



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

1 Einleitung	1
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
2 Projektmanagement	21
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
3 Umsetzung	33
3.1 Evaluation	33
3.1.1 Exkurs Architektur	33
3.1.2 Erheben und Gewichten der Anforderungen	39
3.1.3 Testziele erarbeiten	44
3.1.4 PostgreSQL Benchmarking	46
3.1.5 Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen	52
3.1.6 Vorauswahl	75
3.1.7 Installation verschiedener Lösungen	75
3.1.8 Testing Evaluationssysteme	83
3.1.9 Gegenüberstellung der Lösungen	83
3.1.10 Entscheid	92
3.2 Aufbau und Implementation Testsystem	92
3.2.1 Bereitstellen der Grundinfrastruktur	92
3.2.2 Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	92

Diplomarbeit

3.2.3	Technical Review der Umgebung	92
3.3	Testing	92
3.3.1	Testing	92
3.3.2	Protokollierung	92
3.3.3	Review und Auswertung	93
3.4	Troubleshooting und Lösungsfindung	93
4	Resultate	94
4.1	Zielüberprüfung	94
4.2	Schlussfolgerung	94
4.3	Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten	94
4.4	Persönliches Fazit	94
Abbildungsverzeichnis		95
Tabellenverzeichnis		98
Listings		99
Literatur		101
Abkürzungen		107
Glossar		109
Anhang		i
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	Evaluationssysteme - Installation	xxii
VI.I	rke2	xxii
VI.II	yugabyteDB	xxviii
VI.III	Stackgres mit Citus	xli
VI.IV	sk9016 - yugabyteDB	xlii

Diplomarbeit

VI.V	Patroni	xliii
VII	Exkurs Architekturen - Umsysteme und Prinzipien	xlv
VII.I	Raft-Konsensus	xlv
VII.II	local-path-provisioner	xlv
VIII	Python Utils	xlv
VIII.I	zotero.py	xlv
VIII.II	zotero_bibtex_configuration.yaml	li
VIII.III	zotero_biblatex_keystore.yaml	li
VIII.IV	riskmatrix.py	lviii
VIII.V	riskmatrix_plotter_conf.yaml	lxii
VIII.VI	riskmatrix_xy_axis_tuple_matrix.yaml	lxvi
VIII.VII	cost_benefit_diagram.py	lxvii
VIII.VIII	cost_benefit_diagram_plotter_conf.yaml	lxix
VIII.IX	pandas_dataframe_to_latex_table.py	lxx
VIII.X	csv_to_latex_diplomarbeit.yaml	lxxix
VIII.XI	pandas_data_chart_plotter.py	xcix
VIII.XII	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

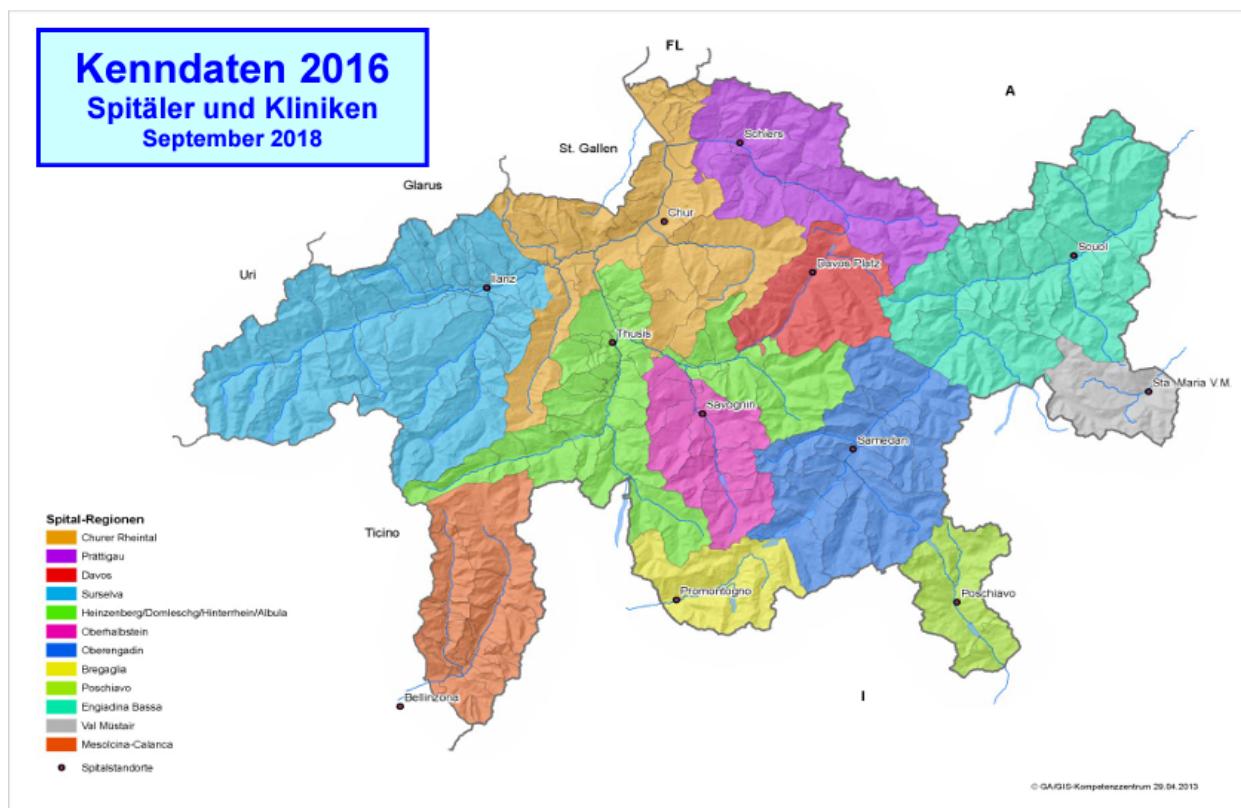


Abbildung 1.1: Spitalregionen Kanton Graubünden[53]

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.

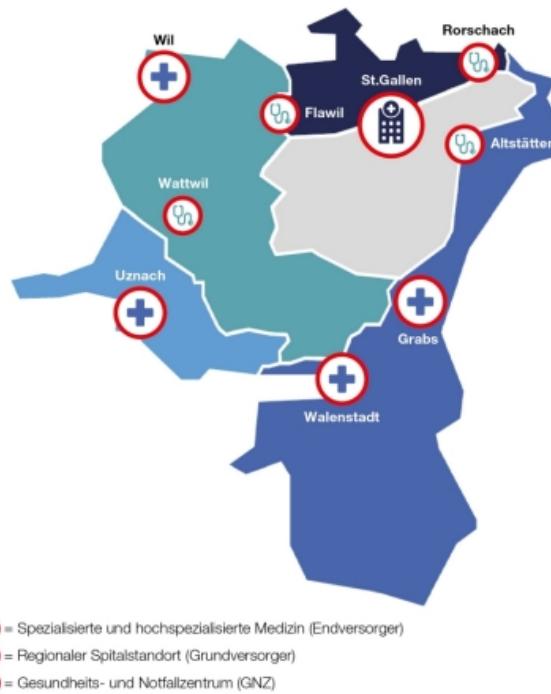


Abbildung 1.3: Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[47]

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

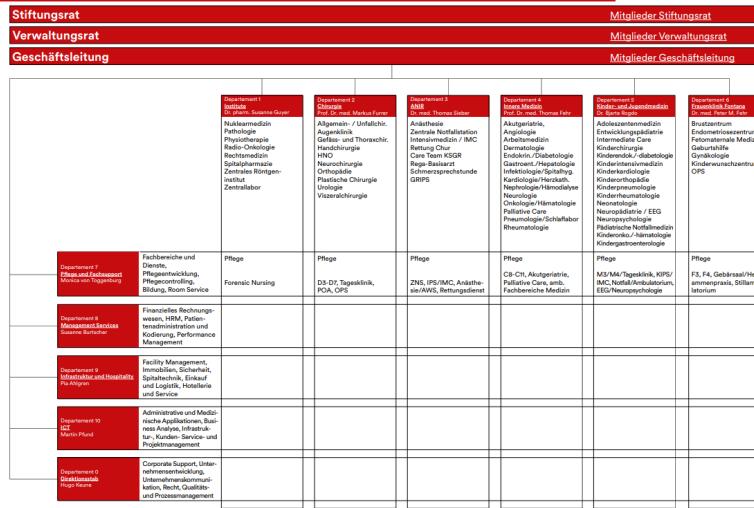
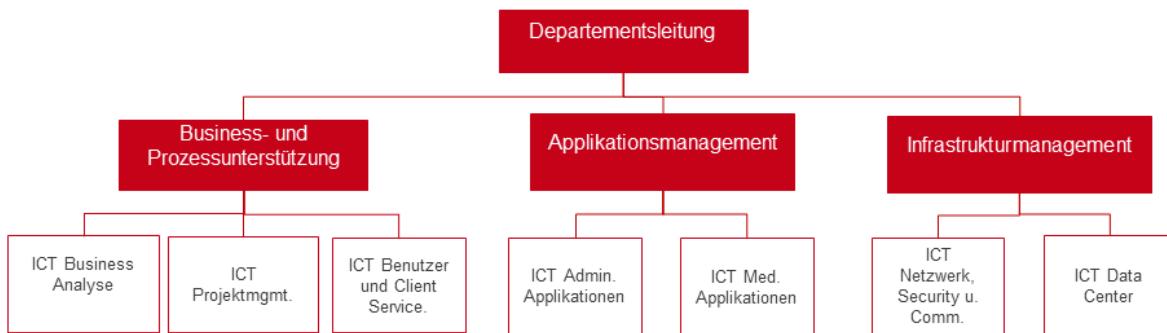


Abbildung 1.4: Organigramm Kantonsspital Graubünden

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

Diplomarbeit

1.1.4 Ausgangslage

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

Basierend auf der Liste *DB-Engines Ranking*[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:

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

Tabelle 1.1: Inventarisierte Datenbanksysteme

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

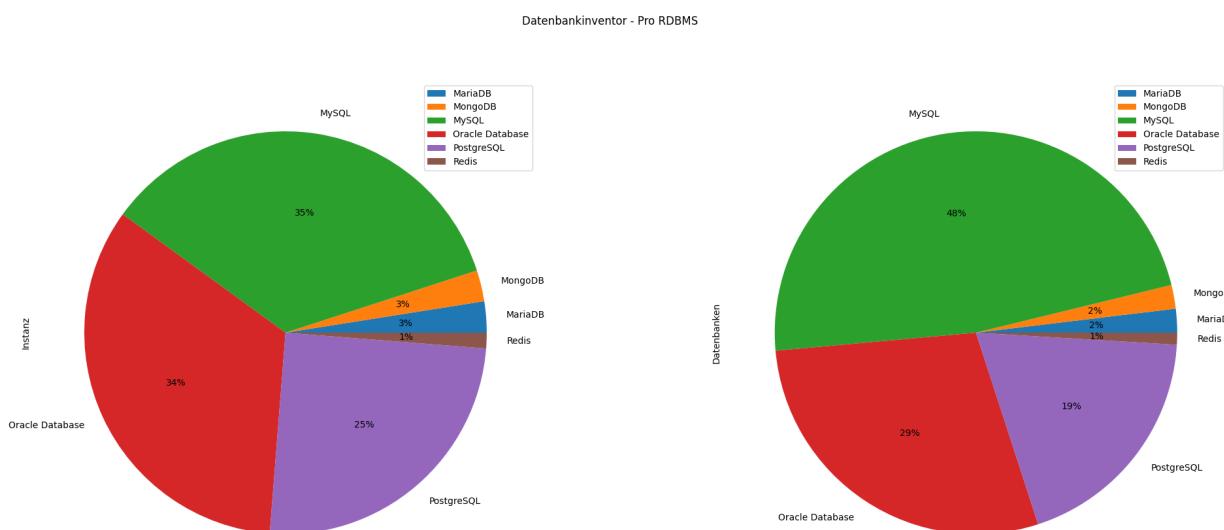


Abbildung 1.6: Datenbanken - Aufgeschlüsselt nach RDBMS

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

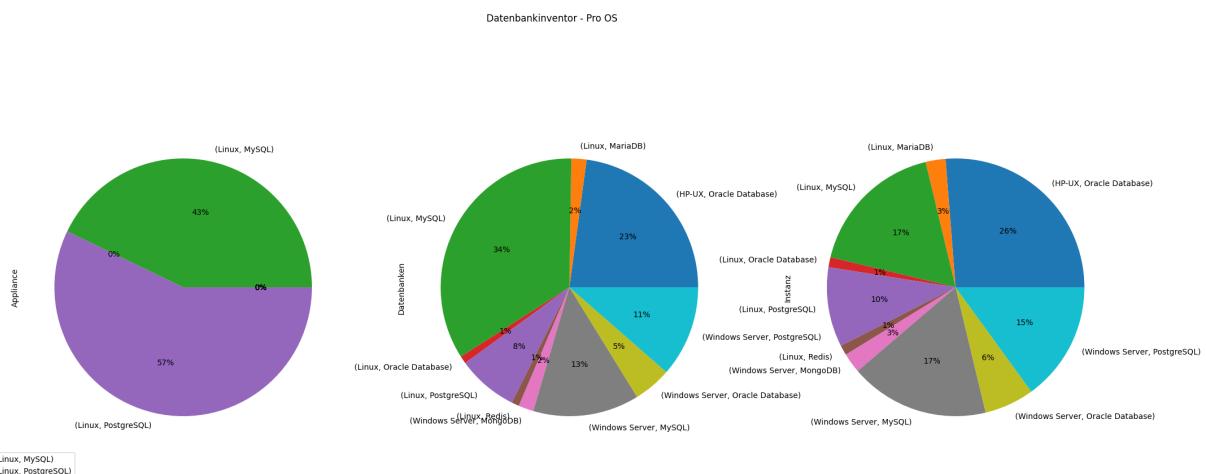


Abbildung 1.7: Datenbanken - Aufgeschlüsselt nach Betriebssystem

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

Identifikation			Beschreibung / Ursache	Auswirkung	Abschätzung	Behandlung		
ID	Schlüssel	Fehlerz.	Risiko		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 Benutzersysteme sind sehr alt und sehr lange im Einsatz. Einige dieser Systeme sind so alt, dass keine Hotfixes, Patches und Upgrades mehr erhältlich sind. Hierdurch entsteht das Risiko, das System Fehlfunktionen erleidet.	Die Auswirkungen reichen von einer Fehlfunktion des Systems bis hin zum vollständigen Verlust der integrität der Daten.	2	4	Ja
2	A	Gu.25	Ausfall von Geräten oder Systemen	Allerdings verursachen Datenbanksysteme die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten.	Sofern keine HA-Architektur aufgebaut wurde, ist die Verfügbarkeit ernsthaft gefährdet resp. die Applikation steht nicht mehr zur Verfügung.	4	4	Ja
3	C, I, A	Gu.26	Fehlfunktion von Geräten oder Systemen	Manche Datenbanken nur durch Benutzersysteme 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.	Fehlfunktionen können innerhalb von Datenbanksystemen die Datenbasis schädigen, Daten können verloren gehen oder ungewollt von Daten und unveränderten Personen eingesieben werden.	2	4	Ja
4	C, I, A	Gu.27-1	Ressourcenmangel (personelle Ressourcen)	Zu gross ist das für eine bedarfsgerechte Administration erreichbar werden kann. Dadurch haben Fehler länger unbekannt, Hotfixes, Patches, Upgrades und Upgrades.	Die Auswirkungen können variablen sein, abhängig davon welcher Aspekt des Ressourcenmangels ledet.	3	3	Ja
5	A	Gu.27-2	Ressourcenmangel (technische Ressourcen)	Kann auftreten wenn Ressourcenverbrauch zu spät bemerkt wird. So kann die CPU Usage oder das Memory Usage schwer anzuwaschen, können nicht oder nicht zur richtigen Zeit eingesiebt werden.	Grundsätzlich wird aber sowohl die Verfügbarkeit, Integrität und Verfügbarkeit gefährdet.	2	2	Ja
6	C, I, A	Gu.31	Fehlerhafte Nutzung oder Administration von Geräten und Systemen	Durch die Verlall an Datenbankversionen und Betriebssystemen und Plattformen wird auf diese unzureichend Ressourcen der Endnutzer benötigt.	Wenn die CPU- und Memory-Usage über einen gewissen Schwelwert geht, fängt der Betriebssystem an zu Priorisieren. Des wird primär der Endnutzer in Form von Performance Einbußen betroffen.	2	2	Ja
7	C, I, A	Gu.32	Missbrauch von Berechtigungen	Doch die folgen bleiben nicht selbst trotz Überwachbar. Abhängig davon, welche Fehler gemacht wurden können die Auswirkungen auch stark variieren. Sie reichen von fehlender Verschlüsselung bis hin zu nicht vorhandenem Backup mit nicht mehr gesicherter Wiederherstellbarkeit von Systemen.	Im schlimmsten Fall steht eine Anwendung nicht mehr zur Verfügung.	4	3	Ja
8	A, I	Gu.45	Datenverlust	Gefährdet sind Storage Overflows, besonders wenn die Datenbank nicht mehr alle Informationen schreiben konnte, die sie für einen korrekten Nutzaufl benötigte.	Daraus erschließt sich das auch bei diesem Risiko die Vermutlichkeit, dass die folgen bleiben nicht selbst trotz Überwachbar. Abhängig davon, welche Fehler gemacht wurden können die Auswirkungen auch stark variieren. Sie reichen von fehlender Verschlüsselung bis hin zu nicht vorhandenem Backup mit nicht mehr gesicherter Wiederherstellbarkeit von Systemen.	2	4	Ja

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:

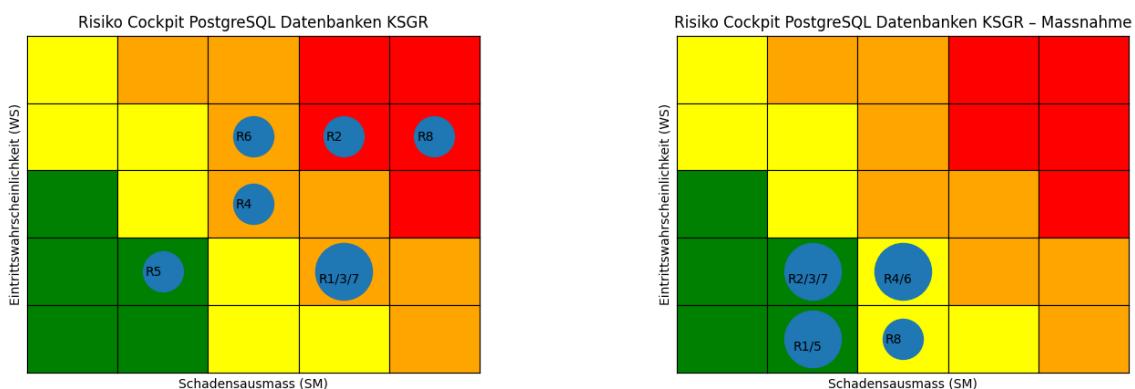


Abbildung 1.8: Risikomanagement PostgreSQL

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

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.

	Produkt	Beschreibung
Storage	HPE 3PAR 8450 SAN Storage System	
Virtualisierungsplattform	VMware® vSphere®	
Primäres Backupsystem	VEEAM Backup System	
Provisioning / lifecycle management system	Foreman	Ist zurzeit nur für Linux angedacht
Primäre Linux Distribution	Debian	
	Rocky Linux	
Sekundäre Linux Distributionen	Oracle Linux	RedHat Enterprise Linux (RedHat Enterprise Linux (RHEL)), Rocky Linux oder Oracle Linux wird nur eingesetzt, wenn es nicht anders möglich ist
	RedHat Enterprise Linux (RedHat Enterprise Linux (RHEL))	
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:

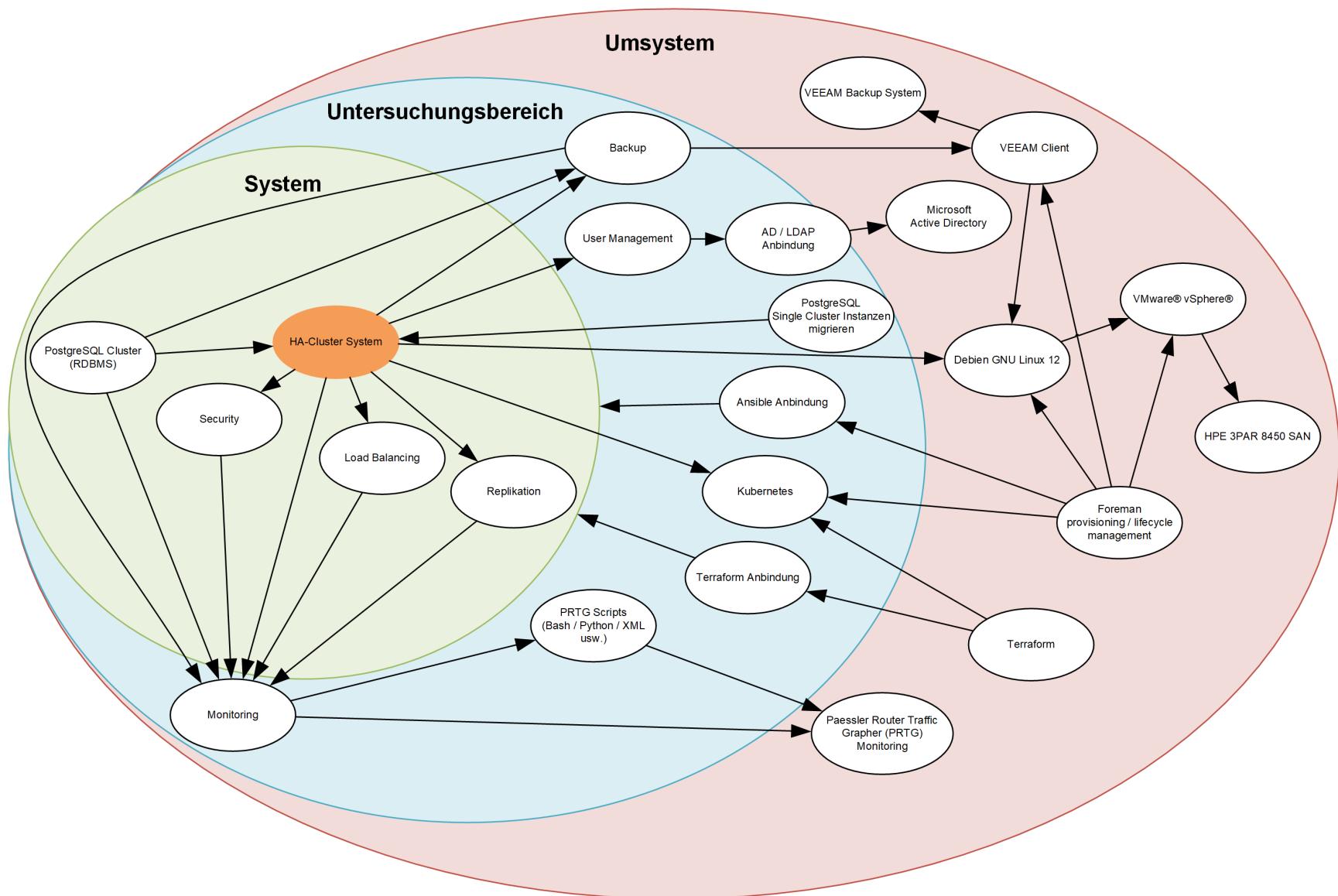


Abbildung 1.9: Systemabgrenzung

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.	4	1	Nein			
8	Foreman nicht betriebsbereit	Die Foreman Provisioning- und Lifecycle Plattform befindet sich aktuell erst in der Proof of Concept Phase. Dadurch besteht das Risiko, dass sie nicht betriebsbereit zum Start der Diplomarbeit ist	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:

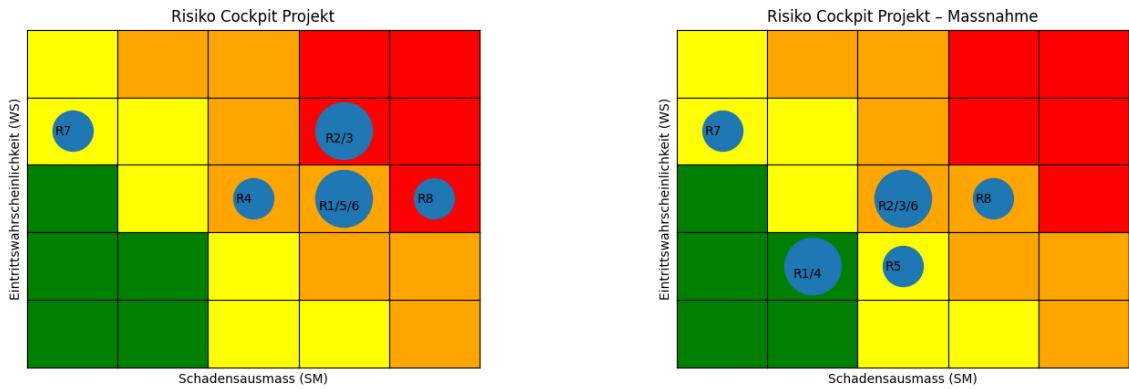


Abbildung 2.1: Risikomanagement Projekt

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

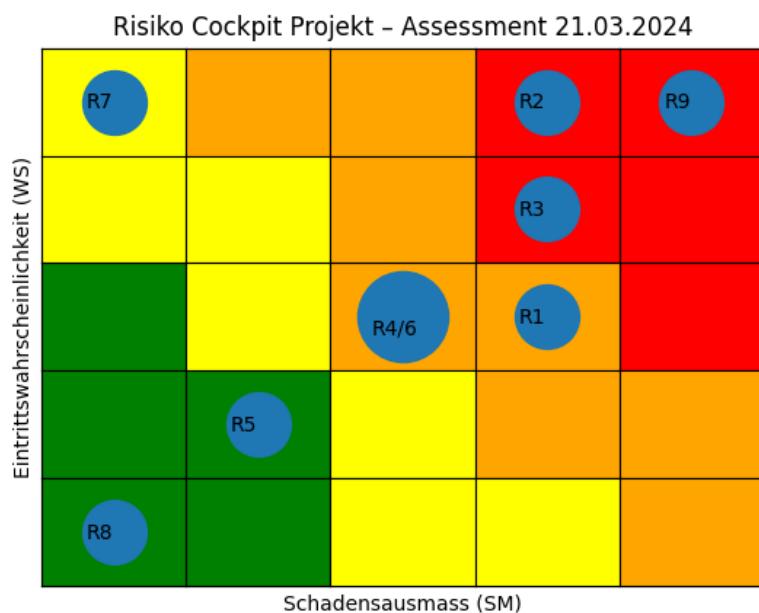


Abbildung 2.2: Riskikomatrix - Assessment 21.03.2024

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

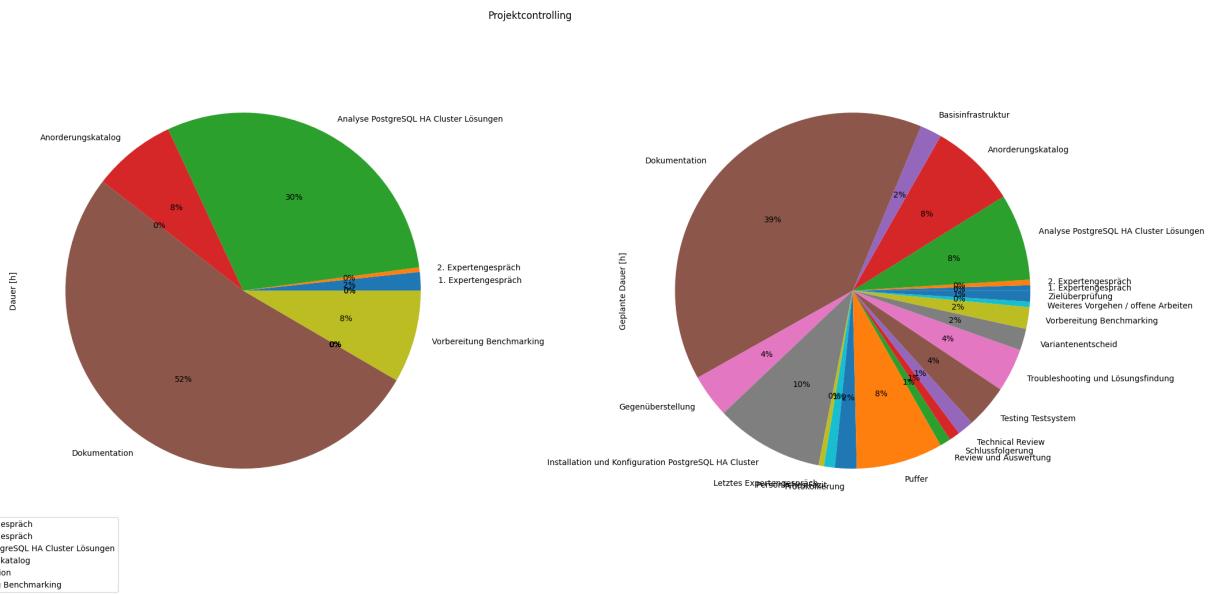
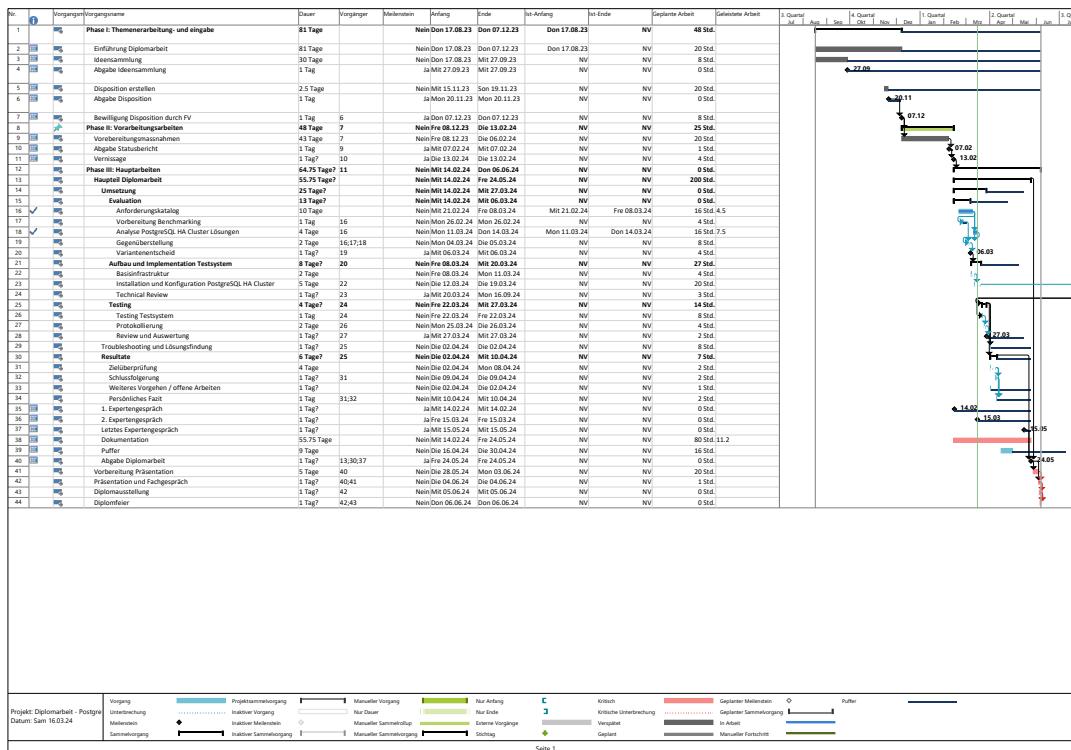


Abbildung 2.3: Projektcontrolling

2.3.2

GANTT-Diagramm



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

Diplomarbeit

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

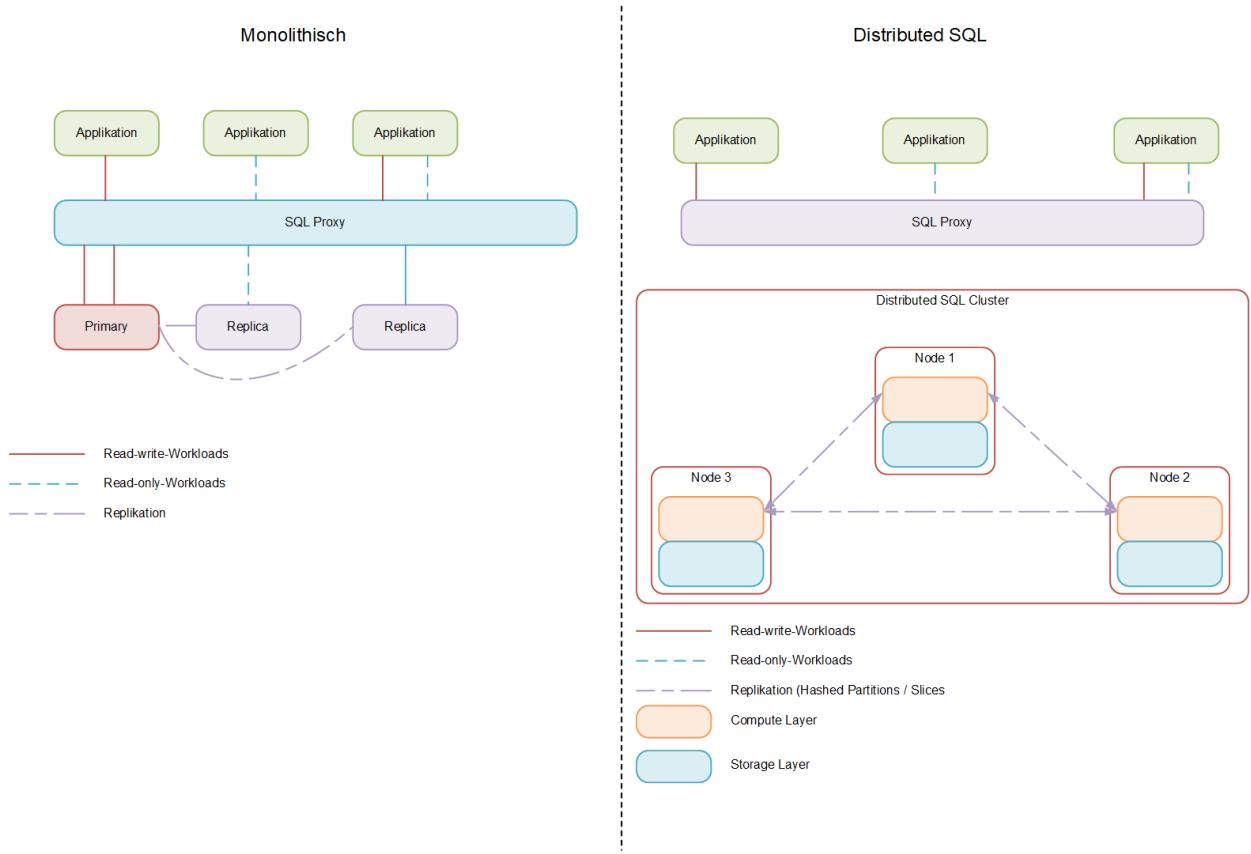


Abbildung 3.3: Monolithische vs. verteilte SQL Systeme

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 Synchroen 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

Diplomarbeit

3.1.1.5 CAP Theorem

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

Konsistenz - Consistency

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

Verfügbarkeit - Availability

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

Ausfalltoleranz / Partitionstoleranz - Partition tolerance

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

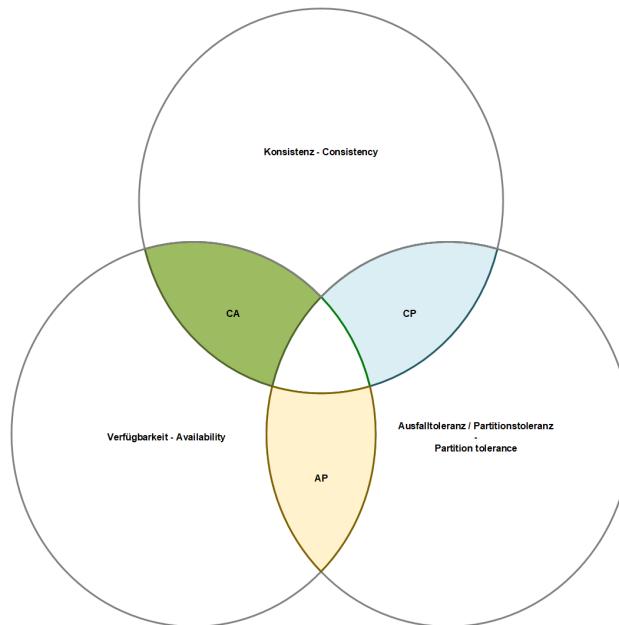


Abbildung 3.4: CAP-Theorem

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

3.1.1.6 Skalierung

Datenbanken müssen skalierbar sein. Dabei wird unterschieden zwischen einer vertikalen Skalierung (scale-up) und horizontaler Skalierung (scale-out). Bei der vertikalen Skalierung

Diplomarbeit

werden den DB-Servern mehr CPU-Cores und Memory sowie zum Teil Storage hinzugefügt, wobei der Storage in jedem Fall wachsen wird. Beim horizontalen Skalieren werden weitere DB-Nodes in den Cluster eingehängt[62]:

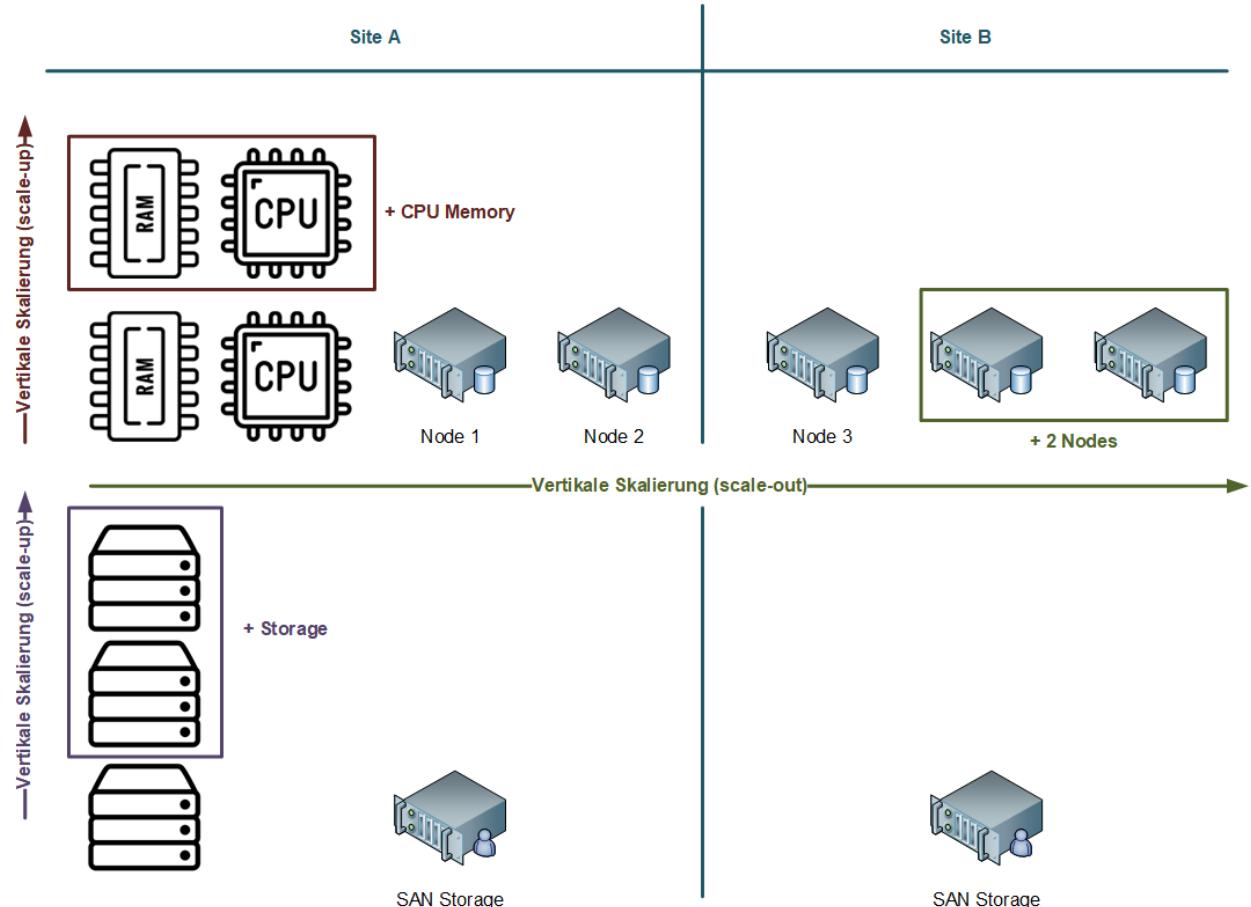


Abbildung 3.5: Datenbankskalierung

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

Diplomarbeit

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

Nr.	Anforderung	Bezeichnung	Beschreibung	System	Muss / Kann
1	Systemvielfalt		Es muss mindestens eine Monolithisches und mindestens 2 zwei Distributed SQL Cluster ermittelt werden	Beides	MUSS
2	Synergien		Skripte und APIs des Monolithisches Systems müssen auch in einem Distributed SQL System verwendet werden können	Beides	MUSS
3	Failover	Automatismus	Das Clustersystem muss bei einem Nodeausfall automatisch auf einen anderen Node umstellt	Beides	MUSS
4	Failover	Connection - Stabilität	Beim Failover dürfen bestehende Connections nicht getrennt werden oder sofort Wiederhergestellt werden	Beides	MUSS
5	Failover	Geschwindigkeit	Das umstellen auf den nächsten Node muss so schnell ausgeführt werden, das ein Disconnect mittels Client-Konfiguration (Timeout) verhindert wird.	Beides	MUSS
6	Switchover	Skript / API	Das System muss ein Skript oder eine API liefern, welche einen geordneten Switchover auf einen anderen Node erlaubt	Beides	MUSS
7	Switchover	Connection - Stabilität	Beim Switchover dürfen bestehende Connections nicht getrennt werden oder sofort Wiederhergestellt werden	Beides	MUSS
8	Switchover	Geschwindigkeit	Das umstellen auf den nächsten Node muss so schnell ausgeführt werden, das ein Disconnect mittels Client-Konfiguration (Timeout) verhindert wird.	Beides	MUSS
9	Restore	Skript / API	Das Clustersystem muss ein Skript oder eine API liefern, welche das einfache und ggf. automatisierte 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
			Das Clustersystem muss Skripte oder eine API liefern, mit dem das System zu konfigurieren, verwalten oder überwachen zu können.	Beides	MUSS
21	Management-API	Management-API vorhanden	Zudem müssen mit geringen Arbeitsaufwand damit Nodes hinzugefügt oder entfernt werden können	Beides	MUSS
22	Management-API	Authentifizierung & Autorisierung	Es müssen gängige Standards für Authentifizierung und Autorisierung mitgebracht werden	Beides	MUSS
23	Management-API	Aufwand	Der Aufwand, der benötigt wird um die DB zu verwalten,	Beides	MUSS
			Nodes hinzuzufügen oder zu entfernen usw. muss gegeneinander verglichen werden.	Beides	MUSS
24	Backup	Backup mit PostgreSQL Standards	Backups müssen mittels PostgreSQL Standards angezogen werden	Beides	MUSS
25	Backup	Restore mit PostgreSQL Standards	Backups müssen mittels PostgreSQL Standards restored werden können	Beides	MUSS
26	Housekeeping - Log Rotation		Das Clustersystem muss die möglichkeit zur Log Rotation bieten	Beides	MUSS
27	Self Healing		Das Clustersystem muss im Fehlerfall Nodes selber wiederherstellen können	Beides	KANN
28	Monitoring - Node Failure		Läuft ein Node auf einen Fehler, muss das Clustersystem dies erkennen und Melden resp.	Beides	MUSS
			eine Schnittstelle liefern die abgefragt werden kann	Beides	MUSS
			Da die meisten PostgreSQL HA Lösungen Open-Source sind,	Beides	MUSS
			muss sichergestellt werden,	Beides	MUSS
			das die gewählte Lösung auch aktiv gepflegt wird.	Beides	MUSS
			Als Basis dienen hier Informationen wie z.B. GitHub Insights.	Beides	MUSS
30	Performance	tps - Read-Only	Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DQL Transaktionen	Beides	MUSS
31	Performance	tps - Read-Writes	Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DML Transaktionen	Beides	MUSS
32	Performance	Ø Latenz - Read-Only	Die Latenzzeit bei DQL Transaktionen	Beides	MUSS
33	Performance	Ø Latenz - Read-Write	Die Latenzzeit bei DML Transaktionen	Beides	MUSS

Tabelle 3.2: 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:

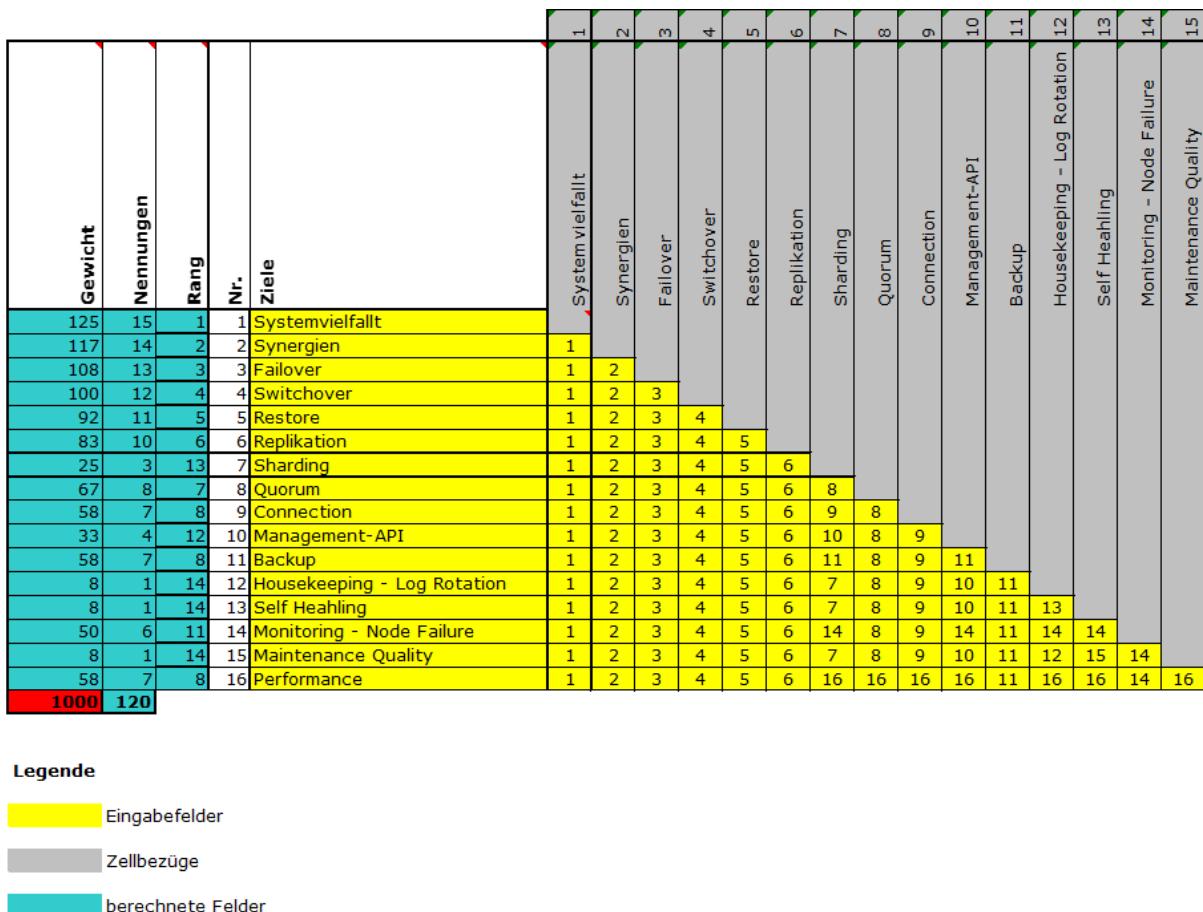


Abbildung 3.6: Präferenzmatrix

3.1.3 Testziele erarbeiten

3.1.3.1 Evaluation - Testfälle

3.1.3.1.1 Patroni

Failover

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

Switchover

- Mit der REST-API wird der Switchover auf einen anderen Nod abgesetzt.
- Mit dem patronictl-Command wird der Switchover gesetzt

Diplomarbeit

6. Während dem Switchover müssen Daten via SQL eingeführt und ausgelesen werden.
7. Während dem Switchover muss mindestens eine längere Abfrage gestartet werden.

Restore

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

3.1.3.1.2 StackGres - Citus

Failover

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

Sharding

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

Self Healing

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

Diplomarbeit

3.1.3.1.3 YugabyteDB

Failover

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

Sharding

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

Self Healing

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

3.1.4 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:

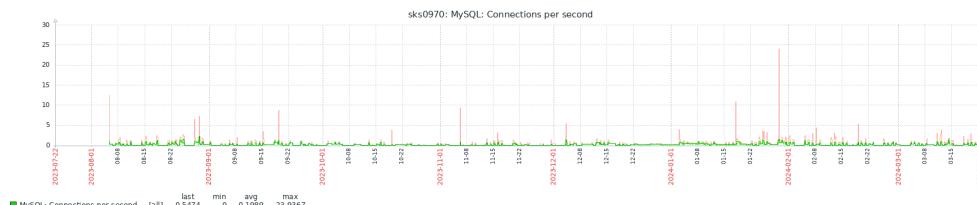


Abbildung 3.8: Benchmark Settings - Zabbix - Connections per Seconds

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

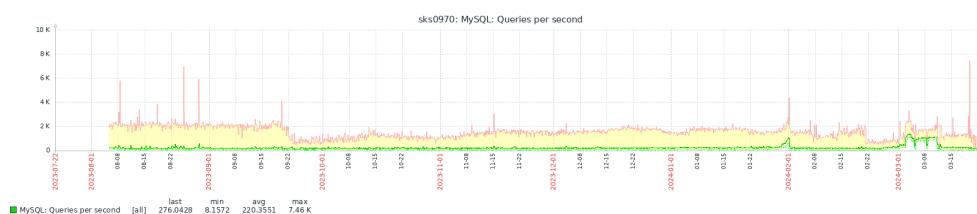


Abbildung 3.9: Benchmark Settings - Zabbix - Queries per Seconds

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

Diplomarbeit

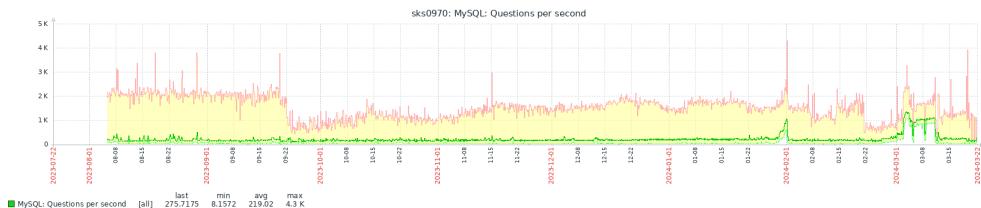


Abbildung 3.10: Benchmark Settings - Zabbix - Client Queries per Seconds

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

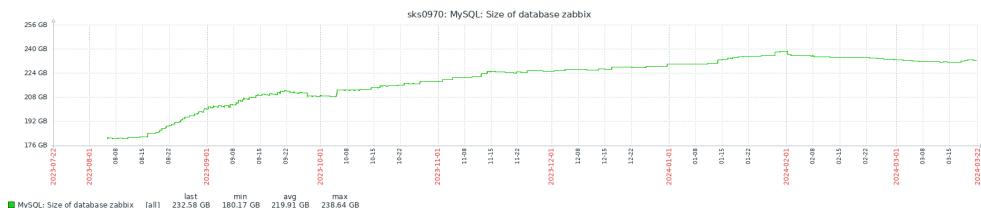


Abbildung 3.11: Benchmark Settings - Zabbix - DB Size

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	15GiB	50GiB	250GiB	
dql	1. Iteration Lauf ignorieren	ja	ja	ja	ja	
dql	Select only	-S	ja	ja	ja	ja
dql	Iterationen pro Lauf		4	4	4	4
dql	Vacuum	-v	ja	ja	ja	ja
dql	Separate Connects	-C	ja	ja	ja	ja
dql	Client count	-c	10	50	100	1000
dql	Anzahl Transaktionen pro Client	-t	10	50	50	7
dql	Anzahl Worker Threads	-j	4	4	4	4

Tabelle 3.5: Benchmark Settings - DQL Transaktionen

Bei pgbench kann nicht einfach die größe angegeben werden.

Es muss der Skalierungsfaktor angepasst werden.

Dieser legt allerdings fest, wie viele Daten gespeichert werden.

Wird eine 1 eingeben, so werden 100'000 Records angelegt.

Um nun auf eine gewisse größe zu kommen, gibt es verschiedene Formeln.

Die als beste stellte sich folgende heraus[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:

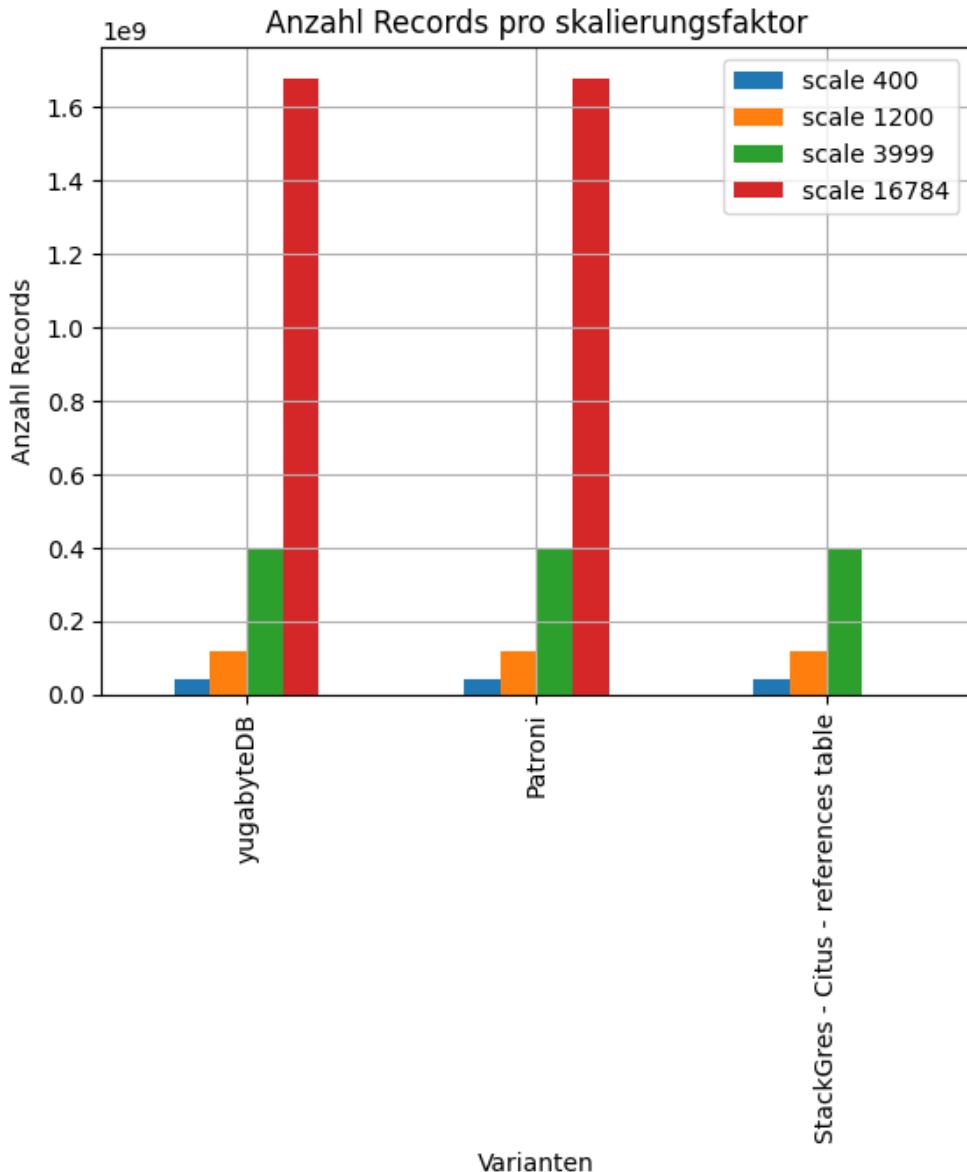


Abbildung 3.12: Benchmark Settings - Anzahl Records / Skalierungsfaktor

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:

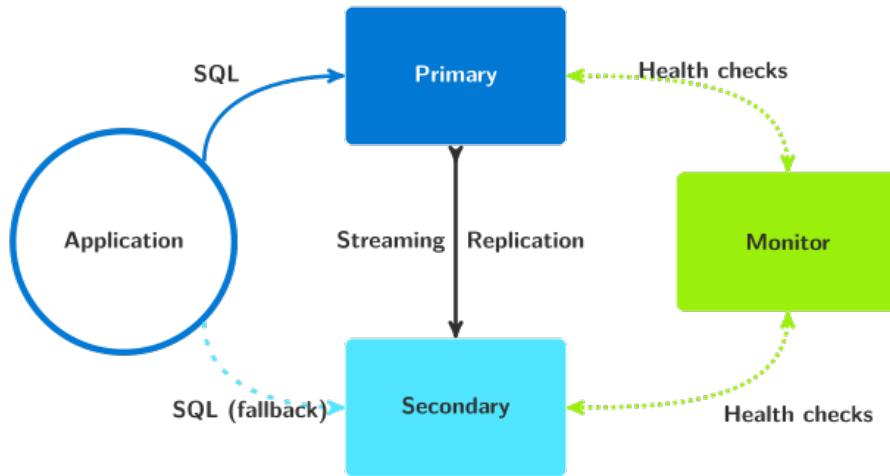


Abbildung 3.13: pg_auto_failover-Architektur - Single Standby

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

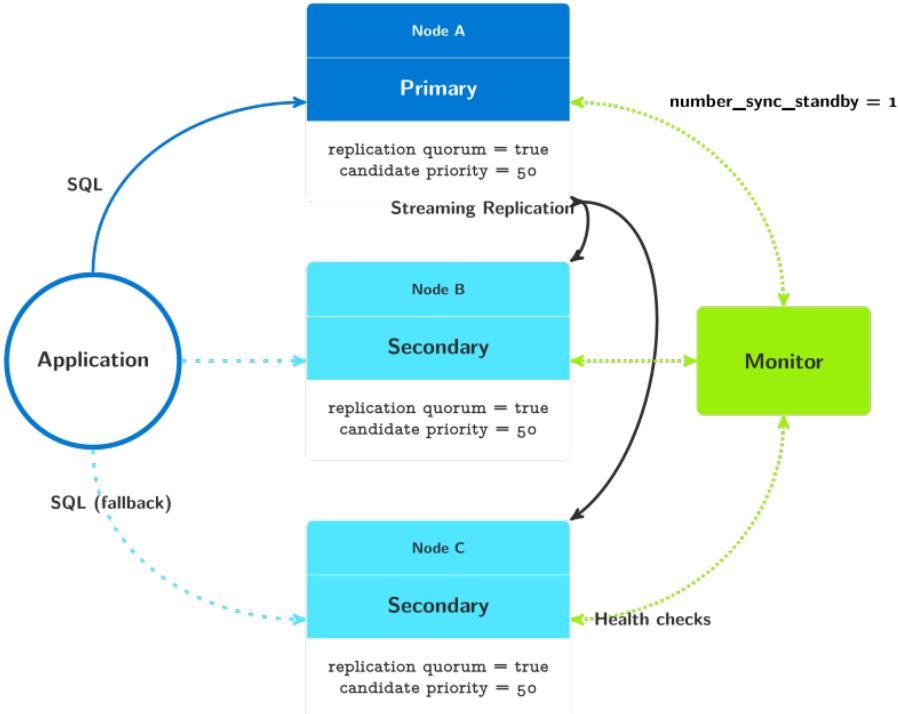


Abbildung 3.14: pg_auto_failover-Architektur - Multi-Node Standby

pg_auto_failover kann Citus einbinden[11]. Allerdings bleibt die Architektur im Kern immer Monolithisch.

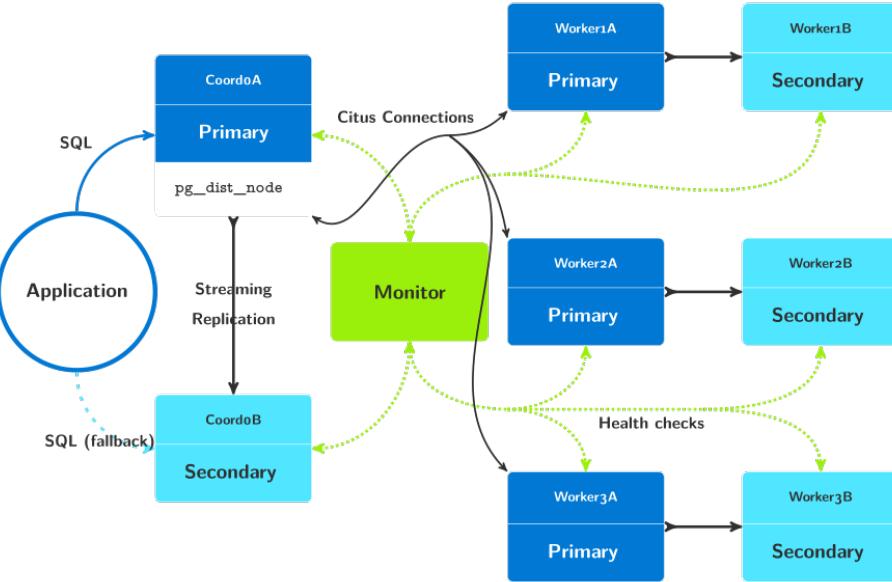


Abbildung 3.15: pg_auto_failover-Architektur - Citus

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:

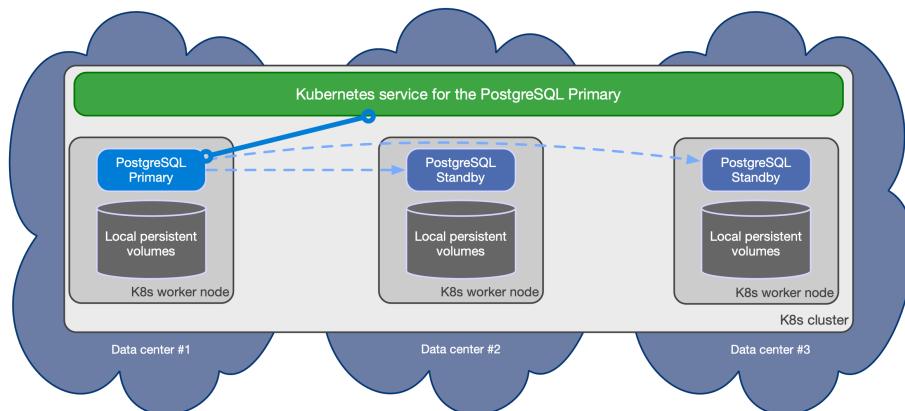


Abbildung 3.16: CloudNativePG - Kubernetes - PostgreSQL

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

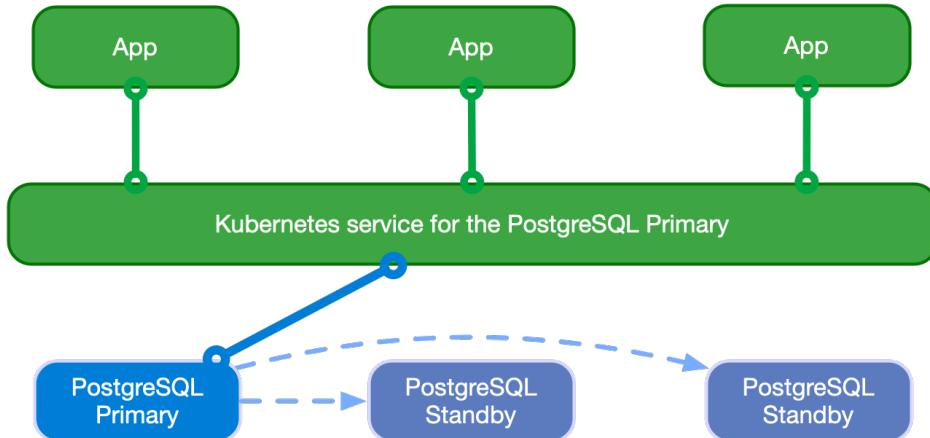


Abbildung 3.17: CloudNativePG - Kubernetes - Read-write workloads

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

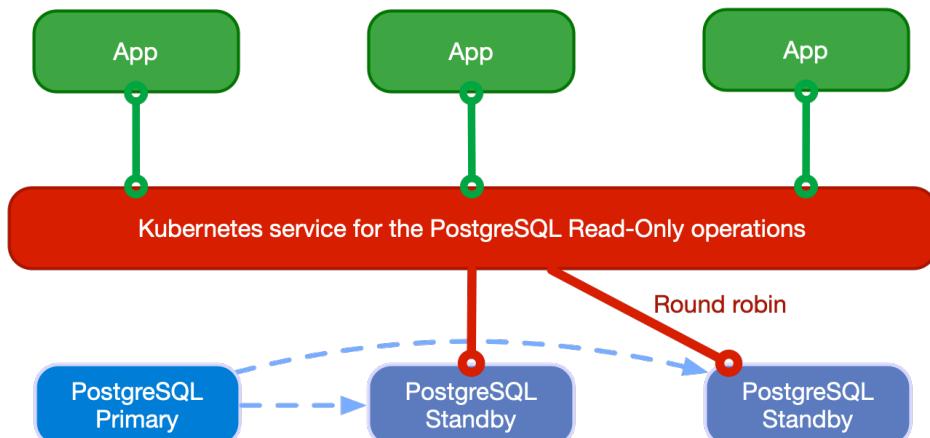


Abbildung 3.18: CloudNativePG - Kubernetes - Read-only workloads

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.

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:

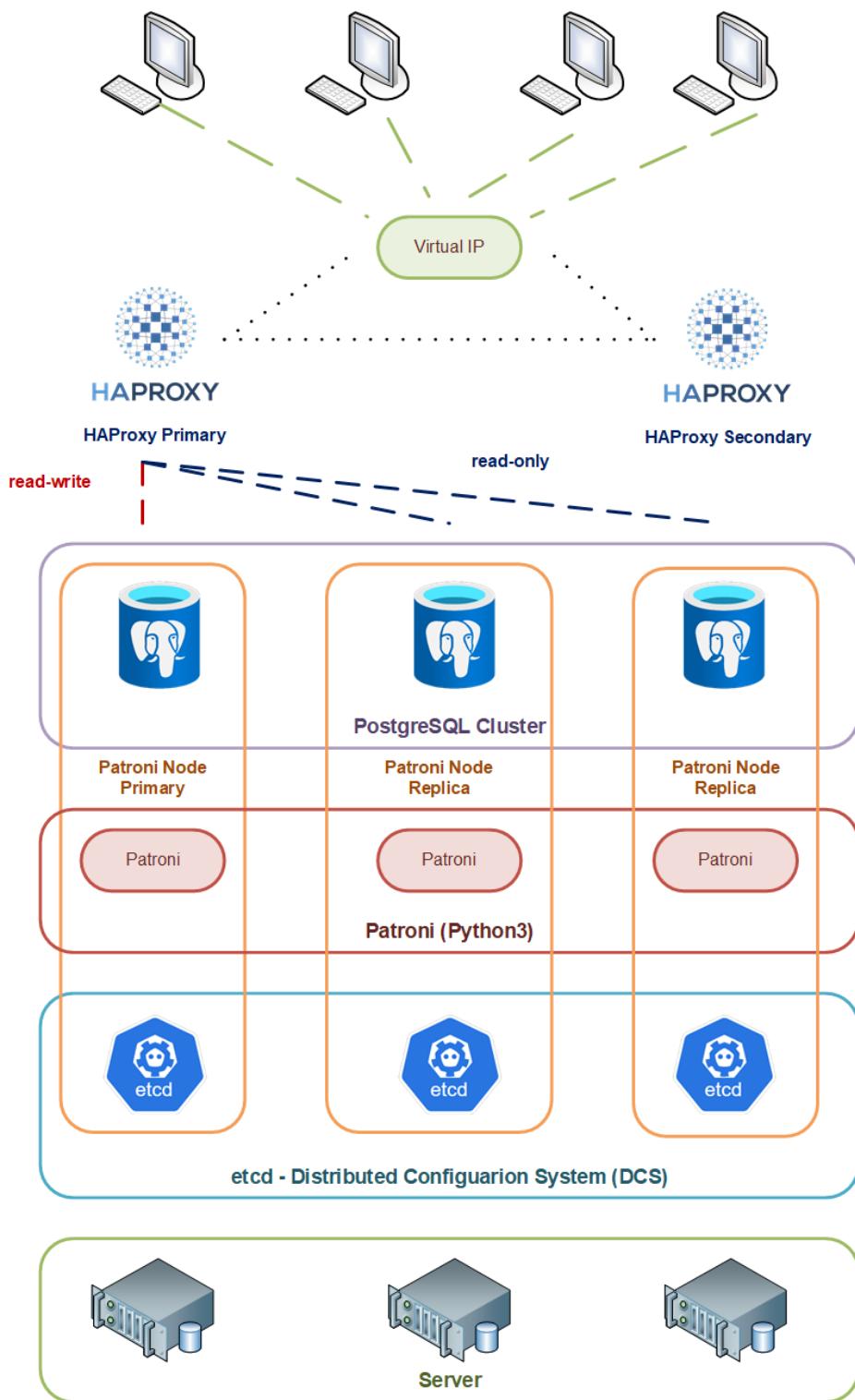


Abbildung 3.19: Patroni-Architektur

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:

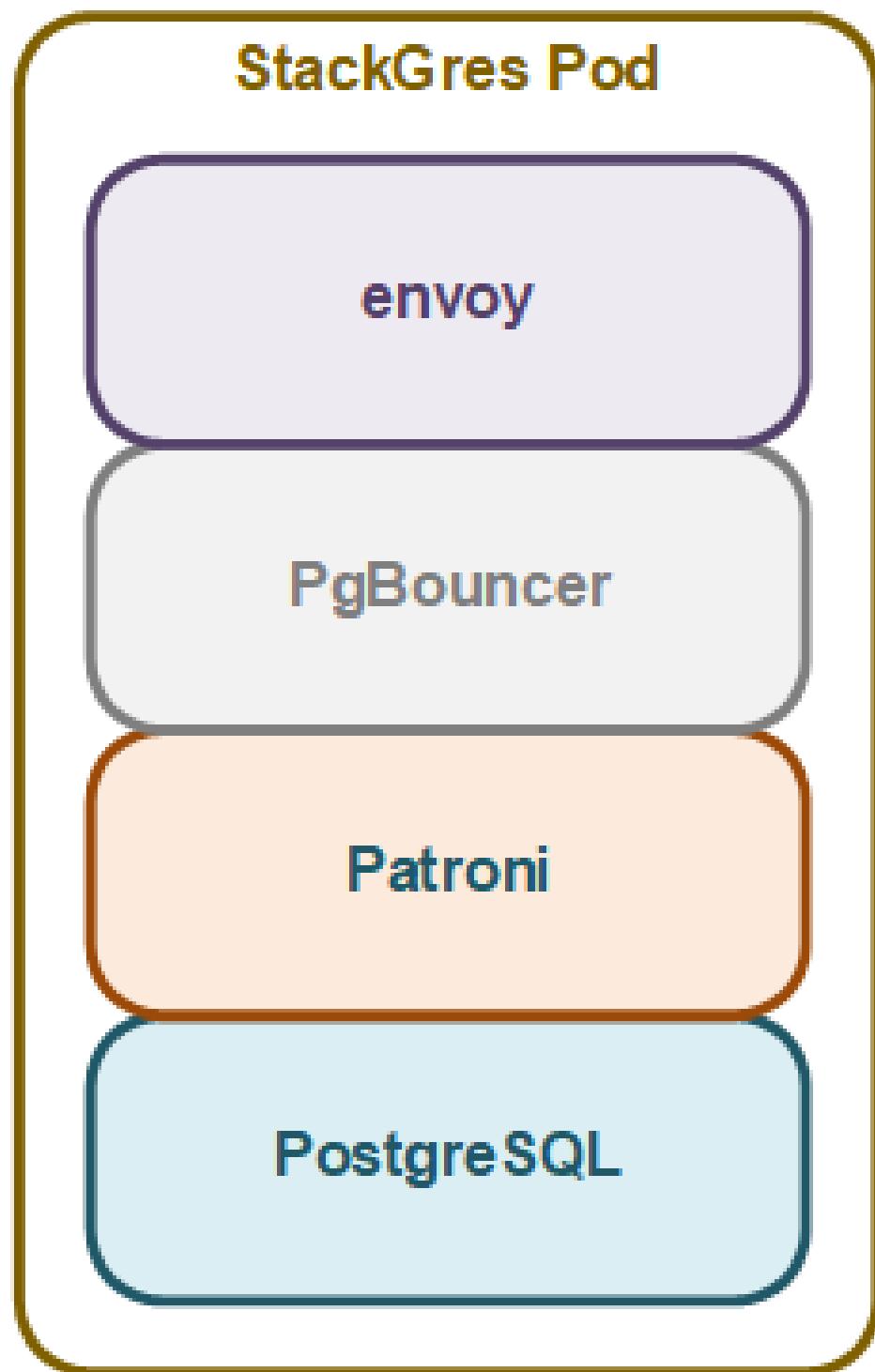


Abbildung 3.20: Stackgres - Grundarchitektur

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.

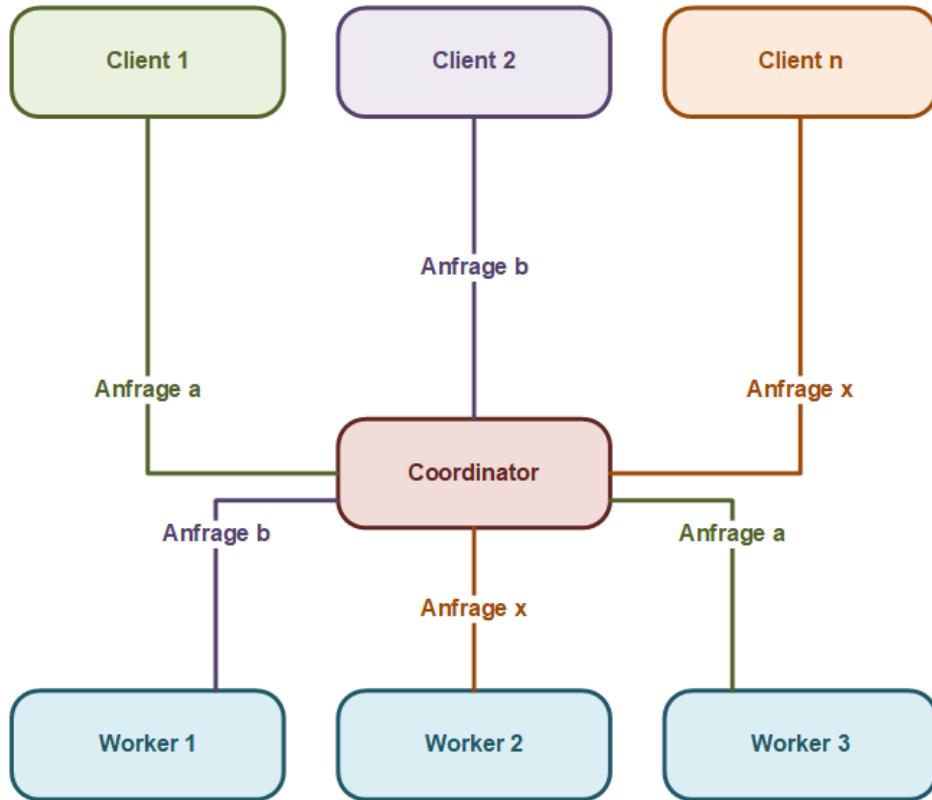


Abbildung 3.21: Citus - Coordinator und Workers

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]

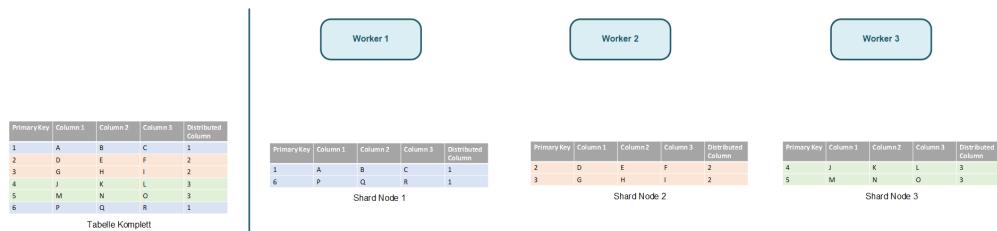


Abbildung 3.22: Citus - Row-Based-Sharding

Schema-based sharding

Diplomarbeit

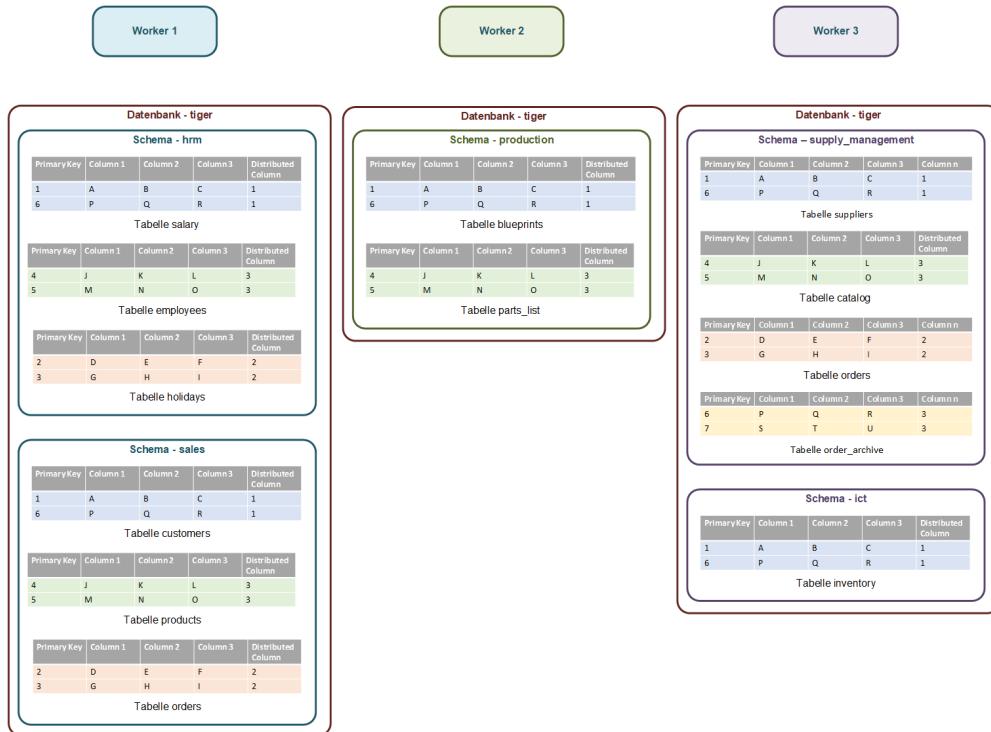


Abbildung 3.23: Citus - Schema-Based-Sharding

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:

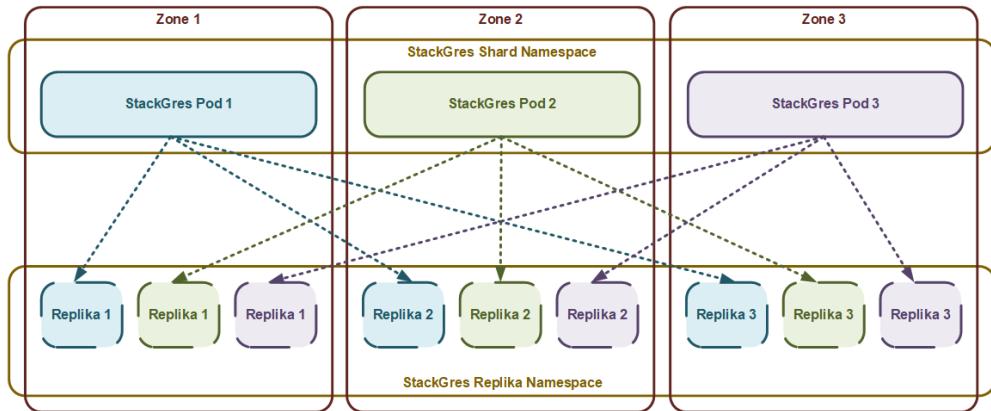


Abbildung 3.24: StackGres-Citus - Shard-Replikation

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:

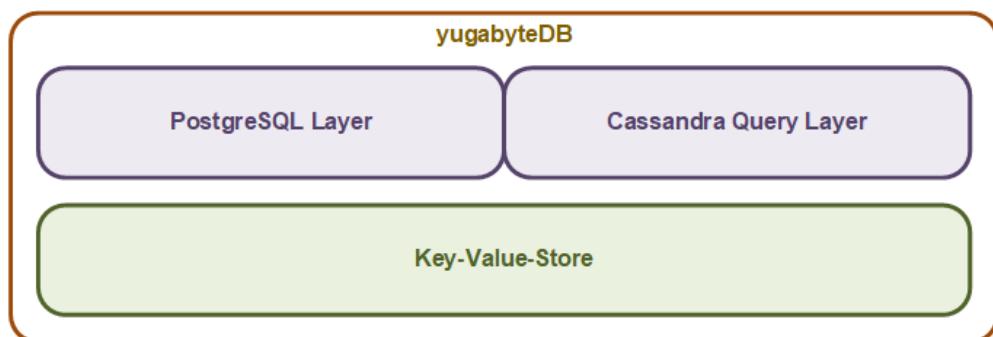


Abbildung 3.25: yugabyteDB - Grundkonzept

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

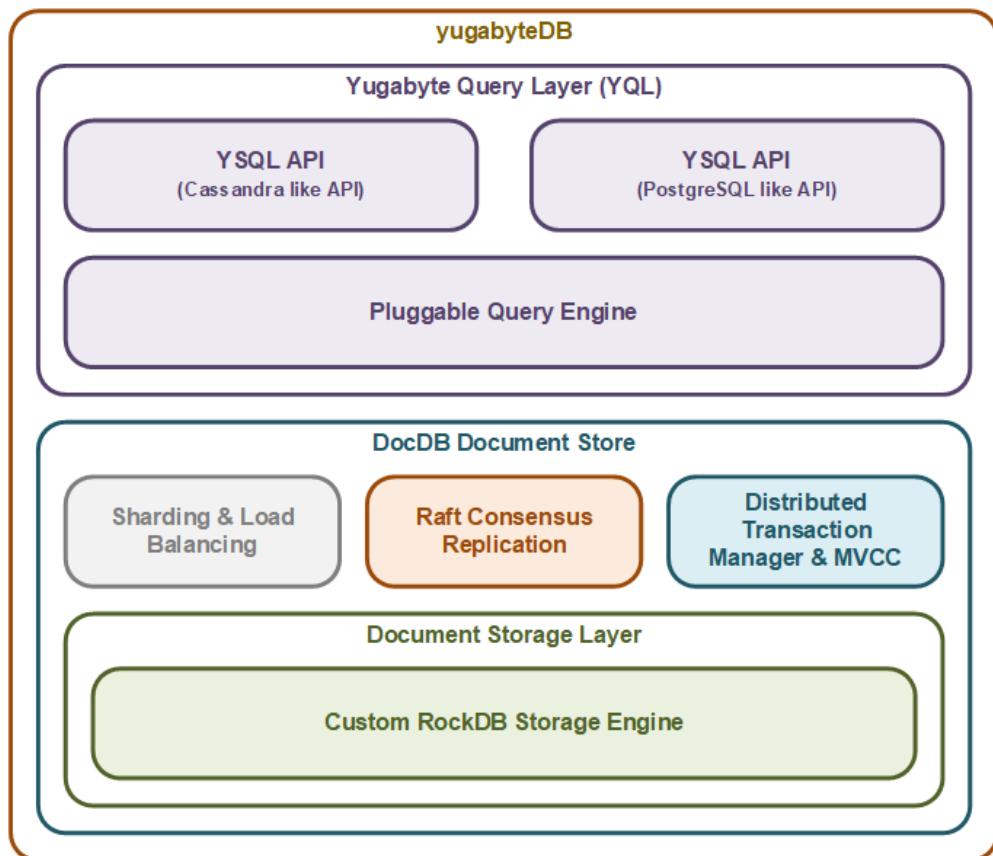


Abbildung 3.26: YugabyteDB - Architektur

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:

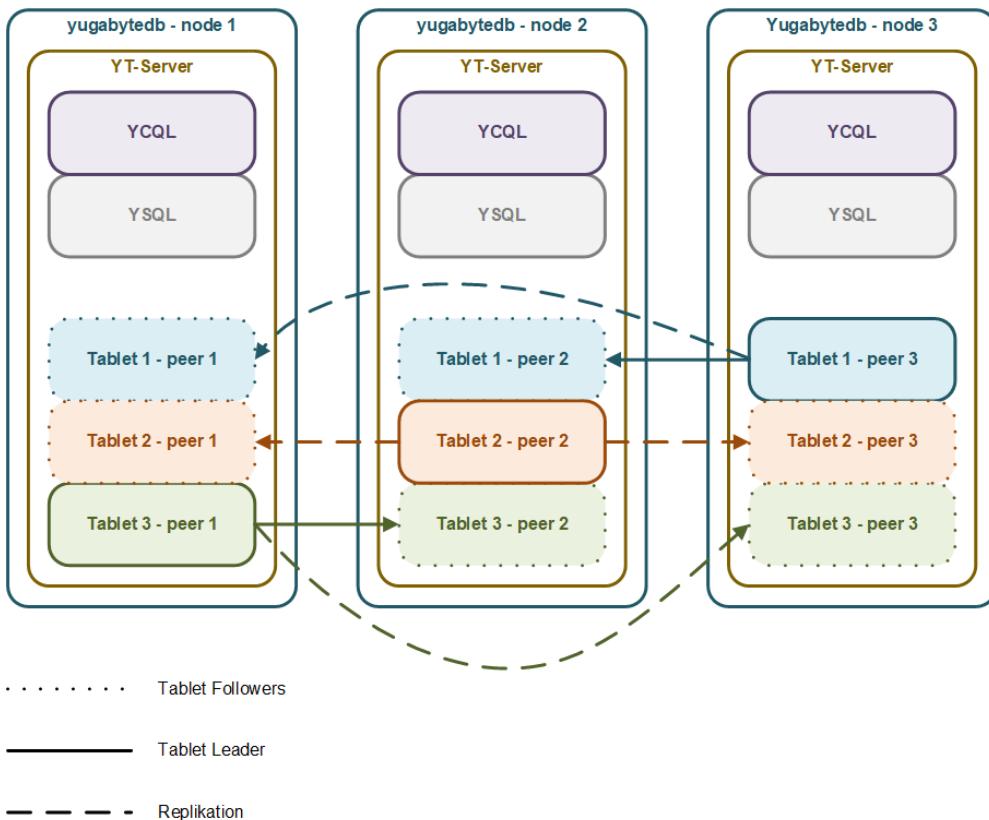


Abbildung 3.28: YugabyteDB - Tablet - Leader und Follower

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

Diplomarbeit

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

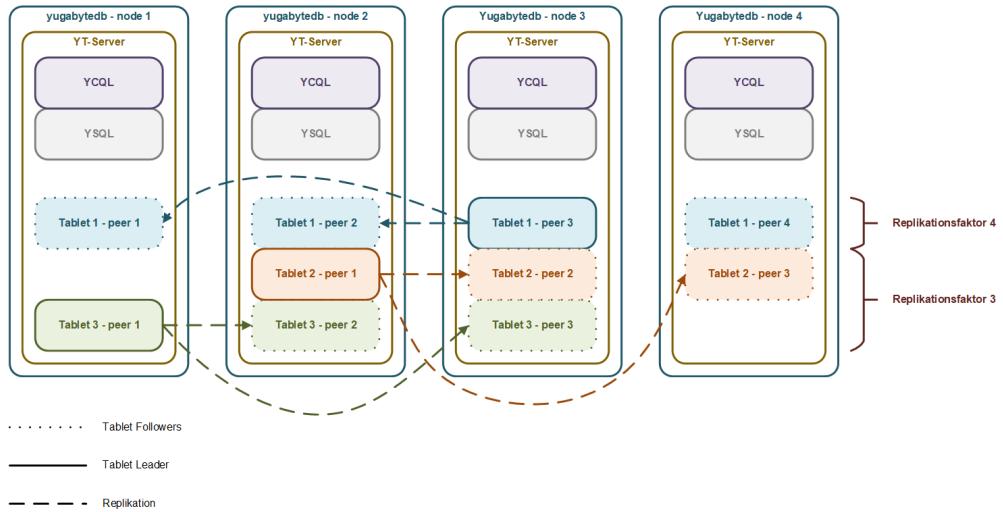


Abbildung 3.29: yugabyteDB - Tablet - Replikationsfaktor

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:

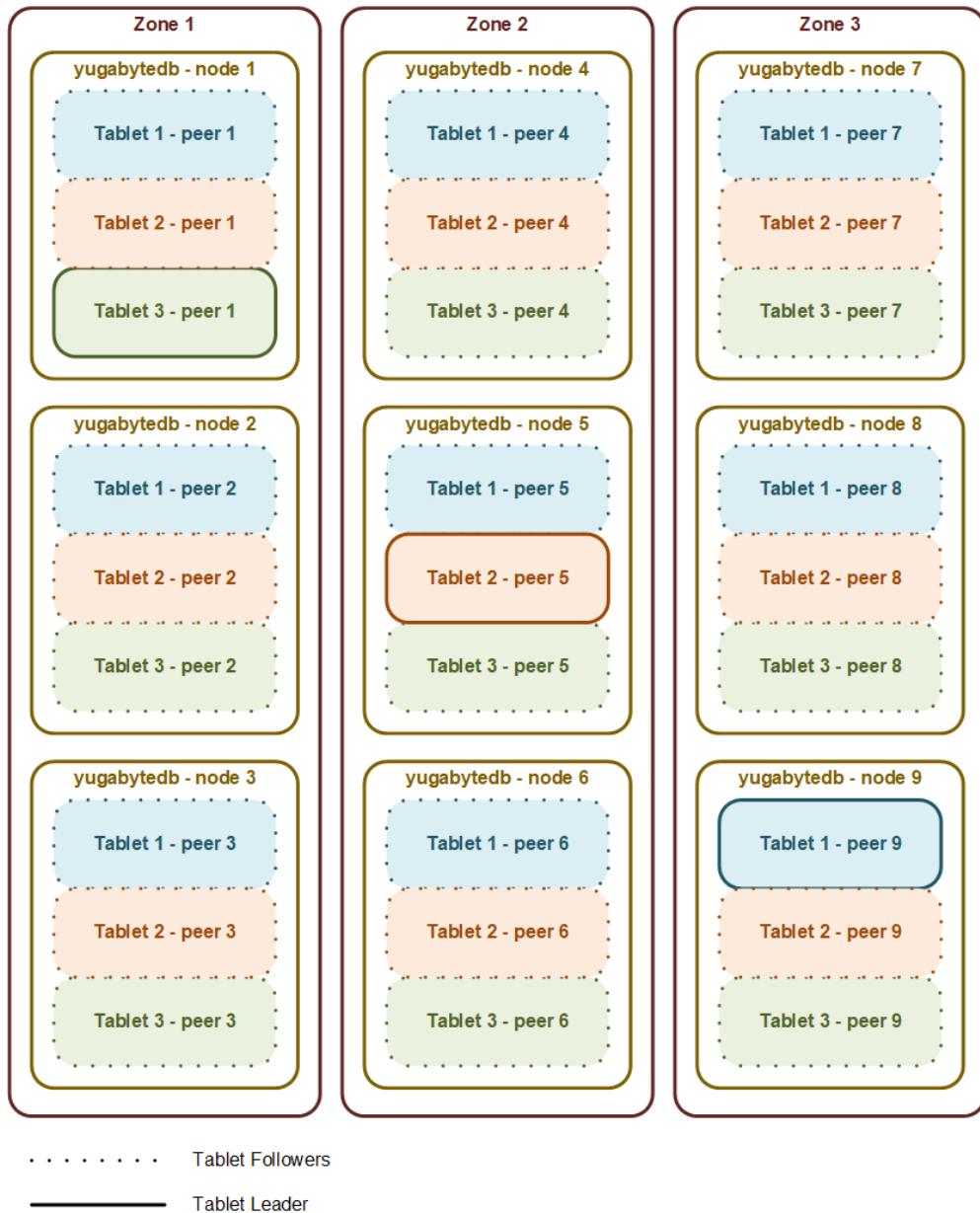


Abbildung 3.30: YugabyteDB - Zonen

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].

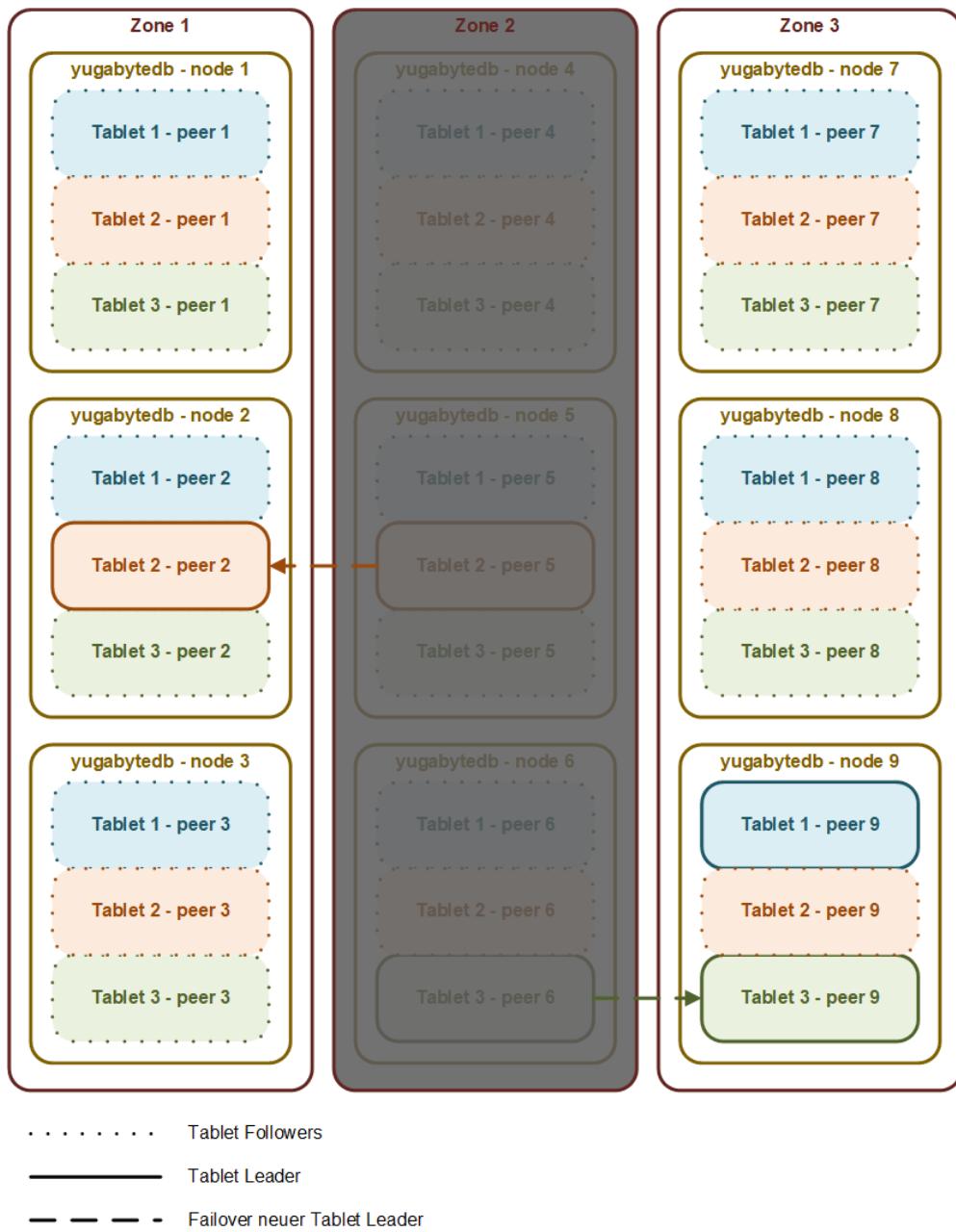


Abbildung 3.31: YugabyteDB - Zone outage Tolerance

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.
3	pg_auto_failover	Vorausgeschieden	pg_auto_failover würde zwar Citus-Support bieten, allerdings gibt es keine gut dokumentierte Implementation für Kubernetes. Erfüllt daher das Kriterium für die Synergien nicht
4	CloudNativePG	Vorausgeschieden	CloudNativePG ist keine vollständige Cloud Native Lösung. Mittels Citus könnte sogar eine Distributed SQL Lösung implementiert werden. Die Grundarchitektur bleibt aber Monolithisch mit einem Primary und Replicas. Und da kein Benefit in Form von Synergien vorhanden sind, fällt CloudNativePG raus.
8	Citus row-based-sharding	Vorausgeschieden	Citus row-based-sharding wäre Hocheffizient wenn es um Ressourcenverteilung geht und zudem echtes Sharding. Allerdings setzt es Anpassungen an den Tabellen der Applikationen voraus.
			Das KSGR ist allerdings kein Softwarehaus und kann keine Forks durchführen, auch weil viele Applikationen zertifiziert sein müssen. Scheitert daher an der Machbarkeit

Tabelle 3.9: Vorauswahl - Ausgeschieden

Entsprechend werden nur noch nachfolgende Lösungen genauer betrachtet:

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

Tabelle 3.10: Vorauswahl - Evaluation

3.1.7 Installation verschiedener Lösungen

Entsprechend wurden folgende Server bereitgestellt:

Diplomarbeit

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

Tabelle 3.11: Evaluationssyssteme

3.1.7.1 rke2 - Evaluationsplattform

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

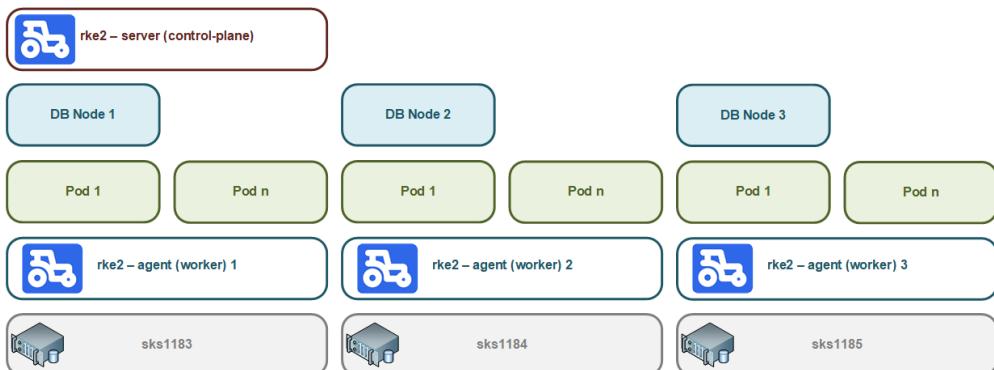


Abbildung 3.32: Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards

Die Konfiguration der rke2-Nodes sieht folgendermassen aus:

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

Tabelle 3.12: Evaluationssystem - Distributed SQL / Sharding

Diplomarbeit

3.1.7.2 Patroni

3.1.7.2.1 Architektur

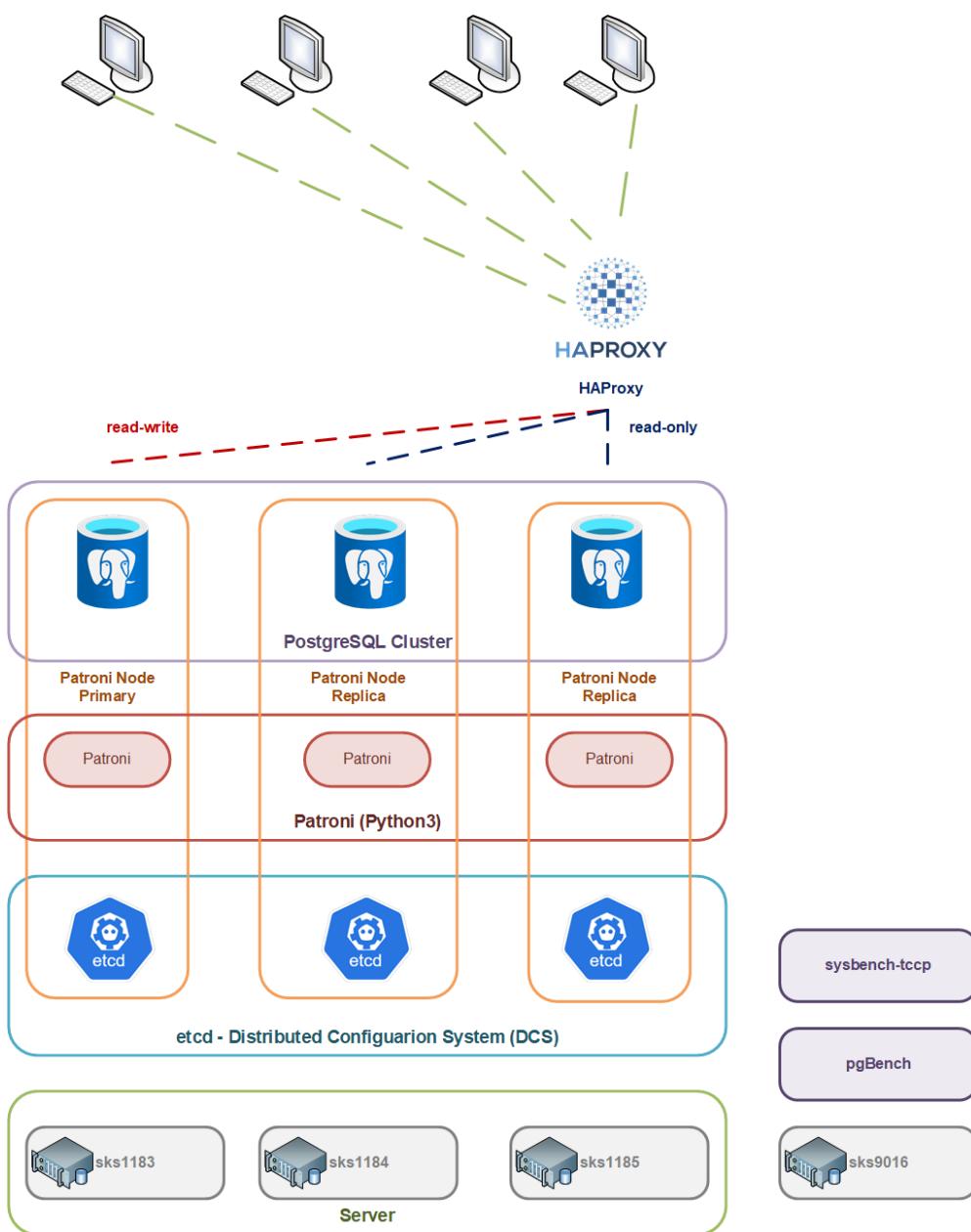


Abbildung 3.33: Patroni - Evaluationsarchitektur

3.1.7.3 StackGres - Citus

3.1.7.3.1 Architektur

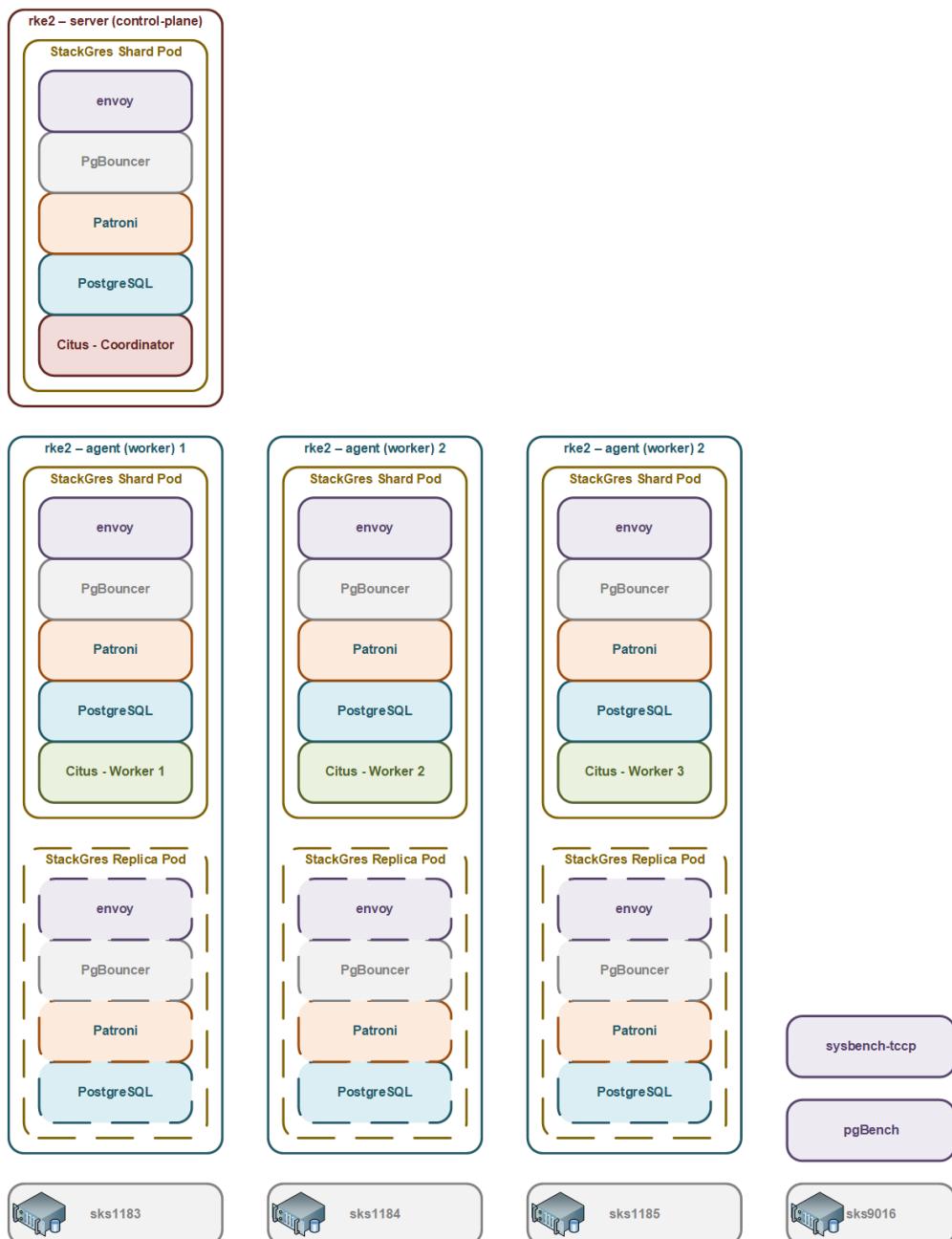


Abbildung 3.34: Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur

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-NS> Prev Match
K8s Rev: v1.29.0+rke2r1    <R>   Toggle Auto-Refresh
CPU: 1%                   <F>   Toggle Fullscreen
MEM: 38%                  <Space>  Describe(yb-platform/yw-test-yugaware-0)

Name: yw-test-yugaware-pg-upgrade
optional: false
pg-init:
  Type: ConfigMap (a volume populated by a ConfigMap)
  Name: yw-test-yugaware-pg-prerun
  optional: false
pg-sample-config:
  Type: ConfigMap (a volume populated by a ConfigMap)
  Name: yw-test-pg-sample-config
  optional: false
kube-api-access-rgtwb:
  Type: Projected (a volume that contains injected data from multiple sources)
  TokenExpirationSeconds: 3600
  ConfigMapName: kube-root-ca.crt
  ConfigMapOptional: enabled
  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.

<namespace> <pod> <describe>

```

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

```

```

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 YugabyteDB

3.1.8.1.1 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	RE	READY	STATUS	RESTARTS	Pods(yb-platform)(4)						NODE	AGE	
					CPU	MEM	SCPU/R	SCRU/L	SHEN/R	SHEN/L	IP		
yb-master-0	F	2/2	Running	0	7	126	0	n/a	3	n/a	198.18.1.244	sks1184	6m15s
yb-master-1	●	2/2	Running	0	12	182	0	n/a	4	n/a	198.18.2.228	sks1185	6m15s
yb-tserver-0	●	2/2	Running	0	5	125	0	n/a	5	n/a	198.18.0.202	sks1183	6m15s
yb-tserver-0	●	1/2	CrashLoopBackoff	3	2	7	0	n/a	0	n/a	198.18.2.85	sks1185	6m15s
yb-tserver-1	●	2/2	Running	0	30	191	1	n/a	2	n/a	198.18.0.200	sks1183	6m15s
yb-tserver-2	●	1/2	CrashLoopBackOff	3	10	7	0	n/a	0	n/a	198.18.1.194	sks1184	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.

3.1.8.1.2 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.

Diplomarbeit

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.

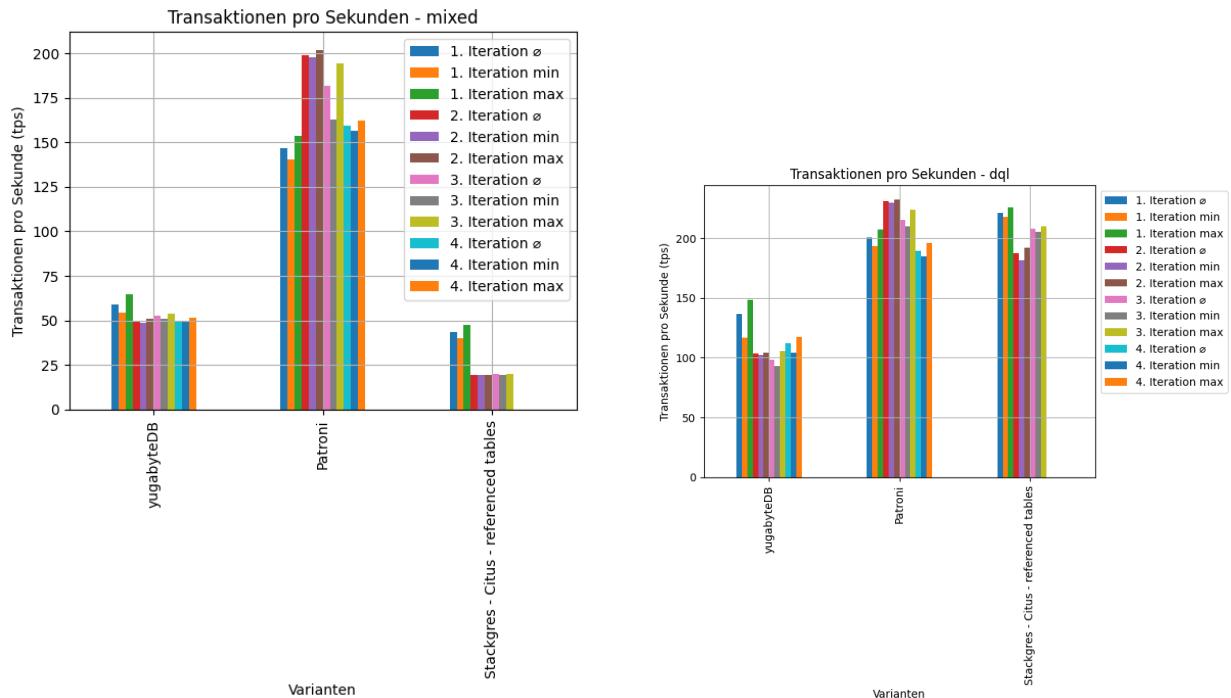


Abbildung 3.37: Benchmarks - tps

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

