ACCEPT
24 -A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 9345 -j ACCEPT
25 COMMIT
26 # Completed
27
28 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.III.II agents

### VI.III.III local-path-provisioner

Zuerst mussten auf den drei Servern der Storage bereitgestellt werden:

## Diplomarbeit

```

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

```

## Diplomarbeit

```
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.III.IV 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

## Diplomarbeit

### VII        yugabyteDB

#### VII.I        Prerequisites

##### VII.I.I      Prometheus Daten

##### VII.I.II     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 22: 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 23: yugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren

#### VII.II      Installation

Zuerst muss ein Namespace erstellt werden:

## Diplomarbeit

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

Listing 24: 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
34       ## from these formats
35       ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes'
36       ## flag.
37       ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so
38       ## may lead to
39       ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects
40       ## integer values.
41       memory: 2Gi
42   tserver:
43     requests:
44       cpu: "1"
45       memory: 4Gi

```

# Diplomarbeit

```
42 limits:
43   cpu: "1"
44     ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating
45     ## from these formats
46     ## may result in setting an incorrect value for the 'memory_limit_hard_bytes'
47     ## flag.
48     ## Avoid using floating numbers for the numeric part of 'memory'. Doing so
49     ## may lead to
50     ## the 'memory_limit_hard_bytes' being set to 0, as the function expects
51     ## integer values.
52   memory: 4Gi
53
54
55 replicas:
56   master: 3
57   tserver: 3
58   ## Used to set replication factor when isMultiAz is set to true
59   totalMasters: 3
60
61
62 partition:
63   master: 0
64   tserver: 0
65
66
67 updateStrategy:
68   type: RollingUpdate
69
70
71 # Used in Multi-AZ setup
72 masterAddresses: ""
73
74 isMultiAz: false
75 AZ: ""
76
77 # Disable the YSQL
78 disableYsql: false
79
80
81 tls:
82   # Set to true to enable the TLS.
83   enabled: false
84   nodeToNode: true
85   clientToServer: true
86   # Set to false to disallow any service with unencrypted communication from
87   # joining this cluster
88   insecure: false
89   # Set enabled to true to use cert-manager instead of providing your own rootCA
90   certManager:
91     enabled: false
92     # Will create own ca certificate and issuer when set to true
93     bootstrapSelfsigned: true
94     # Use ClusterIssuer when set to true, otherwise use Issuer
```

# Diplomarbeit

```
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
93          # service.
94          # It is necessary to provide some external means of restarting the pods.
95          duration: 2160h # 90d
96          renewBefore: 360h # 15d
97          algorithm: RSA # ECDSA or RSA
98          # Can be 2048, 4096 or 8192 for RSA
99          # Or 256, 384 or 521 for ECDSA
100         keySize: 2048
101
102     ## When certManager.enabled=false, rootCA.cert and rootCA.key are used to
103     # generate TLS certs.
104     ## When certManager.enabled=true and bootstrapSelfSigned=true, rootCA is ignored.
105     ## When certManager.enabled=true and bootstrapSelfSigned=false, only rootCA.cert
106     # is used
107     ## to verify TLS certs generated and signed by the external provider.
108     rootCA:
109         cert: "
110             LS0tLS1CRUdJTiBDRVJUSUZJQ0FURS0tLS0tCk1JSUM2VENDQWRHZ0F3SUJBZ01CQVRBTkJna3Foa2lHOXcwQkFRc02
111             =
112         key: "
113             LS0tLS1CRUdJTiBSUOEgUFJJVkJURSBLRVktLS0tLQpNSU1FcEFJQkFBSONBUUVBdU4xYXVpZzhvalUwczQ5cXdBeG
114             =
115
116     ## When tls.certManager.enabled=false
117     ## nodeCert and clientCert will be used only when rootCA.key is empty.
118     ## Will be ignored and genSignedCert will be used to generate
119     ## node and client certs if rootCA.key is provided.
120     ## cert and key are base64 encoded content of certificate and key.
121     nodeCert:
122         cert: ""
123         key: ""
124     clientCert:
125         cert: ""
126         key: ""
127
128     gflags:
129         master:
130             default_memory_limit_to_ram_ratio: 0.85
131         tserver: {}
132
133     # use_cassandra_authentication: false
134
135
```

## Diplomarbeit

```
126 PodManagementPolicy: Parallel
127
128 enableLoadBalancer: true
129
130 ybc:
131   enabled: false
132   ## https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/manage-resources-containers/#resource-requests-and-limits-of-pod-and-container
133   ## Use the above link to learn more about Kubernetes resources configuration.
134   # resources:
135   #   requests:
136   #     cpu: "1"
137   #     memory: 1Gi
138   #   limits:
139   #     cpu: "1"
140   #     memory: 1Gi
141
142 ybCleanup: {}
143   ## https://kubernetes.io/docs/concepts/configuration/manage-resources-containers/#resource-requests-and-limits-of-pod-and-container
144   ## Use the above link to learn more about Kubernetes resources configuration.
145   # resources:
146   #   requests:
147   #     cpu: "1"
148   #     memory: 1Gi
149   #   limits:
150   #     cpu: "1"
151   #     memory: 1Gi
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-
226    ## cluster-services#registering_a_service_for_export
227    ## You can use this gist for the reference to deploy the YugabyteDB in a multi-
228    ## cluster scenario.
229    ## Gist - https://gist.github.com/baba230896/78cc9bb6f4ba0b3d0e611cd49ed201bf
230    createServiceExports: false
231
232    ## Mandatory variable when createServiceExports is set to true.
233    ## Use: In case of GKE, you need to pass GKE Hub Membership Name.
234    ## GKE Ref - https://cloud.google.com/kubernetes-engine/docs/how-to/multi-
235    ## cluster-services#enabling
236    kubernetesClusterId: ""
237
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.
243    ## md#servicemonitor
244    ##
245    ## enabled: false
246    ## interval is the default scrape_interval for all the endpoints
247    ## interval: 30s
248    ## extraLabels can be used to add labels to the ServiceMonitors
249    ## being created
250    ## extraLabels: {}
251    ## release: prom
252
253    ## Configurations of ServiceMonitor for yb-master
254    master:
255        enabled: true
256        port: "http-ui"
257        interval: ""
258        path: "/prometheus-metrics"
259
260    ## Configurations of ServiceMonitor for yb-tserver
261    tserver:
262        enabled: true
263        port: "http-ui"
264        interval: ""

```

## Diplomarbeit

```

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__
284 # directly...
285 - sourceLabels: ["__name__"]
286   regex: "(.*"
287   targetLabel: "saved_name"
288   replacement: "$1"
289 # The following basically retrofit the handler_latency_* metrics to label format
290 .
291 - sourceLabels: ["__name__"]
292   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(.*"
293   targetLabel: "server_type"
294   replacement: "$1"
295 - sourceLabels: ["__name__"]
296   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(.*"
297   targetLabel: "service_type"
298   replacement: "$2"
299 - sourceLabels: ["__name__"]
300   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(_sum|_count)?"
301   targetLabel: "service_method"
302   replacement: "$3"
303 - sourceLabels: ["__name__"]
304   regex: "handler_latency_(yb_[^_]*)([^_]*)([^_]*)(_sum|_count)?"
305   targetLabel: "__name__"
306   replacement: "rpc_latency$4"
307
308 resources: {}
309
310 nodeSelector: {}

```

## Diplomarbeit

```

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
322     # that kubernentes
323     # has. Each new node selector term is ORed together, and each match expression
324     # or match field in
325     # a single selector is ANDed together.
326     # This means, if a pod needs to be scheduled on a label 'custom_label_1' with a
327     # value
328     # 'custom_value_1', we need to add this 'subterm' to each of our pre-defined
329     # node affinity
330     # terms.
331     #
332     # Pod anti affinity is a simpler merge. Each term is applied separately, and the
333     # weight is tracked.
334     # The pod that achieves the highest weight is selected.
335     ## Example.
336     # affinity:
337     #   podAntiAffinity:
338     #     requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
339     #       - labelSelector:
340     #         matchExpressions:
341     #           - key: app
342     #             operator: In
343     #             values:
344     #               - "yb-master"
345     #     topologyKey: kubernetes.io/hostname
346     #
347     # For further examples, see examples/yugabyte/affinity_overrides.yaml
348     affinity: {}
349
350     ## Extra environment variables passed to the Master pods.
351     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/# envvar-v1-core
352     ## Example:
353     # extraEnv:
354     #   - name: NODE_IP
355     #     valueFrom:

```

```
351 #     fieldRef:
352 #       fieldPath: status.hostIP
353 extraEnv: []
354
355 # secretEnv variables are used to expose secrets data as env variables in the
356 # master pod.
357 # TODO Add namespace also to support copying secrets from other namespace.
358 # secretEnv:
359 # - name: MYSQL_LDAP_PASSWORD
360 #   valueFrom:
361 #     secretKeyRef:
362 #       name: secretName
363 #       key: password
364 secretEnv: []
365
366 ## Annotations to be added to the Master pods.
367 podAnnotations: {}
368
369 ## Labels to be added to the Master pods.
370 podLabels: {}
371
372 ## Tolerations to be added to the Master pods.
373 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#toleration-v1-core
374 ## Example:
375 # tolerations:
376 # - key: dedicated
377 #   operator: Equal
378 #   value: experimental
379 #   effect: NoSchedule
380 tolerations: []
381
382 ## Extra volumes
383 ## extraVolumesMounts are mandatory for each extraVolumes.
384 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volume-v1-core
385 ## Example:
386 # extraVolumes:
387 # - name: custom-nfs-vol
388 #   persistentVolumeClaim:
389 #     claimName: some-nfs-claim
390 extraVolumes: []
391
392 ## Extra volume mounts
393 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volumemount-v1-core
394 ## Example:
395 # 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
411 # that kubernentes
412 # has. Each new node selector term is ORed together, and each match expression
413 # or match field in
414 # a single selector is ANDed together.
415 # This means, if a pod needs to be scheduled on a label 'custom_label_1' with a
416 # value
417 # 'custom_value_1', we need to add this 'subterm' to each of our pre-defined
418 # node affinity
419 # terms.
420 #
421 # Pod anti affinity is a simpler merge. Each term is applied separately, and the
422 # weight is tracked.
423 # The pod that achieves the highest weight is selected.
424 ## Example.
425 # affinity:
426 #   podAntiAffinity:
427 #     requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
428 #       - labelSelector:
429 #         matchExpressions:
430 #           - key: app
431 #             operator: In
432 #             values:
433 #               - "yb-tserver"
434 #     topologyKey: kubernetes.io/hostname
435 # For further examples, see examples/yugabyte/affinity_overrides.yaml
affinity: {}

## Extra environment variables passed to the TServer pods.
## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#envvar-v1-core
## Example:

```

# Diplomarbeit

```

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
444 ## tserver pods.
445 ## If namespace field is not specified we assume that user already
446 ## created the secret in the same namespace as DB pods.
447 ## Example
448 # secretEnv:
449 # - name: MYSQL_LDAP_PASSWORD
450 #   valueFrom:
451 #     secretKeyRef:
452 #       name: secretName
453 #       namespace: my-other-namespace-with-ldap-secret
454 #       key: password
455 secretEnv: []
456
457 ## Annotations to be added to the TServer pods.
458 podAnnotations: {}
459
460 ## Labels to be added to the TServer pods.
461 podLabels: {}
462
463 ## Tolerations to be added to the TServer pods.
464 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#toleration-v1-core
465 ## Example:
466 # tolerations:
467 # - key: dedicated
468 #   operator: Equal
469 #   value: experimental
470 #   effect: NoSchedule
471 tolerations: []
472
473 ## Sets the --server_broadcast_addresses flag on the TServer, no
474 ## preflight checks are done for this address. You might need to add
475 ## 'use_private_ip: cloud' to the gflags.master and gflags.tserver.
476 serverBroadcastAddress: ""
477
478 ## Extra volumes
479 ## extraVolumesMounts are mandatory for each extraVolumes.
480 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#volume-v1-core
481 ## Example:

```

## Diplomarbeit

```
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
```

## Diplomarbeit

```

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 25: 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 26: YugabyteDB - Installation

### VII.III Rekonfiguration mit 300GiB Storage

### VIII Stackgres mit Citus

#### VIII.I Prerequisites

#### VIII.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: /var/local-path-provisioner

```

## Diplomarbeit

```

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: 3Gi
24   storageClassName: "stackgres-storage"
25   hostPath:
26     path: /var/local-path-provisioner

```

Listing 27: 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 28: YugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren

## IX sks9016 - YugabyteDB

### IX.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 29: sks9016 - Download YugabyteDB On-Premise

Im nächsten Schritt, wird es im `/opt` entpackt und das `post_install.sh`-Skript ausgeführt:

```

1 root@sks9016:/opt# tar xvfz yugabyte-2.21.0.0-b545-linux-x86_64.tar.gz && cd
      yugabyte-2.21.0.0/
2 ...
3 root@sks9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0# ./bin/post_install.sh
4

```

Listing 30: sks9016 - Installation YugabyteDB On-Premise

## Diplomarbeit

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

```
1 root@sks9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0# cd /opt/yugabyte-2.21.0.0/postgres/bin/
2 root@sks9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0/postgres/bin# ./ysqlsh "host=10.0.20.106 user=
yadmin"
3 Password for user yadmin:
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 31: sks9016 - Check yugabyteDB On-Premise

Damit ist der Benchmarking-Server ready.

## X Patroni

### X.I Prerequisites

Zuerst 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 32: Patroni - Proxy Settings

Damit das PostgreSQL-Repository eingebunden werden kann, muss dem apt-Proxy gesetzt werden.

Da via Foreman installiert wurde, muss dieser ausgenommen werden:

```
1 # sks1232 / sks1233 / sks1234
2 # apt-Proxy setzen
3 # nano /etc/apt/apt.conf.d/proxy.conf
4 Acquire::http::Proxy "http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080";
5 Acquire::https::Proxy "http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080";
6 Acquire::http::proxy::foreman.ksgr.ch "DIRECT";
```

Listing 33: Patroni - apt-Proxy Settings

## Diplomarbeit

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 34: Patroni - PostgreSQL einbinden

etcd wird als nächstes installiert.

Hierzu muss zuerst das Repository von GitHub heruntergeladen werden:

X.II              Installation

X.III              Konfiguration

XI                Exkurs Architekturen - Umsysteme und Prinzipien

XI.I              Raft-Konsensus

XI.II             local-path-provisioner

XII               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.path.dirname(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 downlaod_zotero_datas(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 Datas 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(collection_id) + '/items?limit=1&format=json&sort=dateAdded&direction=asc'
38
39     response = requests.get(URL, headers={'Zotero-API-Key': API_KEY})
40
41     header_dict = response.headers
42     total_elemets = int(header_dict.get('Total-Results'), 0)
43
44     if total_elemets < result_limit:
45         URL_ALL_ITEMS = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?limit=' + str(result_limit) + '&format=json&sort=dateAdded&direction=asc'
```

# Diplomarbeit

```

47         zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?
48     limit=' + str(
49         result_limit) + '?format=json&sort=dateAdded&direction=asc',
50     zotero_result = downlaod_zotero_datas(URL_ALL_ITEMS, API_KEY)
51
52     zotero_data.extend(zotero_result)
53 else:
54     runs = int(math.ceil(total_elemets / result_limit))
55     index = 0
56     start_index = 0
57     while index < runs:
58         URL_Separated = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' +
59         str(
60             zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?
61         ?limit=' + str(
62             result_limit) + '?format=json&sort=dateAdded&direction=asc' + '&
63         start=' + str(start_index)
64         zotero_result = downlaod_zotero_datas(URL_Separated, API_KEY)
65
66         zotero_data.extend(zotero_result)
67
68         start_index += result_limit
69         index += 1
70
71     return zotero_data
72
73 # Convert String to Datetime
74 def convert_to_datetime(input_str, parserinfo=None):
75     return parse(input_str, parserinfo=parserinfo)
76
77 # Get Dates from Datetime
78 def get_dates(date, bibtex_item_type, bibtex_month_attributes):
79     dated_date = convert_to_datetime(date)
80     return_value = dict()
81     if bibtex_item_type in bibtex_month_attributes:
82         year = dated_date.year
83         month = dated_date.month
84         return_value = {'year': year, 'month': month}
85     else:
86         year = dated_date.year
87         return_value = {'year': year}
88
89     return return_value
90
91 # Split Creators into bibtex Creators
92 def split_creators(creators):
93     if creators != []:
94

```

## Diplomarbeit

```

91     creatorlist = ''
92     for index, creator in enumerate(creators):
93         type = creator.get('creatorType')
94         firstname = creator.get('firstName')
95         lastname = creator.get('lastName')
96         name = creator.get('name')
97         if type == 'author':
98
99             if name and not (firstname or lastname):
100                 creatorlist = creatorlist + name
101                 if index != len(creators) - 1:
102                     creatorlist = creatorlist + ' and '
103                 else:
104                     creatorlist = creatorlist + lastname + ', ' + firstname
105                     if index != len(creators) - 1:
106                         creatorlist = creatorlist + ' and '
107             else:
108                 creatorlist = 'unknown author'
109
110     bib_entry = 'author=' + '"' + creatorlist + '"'
111
112     return bib_entry
113
114 #     Write the *.bib File
115 def write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config):
116     keystore_file = zotero_bibtex_config.get('keystore_file')
117     keystore_path = zotero_bibtex_config.get('keystore_filepath')
118     tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), keystore_path)
119
120     yaml_path = os.path.join(tex_dir, keystore_file)
121
122     with open(yaml_path, "r") as file:
123         zotero_bibtex_keys = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
124
125     zotero_bibtex_keys_specials = {
126         'thesis': {'phdthesis': ['dissertation', 'phd', 'doctorial', 'doctor', 'doktor', 'doktorarbeit'],
127                     'masterthesis': ['ma', 'master', 'masters']},
128     }
129     zotero_bibtex_attributes_special = {
130         'date': 'get_dates',
131         'creators': 'split_creators',
132     }
133     bibtex_month_attributes = ['booklet', 'mastersthesis', 'phdthesis', 'techreport']
134     # Bibliography
135     # tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source')
136     bibtex_path = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filepath')
```

## Diplomarbeit

```

137     tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), bibtex_path)
138 # tex_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')
139 # file_name = 'Datenbank_Projektauftrag_Michael_Graber.bib'
140 file_name = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filename')
141
142 file_path = os.path.join(tex_dir, file_name)
143
144 # bib_datas = BibliographyData()
145 listKeys = list()
146 bib_data = ''
147 for zotero_items in zotero_data:
148     biblio_item = zotero_items.get('data')
149     itemkeys = biblio_item.keys()
150     listKeys.extend(biblio_item.keys())
151     zotero_item_key = biblio_item.get('key')
152     zotero_item_title = biblio_item.get('title')
153     zotero_item_nameofact = biblio_item.get('nameOfAct')
154     zotero_item_nameofcase = biblio_item.get('caseName')
155     zotero_item_subject = biblio_item.get('subject')
156     zotero_item_type = biblio_item.get('itemType')
157
158     # some item types have no titles
159     # set the special names instead of the title
160     if zotero_item_title:
161         bibtex_item_titel = zotero_item_title
162     else:
163         if zotero_item_type == 'statute':
164             biblio_item['title'] = zotero_item_nameofact
165             bibtex_item_titel = zotero_item_nameofact
166         elif zotero_item_type == 'case':
167             biblio_item['title'] = zotero_item_nameofcase
168             bibtex_item_titel = zotero_item_nameofcase
169         elif zotero_item_type == 'email':
170             biblio_item['title'] = zotero_item_subject
171             bibtex_item_titel = zotero_item_subject
172
173     if zotero_item_type == 'thesis':
174         master_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get(
175             'masterthesis')
176         phd_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get(
177             'phdthesis')
178
178     # First Master thesis
179     if any(item in bibtex_item_titel for item in master_list):
180         bibtex_item_key = 'masterthesis'
181     # Second PHD Thesis
182     elif any(item in bibtex_item_titel for item in phd_list):
183         bibtex_item_key = 'phdthesis'

```

```

183         else:
184             bibtex_item_key = 'masterthesis'
185     else:
186         if zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('key'):
187             bibtex_item_key = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get(
188                 'key')
189         else:
190             bibtex_item_key = 'misc'
191
192     # get all Keys for the zotero item type
193     entryset = '\n'
194     entry = ''
195
196     zotero_item_attributes = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get(
197         'attributes').keys()
198     item_attributes = sorted(zotero_item_attributes, reverse=True)
199
200     for index, item_attribute in enumerate(item_attributes):
201         bibtex_item_attribute = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get(
202             'attributes').get(item_attribute)
203         zotero_item_value = biblio_item.get(item_attribute)
204         zotero_item_value_extra = '',
205         bibtex_item_attribute_extra = ''
206
207         # Special Cases
208         if bibtex_item_attribute == 'SPECIALCHECK' and zotero_item_value not
209         in ['', None]:
210             bibtex_special_attribute = zotero_bibtex_attributes_special.get(
211                 item_attribute)
212
213             match bibtex_special_attribute:
214                 case 'get_dates':
215                     zotero_item_value = get_dates(zotero_item_value,
216                         bibtex_item_key, bibtex_month_attributes)
217                     if zotero_item_value.get('month'):
218                         zotero_item_value_extra = zotero_item_value.get('month')
219
220                     bibtex_item_attribute_extra = 'month'
221
222                     zotero_item_value = zotero_item_value.get('year')
223                     bibtex_item_attribute = 'year'
224                 case 'split_creators':
225                     authors = split_creators(zotero_item_value)
226                     entryset = entryset + authors
227             elif bibtex_item_attribute == 'howpublished':
228                 if zotero_item_value not in ['', None, []]:
229                     zotero_item_value = '\\url{' + zotero_item_value + '}',

```

```
224         if bibtex_item_attribute not in ['', 'None', 'author', 'SPECIALCHECK']:
225     and zotero_item_value not in ['', None, []]:
226         if zotero_item_value_extra:
227
228             if type(zotero_item_value_extra) == "string":
229                 entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute_extra) + ',\n' +
230             else:
231                 entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute_extra) + '=' +
232             str(zotero_item_value_extra)
233
234             if index != len(item_attributes) - 1:
235                 entryset = entryset + ',\n'
236             else:
237                 entryset = entryset + '\n'
238
239             if type(zotero_item_value) == str and not zotero_item_value.
240             isnumeric():
241                 entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=\"' + str(
242             zotero_item_value) + '\"'
243             else:
244                 entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=' + str(
245             zotero_item_value)
246
247             if index != len(item_attributes) - 1:
248                 entryset = entryset + ',\n'
249             else:
250                 entryset = entryset + '\n'
251
252     # create the Entry
253     entry = '@' + bibtex_item_key + '{' + zotero_item_key + ',\n'
254     entry = entry + entryset + '}'
255     bib_data = bib_data + '\n' + entry
256
257     # parse String to pybtex.database Object
258     # bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex",
259     encoding='ISO-8859-1')
260     bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex",
261     encoding='Utf-8')
262
263     # Save pybtex.database to file
264     # BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding
265     ='ISO-8859-1')
266     BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding=
267     'utf-8')
268
269
270 zotero_bibtex_config = load_configuration('zotero_bibtex_configuration.yaml')
271 zotero_data = get_data(zotero_bibtex_config)
```

## Diplomarbeit

```
262 write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config)
```

Listing 35: Python LaTex - zotero.py - Zotero BibLaTex Importer

## XIII 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_Grabер.bib"
```

Listing 36: Python LaTex - zotero\_bibtex\_configuration.yaml - Konfigurationsdatei - Zotero BibLaTex Importer

## XIV 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
```

## Diplomarbeit

```
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
```

# Diplomarbeit

```
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
```

## Diplomarbeit

```
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
```

## Diplomarbeit

```
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
```

## Diplomarbeit

```
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
```

## Diplomarbeit

```
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 37: Python LaTex - zotero\_biblatex\_keystore.yaml - x-y-Achse Konfigurationsdatei - Zotero BibLaTex Importer

## XV 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(
22         'configfile_name')
23
24     if startpath == 'homedir':
25         directory = os.path.join(os.getcwd(), riskmatrix_xy_axis_tuples_dir)
26     else: # parentdir
27         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()),
28             riskmatrix_xy_axis_tuples_dir)
29
30     riskmatrix_xy_axis_tuples_path = os.path.join(directory,
31         riskmatrix_xy_axis_tuples_config)
32     riskmatrix_xy_axis_tuples = dict()
33     riskmatrix_xy_axis_tuples_aux = dict()
34
35     with open(riskmatrix_xy_axis_tuples_path, "r") as file:
36         riskmatrix_xy_axis_tuples_aux = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
37
38     for string_key in riskmatrix_xy_axis_tuples_aux:
39         value = riskmatrix_xy_axis_tuples_aux.get(string_key)
40         int_key = eval(string_key)
41         riskmatrix_xy_axis_tuples.update({int_key:value})
42
43     return riskmatrix_xy_axis_tuples
44
45 # Load Data from csv
46 def get_data(data_path):
47
48     with open(data_path) as f:
49         csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]
50
51     (_, *header), *data = csv_list
52     datas = {}
53     for row in data:
54         key, *values = row
55         datas[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}
56
57     return datas
58
59 # Generate Riskmatrix Image
60 #def riskmatrix(risk, conf, matrix):
61 def riskmatrix(conf, matrix):
62     risks = conf.get('risk_inventory')
63     for risk_conf in risks:
64         # get the risk config datas
65         startpath = conf.get('risks').get(risk_conf).get('startpath')
66         destination = conf.get('risks').get(risk_conf).get('destination_path')
67         imagename = conf.get('risks').get(risk_conf).get('imagename')
68         datafilename = conf.get('risks').get(risk_conf).get('datafile')
69         itemname = conf.get('risks').get(risk_conf).get('itemname')

```

```
66     x_axis_title = conf.get('risks').get(risk_conf).get('x-axis-title')
67     y_axis_title = conf.get('risks').get(risk_conf).get('y-axis-title')
68     title = conf.get('risks').get(risk_conf).get('title')
69     bubble_standard_size = conf.get('risks').get(risk_conf).get('bubble-
70     standard-size')
71
71     # Identify the index of the axes
72     green = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('green-boxes',
73     )
73     yellow = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('yellow-
74     boxes')
74     orange = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('orange-
75     boxes')
75     red = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('red-boxes')
76
76
77     if startpath == 'homedir':
78         directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
79     else: # parentdir
80         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
81
82     data_path = os.path.join(directory, datafilename)
83     image_path = os.path.join(directory, imagename)
84
85     # get the Datas as dirct
86     datas = get_data(data_path)
87
88     fig = plt.figure()
89     plt.subplots_adjust(wspace=0, hspace=0)
90     plt.xticks([])
91     plt.yticks([])
92     plt.xlim(0, 5)
93     plt.ylim(0, 5)
94     plt.xlabel(x_axis_title)
95     plt.ylabel(y_axis_title)
96     plt.title(title)
97
98     # This example is for a 5 * 5 matrix
99     nrows = 5
100    ncols = 5
101    axes = [fig.add_subplot(nrows, ncols, r * ncols + c + 1) for r in range(0,
102    nrows) for c in range(0, ncols)]
103
103    # remove the x and y ticks
104    for ax in axes:
105        ax.set_xticks([])
106        ax.set_yticks([])
107        ax.set_xlim(0, 5)
108        ax.set_ylim(0, 5)
```

```
109
110     # Add background colors
111     # This has been done manually for more fine-grained control
112     # Run the loop below to identify the indice of the axes
113     for _ in green:
114         axes[_].set_facecolor('green')
115
116     for _ in yellow:
117         axes[_].set_facecolor('yellow')
118
119     for _ in orange:
120         axes[_].set_facecolor('orange')
121
122     for _ in red:
123         axes[_].set_facecolor('red')
124
125     # run through datas and generate axis datas
126     dict_bubble_axis = dict()
127     bubble_axis = list()
128     for datasets in datas:
129         # get the datas
130         riskid = datas.get(datasets).get('risk-id')
131         x_axis = int(datas.get(datasets).get('x-axis'))
132         y_axis = int(datas.get(datasets).get('y-axis'))
133         axis_point = matrix.get((x_axis, y_axis))
134         x_axis_text = float(datas.get(datasets).get('x-axis-text'))
135         y_axis_text = float(datas.get(datasets).get('y-axis-text'))
136         x_axis_bubble = float(datas.get(datasets).get('x-axis-bubble'))
137         y_axis_bubble = float(datas.get(datasets).get('y-axis-bubble'))
138         bubble_axis.append(axis_point)
139
140         # merge risks if two or more risks share the same axispoint
141         if dict_bubble_axis.get(axis_point):
142             risktag = dict_bubble_axis.get(axis_point).get('risk')
143             risktag = risktag + '/' + riskid
144             x_axis_text = x_axis_text + 0.25
145             y_axis_text = y_axis_text - 0.5
146             bubble_size = bubble_standard_size * 2
147         else:
148             risktag = itemname + riskid
149             bubble_size = bubble_standard_size
150             dict_axis_value = dict()
151
152             dict_axis_value['risk'] = risktag
153             dict_axis_value['x-axis-text'] = x_axis_text
154             dict_axis_value['y-axis-text'] = y_axis_text
155             dict_axis_value['x-axis-bubble'] = x_axis_bubble
156             dict_axis_value['y-axis-bubble'] = y_axis_bubble
```

## Diplomarbeit

```

157         dict_axis_value['size'] = bubble_size
158         dict_bubble_axis[axis_point] = dict_axis_value
159
160     # cleanup the list, remove duplicated entries
161     bubble_axis = set(bubble_axis)
162
163     # plot the bubbles and texts in the bubbles
164     for axispoint in bubble_axis:
165         axes[axispoint].scatter(dict_bubble_axis[axispoint]['x-axis-bubble'],
166                               dict_bubble_axis[axispoint]['y-axis-bubble'],
167                               dict_bubble_axis[axispoint]['size'], alpha=1)
168         axes[axispoint].text(dict_bubble_axis[axispoint]['x-axis-text'],
169                               dict_bubble_axis[axispoint]['y-axis-text'], s=
170                               dict_bubble_axis[axispoint]['risk'],
171                               va='bottom', ha='center')
172
173     # save the plot as image
174     plt.savefig(image_path)
175
176 riskmatrix_config = load_configuration('riskmatrix_plotter_conf.yaml')
177 riskmatrix_xy_axis_tuples = load_xy_axis_tuples(riskmatrix_config)
178 riskmatrix(riskmatrix_config, riskmatrix_xy_axis_tuples)

```

Listing 38: Python LaTex - riskmatrix.py - Risikomatrizen

## XVI 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)"

```

## Diplomarbeit

```
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
```

## Diplomarbeit

```
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
```

## Diplomarbeit

```
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:
```

## Diplomarbeit

```

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

## XVII 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 40: Python LaTex - riskmatrix\_xy\_axis\_tuple\_matrix.yaml - Konfigurationsdatei - Risikomatrizen - X-Y-Achsen Tuples

## XVIII 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'
9     cbd_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')
10    yaml_path = os.path.join(cbd_conf_dir, cbd_conf_filename)
11
12    with open(yaml_path, "r") as file:
13        cost_benefit_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
14
15    return cost_benefit_config
16 # Get the Datas
17 def get_data(cost_benefit_config):
18     # Config Variables
19     startpath = cost_benefit_config.get('startpath')
20     destination = cost_benefit_config.get('desitination_path')
21     datafilename = cost_benefit_config.get('datafile')
22
23     if startpath == 'homedir':
24         directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
25     else: # parentdir
26         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
27
28     # get the Datas as direct
29     data_path = os.path.join(directory, datafilename)
30
31     # load datas from csv into dict
32     with open(data_path) as f:
33         csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]
34
35     (_, *header), *data = csv_list
36     datas = {}
37     for row in data:

```

```

38     key, *values = row
39     datas[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}
40
41 cost_benefit_data = {}
42 for key, value in datas.items():
43     variant_name = value['variant_name']
44     x_axis = int(value['x-axis'])
45     y_axis = int(value['y-axis'])
46     cost_benefit_data[variant_name] = (x_axis, y_axis)
47
48 return cost_benefit_data
49
50 # Plot the Datas
51 def cost_benefit_diagram(cost_benefit_config, cost_benefit_data):
52     # Config Variables
53     startpath = cost_benefit_config.get('startpath')
54     destination = cost_benefit_config.get('desitination_path')
55     imagename = cost_benefit_config.get('imagename')
56
57     if startpath == 'homedir':
58         directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
59     else: # parentdir
60         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
61
62     # get the Datas as dircrt
63     data_path = os.path.join(directory, imagename)
64
65     # Extract the Datas
66     labels, values = zip(*cost_benefit_data.items())
67     x, y = zip(*values)
68
69     # Create Scatter-Diagram
70     plt.scatter(x, y, color=cost_benefit_config.get('scatter-point-color'))
71
72     # X-Lines
73     plt.axhline(y=cost_benefit_config.get('y-axis-line-pos'), color=
74     cost_benefit_config.get('y-axis-line-color'), linestyle=cost_benefit_config.
75     get('y-axis-line-type'), label=cost_benefit_config.get('y-axis-line-label'))
76
77     # Y-Lines
78     plt.axvline(x=cost_benefit_config.get('x-axis-line-pos'), color=
79     cost_benefit_config.get('x-axis-line-color'), linestyle=cost_benefit_config.
80     get('x-axis-line-type'), label=cost_benefit_config.get('x-axis-line-label'))
81
82     # Add Labels
83     plt.xlabel(cost_benefit_config.get('x-axis-title'))
84     plt.ylabel(cost_benefit_config.get('y-axis-title'))
85     plt.title(cost_benefit_config.get('title'))

```

## Diplomarbeit

```

82
83     # Labling Data Points
84     for label, x_point, y_point in zip(labels, x, y):
85         plt.text(x_point, y_point, label)
86
87     # Show Legends
88     plt.legend()
89
90     # Show Grid
91     plt.grid(True)
92
93     # Save Diagram as PNG
94     plt.savefig(data_path)
95
96 cost_benefit_config = load_configuration()
97 cost_benefit_data = get_data(cost_benefit_config)
98 cost_benefit_diagram(cost_benefit_config, cost_benefit_data)

```

Listing 41: Python LaTex - cost\_benefit\_diagram.py - Kosten-Nutzen-Diagramm

## XIX cost\_benefit\_diagram\_plotter\_conf.yaml

```

1 startpath: "parentdir"
2 desitination_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 42: Python LaTex - cost\_benefit\_diagram\_plotter\_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Kosten-Nutzen-Diagramm

## XX pandas\_dataframe\_to\_latex\_table.py

```

1 import os
2 import pandas as pd

```

## Diplomarbeit

```
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,
22             alternative_csv_load, separator, decimal):
23     # Config Variables
24     if startpath == 'homedir':
25         directory = os.path.join(os.getcwd(), datafile_path)
26     else: # parentdir
27         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), datafile_path)
28
29     # get the Datas as direct
30     data_path = os.path.join(directory, datafile)
31
32     # load datas from csv into dict
33     detected = chardet.detect(Path(data_path).read_bytes())
34     encoding = detected.get("encoding")
35
36     # if alternative_csv_load:
37     #     with open(data_path, 'r', encoding=encoding) as file:
38     #         reader = csv.reader(file)
39     #         data = list(reader)
40
41     #         # panda_table_data = pd.DataFrame(data, columns=data[0])
42     #         # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal,
43     #         #                                     encoding=encoding, lineterminator='\n', engine='python')
44     #         # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal,
45     #         #                                     encoding=encoding, lineterminator='\n')
46     #         df_dtype = {
47     #             "Nr.": int,
48     #             "Anforderung": str,
49     #             "Beschreibung": str,
```

```

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

```

# Diplomarbeit

```
82 # return data
83     return panda_table_data
84
85
86 def create_latex_tables(panda_latex_tables_config):
87     plt_tables = panda_latex_tables_config.get('tables_inventory')
88     for table_item in plt_tables:
89         # id and filesystem informations
90         table_id = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('id')
91
92         isbigfile = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('isbigfile')
93         has_longtexts = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('has_longtexts')
94         if isbigfile or has_longtexts:
95             alternative_cvs_load = True
96         else:
97             alternative_cvs_load = False
98         startpath = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('startpath')
99         destination = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('destination_path')
100        tablefilename = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('tablefilename')
101        datafile_path = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('datafile_path')
102        datafile = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('datafile')
103        if startpath == 'homedir':
104            directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
105        else: # parentdir
106            directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
107        tablefile = os.path.join(directory, tablefilename)
108        separator = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('separator')
109        decimal = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('decimal')
110
111        # column operations
112        column_operations = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('column_operations').get('datas')
113
114        # group by / aggregation
115        groupby_values = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('group_by')
116        group_by_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('group_by_function')
117        # selected_rows = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('selected_rows')
```

```

117     get('selected_rows')
118         agg_funtion = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
119             'agg_funtion')
120             agg_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
121                 'agg_columns')
122                 # dropping and renaming columns
123                 drop_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
124                     'drop_columns')
125                     rename_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
126                         'rename_columns')
127
128                 # table filtering and sorting
129                 where_clausel = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
130                     'where_clausel')
131                     order_by = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
132                         'sorting').get('order_by')
133                         sort_acending = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
134                             'sorting').get('sort_acending')
135                             sort_inplace = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
136                                 'sorting').get('sort_inplace')
137
138                 # pivot settings
139                 pivot = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot'
140                     ')
141                     pivot_column = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
142                         'pivot_columns')
143                         pivot_value = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
144                             'pivot_values')
145
146                 # pivot_table settings
147                 pivot_table = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
148                     'pivot_table')
149                     pivot_table_column = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
150                         table_item).get('pivot_table').get(
151                             'pivot_columns')
152                             pivot_table_value = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
153                                 table_item).get('pivot_table').get(
154                                     'pivot_values')
155                                     pivot_table_agg_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
156                                         table_item).get('pivot_table').get(
157                                             'pivot_agg_func')
158                                             pivot_table_indexes = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
159                                                 table_item).get('pivot_table').get(
160                                                     'pivot_index').get('pivot_indexes')
161                                                     pivot_table_indexes_visible = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
162                                                         table_item).get('pivot_table').get(
163                                                             'pivot_index').get('pivot_indexes_visible')
164                                                             pivot_table_rename_indexes = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
165

```

```
147     table_item).get('pivot_table').get(
148         'pivot_index').get('pivot_rename_index')
149
150         # margins (subtotals)
151         margin = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
152             'margins').get('margin')
153         margin_name = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
154             'margins').get('margin_name')
155
156         # table settings
157         table_caption = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
158             get('caption')
159         table_label = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
160             'label')
161         table_style = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
162             'table_styles')
163         sparse_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
164             get('table_styles').get(
165                 'sparse_columns')
166         table_caption_position = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
167             table_item).get('table_styles').get(
168                 'props').get('caption-side')
169         table_position = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
170             get('table_styles').get('props').get(
171                 'position')
172         longtable = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
173             'table_styles').get('props').get(
174                 'longtable')
175         linebreak_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
176             get('table_styles').get('props').get(
177                 'linebreak_columns')
178         resize_textwidth = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
179             get('table_styles').get('props').get(
180                 'resize_textwidth')
181
182
183         # get the pandas (panda data)
184         panda_table_data = get_data(startpath, destination, tablefilename,
185             datafile_path, datafile, alternative_cvs_load, separator, decimal)
186
187
188         # filter by where clause
189         if where_clause:
190             panda_table_data = panda_table_data.query(where_clause)
191
192
193         # Drop unused columns
194         if drop_columns:
195             panda_table_data = panda_table_data.drop(columns=drop_columns)
196
197
198         # set aggregation functions
```

```

182     # if groupby_values and not agg_funtion and not pivot_column and not
183     # pivot_table_column:
184     if groupby_values and not (pivot_column or (pivot_table_column or
185     pivot_table_value or pivot_table_indizes)):
186         match group_by_function:
187             case 'max':
188                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
189                 as_index=False).max()
190             case 'min':
191                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
192                 as_index=False).min()
193             case 'head':
194                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
195                 as_index=False).head()
196             case 'sum':
197                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
198                 as_index=False).sum()
199             case 'mean':
200                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
201                 as_index=False).mean()
202         else:
203             panda_table_data = panda_table_data
204
205     # pivot if pivot is selected
206     if pivot_table_column or pivot_table_value or pivot_table_indizes:
207         if type(pivot_table_agg_function) is list:
208             agg_tuple = tuple(pivot_table_agg_function)
209             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=
210             pivot_table_indizes,
211                                         columns=pivot_table_column,
212                                         values=pivot_table_value,
213                                         aggfunc=agg_tuple, margins=
214                                         margin, margins_name=margin_name)
215         elif type(pivot_table_agg_function) is dict:
216             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=
217             pivot_table_indizes,
218                                         columns=pivot_table_column,
219                                         values=pivot_table_value,
220                                         aggfunc=pivot_table_agg_function,
221                                         margins=margin, margins_name=
222                                         margin_name)
223         else:
224             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=
225             pivot_table_indizes,
226                                         columns=pivot_table_column,
227                                         values=pivot_table_value,
228                                         aggfunc=pivot_table_agg_function
229             , margins=margin,
230

```

```
214                                         margins_name=margin_name)
```

```
215
216     # set column operations
217     if column_operations:
218         for column_ops in column_operations:
219             operation_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
220                 table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get(
221                 'operation_function')
222             operation_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
223                 table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get(
224                 'columns')
225             operation_axis = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
226                 table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get(
227                 'axis_number')
228             match operation_function:
229                 case 'max':
230                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
231                         operation_columns].max()
232                 case 'min':
233                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
234                         operation_columns].min()
235                 case 'head':
236                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
237                         operation_columns].head()
238                 case 'sum':
239                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
240                         operation_columns].sum(axis=operation_axis)
241                 case 'mean':
242                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
243                         operation_columns].mean()
244                 case 'diff':
245                     panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
246                         operation_columns[1]] - panda_table_data[operation_columns[0]]
247
248
249     # order by
250     if order_by:
251         panda_table_data.sort_values(by=order_by, inplace=sort_inplace,
252                                     ascending=sort_acending)
253
254     # rename columns
255     if rename_columns:
256         panda_table_data = panda_table_data.rename(columns=rename_columns)
257
258     # rename indices
259     if pivot_table_rename_indexizes:
260         panda_table_data = panda_table_data.rename_axis(index=
261             pivot_table_rename_indexizes)
```

## Diplomarbeit

```

248
249     # frame carriage return columns in subtable
250     if linebreak_columns:
251         for lbr_column in linebreak_columns:
252             panda_table_data[lbr_column] = "\\begin{tabular}[c]{@{}l@{}}" +
253             panda_table_data[lbr_column].astype(str) + "\\end{tabular}"
254
255             # convert python panda to latex table
256             latex_table = panda_table_data.to_latex(header=True, bold_rows=False,
257             longtable=longtable,
258                                         sparsify=sparse_columns, label=
259             table_label, caption=table_caption,
260                                         position=table_position, na_rep=''
261             , index=pivot_table_indexVisible)
262
263             # textwidth resize
264             if resize_textwidth:
265                 with open(tablefile, 'w') as wrlt:
266                     wrlt.write(latex_table)
267
268
269                 with open(tablefile) as file:
270                     lines = file.readlines()
271
272                     # replace table with resize
273                     resize_line_nr = 0
274                     resize_line = ""
275                     if longtable:
276                         table_type = '\\begin{longtable}'
277                     else:
278                         table_type = '\\begin{table}'
279
280                     for number, line in enumerate(lines, 1):
281                         # for number, line in latex_table.splitlines():
282                         # for number, line in latex_table.readlines():
283                         # for number, line in latex_table.splitlines('\n'):
284                         # for number, line in lines.split('\n'):
285
286                             # Condition true if the key exists in the line
287                             # If true then display the line number
288                             if table_type in line:
289                                 # print(f'{key} is at line {number}')
290                                 resize_line_nr = number
291                                 resize_line = line
292
293                                 line_table_resize = resize_line + "\n" + "\\resizebox{\\columnwidth}
294                             }{!}{%"}
295
296                                 latex_table = latex_table.replace(resize_line, line_table_resize)
297
298                                 # replace table end with bracket

```

```

291         resize_line_nr = 0
292         resize_line = ""
293         if longtable:
294             table_type = '\\end{longtable}',
295         else:
296             table_type = '\\end{table}',
297
298         for number, line in enumerate(lines, 1):
299
300             # Condition true if the key exists in the line
301             # If true then display the line number
302             if table_type in line:
303                 # print(f'{key} is at line {number}')
304                 resize_line_nr = number
305                 resize_line = line
306
307             line_table_resize = "}" + "\n" + resize_line
308             latex_table = latex_table.replace(resize_line, line_table_resize)
309
310             # caption below is not supported yet (pandas 2.2)
311             # replace caption and replace table end with the caption line and table
312             end
313             if table_caption_position == 'below':
314                 caption_label = "\\caption{" + table_caption + "}" "\\label{" +
315                 table_label + "}" "\\\""
316                 caption_label_nbr = "\\caption{" + table_caption + "}" "\\label{" +
317                 table_label + "}"
318                 caption_only = "\\caption{" + table_caption + "}" "\\\""
319                 caption_only_nbr = "\\caption{" + table_caption + "}"
320                 label_only = "\\label{" + table_label + "}" "\\\""
321                 label_only_nbr = "\\label{" + table_label + "}"
322                 latex_table = latex_table.replace(caption_label, '')
323                 latex_table = latex_table.replace(caption_only, '')
324                 latex_table = latex_table.replace(label_only, '')
325                 latex_table = latex_table.replace(caption_label_nbr, '')
326                 latex_table = latex_table.replace(caption_only_nbr, '')
327                 latex_table = latex_table.replace(label_only_nbr, '')
328
329             if longtable:
330                 table_string = '\\end{longtable}',
331                 new_caption = caption_label_nbr + "\n" + table_string
332                 latex_table = latex_table.replace(table_string, new_caption)
333             else:
334                 table_string = '\\end{table}',
335                 new_caption = caption_label_nbr + "\n" + table_string
336                 latex_table = latex_table.replace(table_string, new_caption)

```

```

336     # write latex table to filesystem
337     with open(tablefile, 'w') as wrlt:
338         wrlt.write(latex_table)
339
340
341 # run the methods / functions
342 panda_latex_tables_config = load_configuration('csv_to_latex_diplomarbeit.yaml')
343 create_latex_tables(panda_latex_tables_config)

```

Listing 43: Python LaTex - pandas\_dataframe\_to\_latex\_table.py CSV - LaTex Tabelle

## XXI 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     tablefilename: "db_inventory.tex"
31     decimal_format:
32     group_by:
33     group_by_function:
34     agg_funtion:

```

## Diplomarbeit

```
35 agg_columns:
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_clause:
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"
```

## Diplomarbeit

```
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_columns:
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:
```

## Diplomarbeit

```
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_acending: 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 üaufgeschlüsselt"  
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"
```

## Diplomarbeit

```
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_indizes:  
204 - "os"  
205 - "rdbms"  
206 pivot_indizes_visible: True  
207 pivot_rename_indizes:  
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 sort_acending: False
```

## Diplomarbeit

```
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:
```

## Diplomarbeit

```
275     pivot_values:  
276     pivot_agg_func:  
277     rename_columns:  
278     where_clause:  
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_columns:  
316         drop_columns:  
317             - "Hide"  
318             - "Geplante Dauer [h]"  
319             - "dauer_summe"  
320         column_operations:  
321             datas:  
322             operations:
```

## Diplomarbeit

```
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_clause: "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"
```

## Diplomarbeit

```
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_columns:
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_indizes_visible:
410     pivot_rename_indizes:
411   pivot_columns:
412   pivot_values:
413   pivot_agg_func:
414   rename_columns:
415     dauer_summe: "Verbleibende Zeit [h]"
416   where_clausel:
417   sorting:
418     order_by:
```

## Diplomarbeit

```
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_funtion:
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:
```

## Diplomarbeit

```
467     pivot_indexVisible: False
468     pivot_rename_indexes:
469     pivot_columns:
470     pivot_values:
471     pivot_agg_func:
472     rename_columns:
473     where_clause:
474     sorting:
475     order_by:
476         - "Server"
477         - "Typ"
478     sort_acending: 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: "ÄAbhngigkeiten"
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_columns:
511     drop_columns:
512     column_operations:
513     datas:
514     operations:
```

# Diplomarbeit

```
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     - "äAbhangigkeit"  
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"
```

## Diplomarbeit

```
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"
```

## Diplomarbeit

```
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_columns:
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_clause1: "hide_state == 2"
651 sorting:
652   order_by:
653   - "Nr."
654   sort_acending: True
655   sort_inplace: True
656 margins:
657   margin: False
658   margin_name:
```

## Diplomarbeit

```
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_columns:
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_indizes_visible: False
702   pivot_rename_indizes:
703   pivot_columns:
704   pivot_values:
705   pivot_agg_func:
706   rename_columns:
```

# Diplomarbeit

```
707 where_clause:
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_columns:
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:
```

## Diplomarbeit

```
755 pivot_values:  
756 pivot_table:  
757 pivot_index:  
758 pivot_indexes_visible: False  
759 pivot_rename_indexes:  
760 pivot_columns:  
761 pivot_values:  
762 pivot_agg_func:  
763 rename_columns:  
764 where_clause:  
765 sorting:  
766 order_by:  
767 sort_acending: 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: "Fachgespräche"  
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_columns:  
800 drop_columns:  
801 - "Fragen"  
802 - "Antworten"
```

## Diplomarbeit

```
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_clause1:
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"
```

## Diplomarbeit

```
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_funtion:
860 agg_colums:
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_clausel:
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"
```

## Diplomarbeit

```
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_funtion:
921     agg_colums:
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_indizes_visible: False
936     pivot_rename_indizes:
937     pivot_columns:
938     pivot_values:
939     pivot_agg_func:
940     rename_columns:
941     where_clause1:
942     sorting:
943     order_by:
944     sort_acending: True
945     sort_inplace: True
946     margins:
```

## Diplomarbeit

```

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

## XXII 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,
13                             panda_diagram_plotter_conf_filename)
14
15     with open(yaml_path, "r") as file:
16         panda_diagram_plotter_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
17
18     return panda_diagram_plotter_config
19
20 def get_data(startpath, destination, tablefilename, datafile_path, datafile,
21             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

```

# Diplomarbeit

```
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
33     print(datafile, ':", encoding)
34     panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal,
35     encoding=encoding)
36     # return data
37     return panda_table_data
38
39 def create_panda_diagram_plotter(panda_diagram_plotter_config):
40     pdp_tables = panda_diagram_plotter_config.get('diagram_inventory')
41     for table_item in pdp_tables:
42         print(table_item)
43         startpath = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
44         table_item).get('startpath')
45         destination = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
46         table_item).get('destination_path')
47         imagename = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
48         table_item).get('imagename')
49         datafile_path = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
50         table_item).get('datafile_path')
51         datafile = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
52         table_item).get('datafile')
53         if startpath == 'homendir':
54             directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
55         else: # parentdir
56             directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
57         image_path = os.path.join(directory, imagename)
58         separator = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
59         table_item).get('separator')
60         decimal = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
61         table_item).get('decimal')
62
63         # column operations
64         column_operations = panda_diagram_plotter_config.get(
65             'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get('datas')
66
67         # group by / aggregation
68         groupby_values = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
69         get(table_item).get('group_by')
70         group_by_function = panda_diagram_plotter_config.get(
71             'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('group_by_function')
72
73         agg_funtion = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
74         get(table_item).get('agg_funtion')
75         agg_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
76             'panda_diagram_plotter').get(
77                 'group_by').get('group_by_function')
```

```

63     (table_item).get('agg_columns')
64         # dropping and renaming columns
65         drop_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
66     get(table_item).get('drop_columns')
67         rename_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter')
68     .get(table_item).get('rename_columns')

69
70     # table filtering and sorting
71     where_clausel = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
72     get(table_item).get('where_clausel')
73     order_by = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
74     table_item).get('sorting').get('order_by')
75     sort_acending = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
76     get(table_item).get('sorting').get('sort_acending')
77     sort_inplace = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
78     get(table_item).get('sorting').get('sort_inplace')

79     # pivot settings
80     pivot = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
81     table_item).get('pivot')
82     pivot_column = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
83     get(table_item).get('pivot_columns')
84     pivot_value = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
85     get(table_item).get('pivot_values')

86     # pivot_table settings
87     pivot_table = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
88     get(table_item).get('pivot_table')
89     pivot_table_column = panda_diagram_plotter_config.get(
90         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
91             'pivot_columns')
92     pivot_table_value = panda_diagram_plotter_config.get(
93         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
94             'pivot_values')
95     pivot_table_agg_function = panda_diagram_plotter_config.get(
96         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
97             'pivot_agg_func')
98     pivot_table_indizes = panda_diagram_plotter_config.get(
99         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
100            'pivot_index').get('pivot_indizes')
101     pivot_table_indizes_visible = panda_diagram_plotter_config.get(
102         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
103            'pivot_index').get('pivot_indizes_visible')
104     pivot_table_rename_indizes = panda_diagram_plotter_config.get(
105         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
106            'pivot_index').get('pivot_rename_indizes')

107     # margins (subtotals)

```

```

94     margin = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
95         table_item).get('margins').get('margin')
96     margin_name = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
97     get(table_item).get('margins').get('margin_name')
98
99     # chart settings
100    chart = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
101        table_item).get('chart-kind')
102    title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
103        table_item).get('title')
104    x_axis_title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
105    get(table_item).get('x-axis-title')
106    y_axis_title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
107    get(table_item).get('y-axis-title')
108    x_axis_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
109    get(table_item).get('x-axis-columns')
110    y_axis_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
111    get(table_item).get('y-axis-columns')
112    index = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
113        table_item).get('chart-index')
114
115    # chart styles
116    grid = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
117        table_item).get('chart-designs').get('grid')
118    legend = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
119        table_item).get('chart-designs').get('legend')
120    rot = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
121        table_item).get('chart-designs').get('rot')
122    fontsize = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
123        table_item).get('chart-designs').get('fontsize')
124    figsize = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
125        table_item).get('chart-designs').get('figsize')
126    stacked = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
127        table_item).get('chart-designs').get('stacked')
128    secondary_y = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
129    get(table_item).get('chart-designs').get('secondary_y')
130    stylelist = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
131        table_item).get('chart-designs').get('stylelist')
132    subplots = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
133        table_item).get('chart-designs').get('subplots')
134    autopct = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
135        table_item).get('chart-designs').get('autopct')
136    loc = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
137        table_item).get('chart-designs').get('loc')
138    bbox_to_anchor = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
139    get(table_item).get('chart-designs').get('bbox_to_anchor')
140
141    # get the pandas (panda data)

```

# Diplomarbeit

```
157                                         columns=pivot_table_column,
158                                         values=pivot_table_value,
159                                         margins=margin, margins_name=
160                                         margin_name)
161                                         else:
162                                             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=
163                                         pivot_table_indexes,
164                                         columns=pivot_table_column,
165                                         values=pivot_table_value,
166                                         aggfunc=pivot_table_agg_function
167                                         , margins=margin,
168                                         margins_name=margin_name)
169
170                                         # set column operations
171                                         if column_operations:
172                                             for column_ops in column_operations:
173                                                 operation_function = panda_diagram_plotter_config.get(
174                                         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get(
175                                         'operations').get(column_ops).get('operation_function')
176                                                 operation_columns = panda_diagram_plotter_config.get(
177                                         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get(
178                                         'operations').get(column_ops).get('columns')
179                                                 operation_axis = panda_diagram_plotter_config.get(
180                                         'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get(
181                                         'operations').get(column_ops).get('axis_number')
182                                                 match operation_function:
183                                                     case 'max':
184                                                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
185                                         operation_columns].max()
186                                                     case 'min':
187                                                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
188                                         operation_columns].min()
189                                                     case 'head':
190                                                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
191                                         operation_columns].head()
192                                                     case 'sum':
193                                                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
194                                         operation_columns].sum(axis=operation_axis)
195                                                     case 'mean':
196                                                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
197                                         operation_columns].mean()
198                                                     case 'diff':
199                                                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
200                                         operation_columns[1]] - panda_table_data[operation_columns[0]]
201
202                                         # order by
```

## Diplomarbeit

```
188     if order_by:
189         panda_table_data.sort_values(by=order_by, inplace=sort_inplace,
190                                     ascending=sort_acending)
191
192     # rename columns
193     if rename_columns:
194         panda_table_data = panda_table_data.rename(columns=rename_columns)
195
196     # set indices
197     if index:
198         index_values = panda_table_data.get(index)
199         #panda_table_data.set_index(index_values)
200         panda_table_data = panda_table_data.set_index(index)
201
202     # rename indices
203     if pivot_table_rename_indizes:
204         panda_table_data = panda_table_data.rename_axis(index=
205             pivot_table_rename_indizes)
206
207     # Plotter
208     # Plotter Process starts here!
209     if autopct:
210         panda_chart_plot = panda_table_data.plot(kind=chart, title=title, y=
211             y_axis_columns, x=x_axis_columns, xlabel=x_axis_title,
212                                         ylabel=y_axis_title, grid=grid,
213                                         stacked=stacked, legend=legend,
214                                         secondary_y=secondary_y, subplots
215                                         =subplots, rot=rot, fontsize=fontsize,
216                                         figsize=figsize, autopct=autopct)
217
218     else:
219         panda_chart_plot = panda_table_data.plot(kind=chart, title=title, y=
220             y_axis_columns, x=x_axis_columns, xlabel=x_axis_title,
221                                         ylabel=y_axis_title, grid=grid,
222                                         stacked=stacked, legend=legend,
223                                         secondary_y=secondary_y, subplots
224                                         =subplots, rot=rot, fontsize=fontsize,
225                                         figsize=figsize)
226
227
228     match chart:
229         case 'pie':
230             panda_chart_plot[0].legend(loc=loc, bbox_to_anchor=bbox_to_anchor)
231             plt = panda_chart_plot[0].get_figure()
232             plt.savefig(image_path, bbox_inches='tight')
233         case _:
234             plt = panda_chart_plot.get_figure()
235             plt.savefig(image_path, bbox_inches='tight')
```

```

228     return "blade_runner"
229 panda_diagram_plotter_config = load_configuration('pandas_data_chart_plotter_conf.
230                                         yaml')
231 create_panda_diagram_plotter(panda_diagram_plotter_config)

```

Listing 45: Python LaTex - pandas\_data\_chart\_plotter.py CSV - Diagramm

### XXIII 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:

```

## Diplomarbeit

```
39 group_by_function:
40 agg_function:
41 agg_columns:
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:
```

## Diplomarbeit

```
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_function:
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_clausel:
133    sorting:
134    order_by:
```

## Diplomarbeit

```
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_funtion:
176             agg_columns:
177                 - "os"
178             drop_columns:
179                 - "server"
180                 - "version"
181                 - "releasedate"
182                 - "eol"
```

## Diplomarbeit

```
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_indizes:
200                 - "os"
201                 - "rdbms"
202             pivot_indizes_visible: True
203             pivot_rename_indizes:
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_clause:
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"
229                 props:
230                     caption-side: "below"
```

## Diplomarbeit

```
231     position: "H"
232     sparse_columns: True
233     longtable: True
234     resize_textwidth: False
235     linebreak_columns:
236     table_header: True
```

Listing 46: Python LaTeX - pandas\_data\_chart\_plotter\_conf.yaml - Konfigurationsdatei - CSV - Diagramme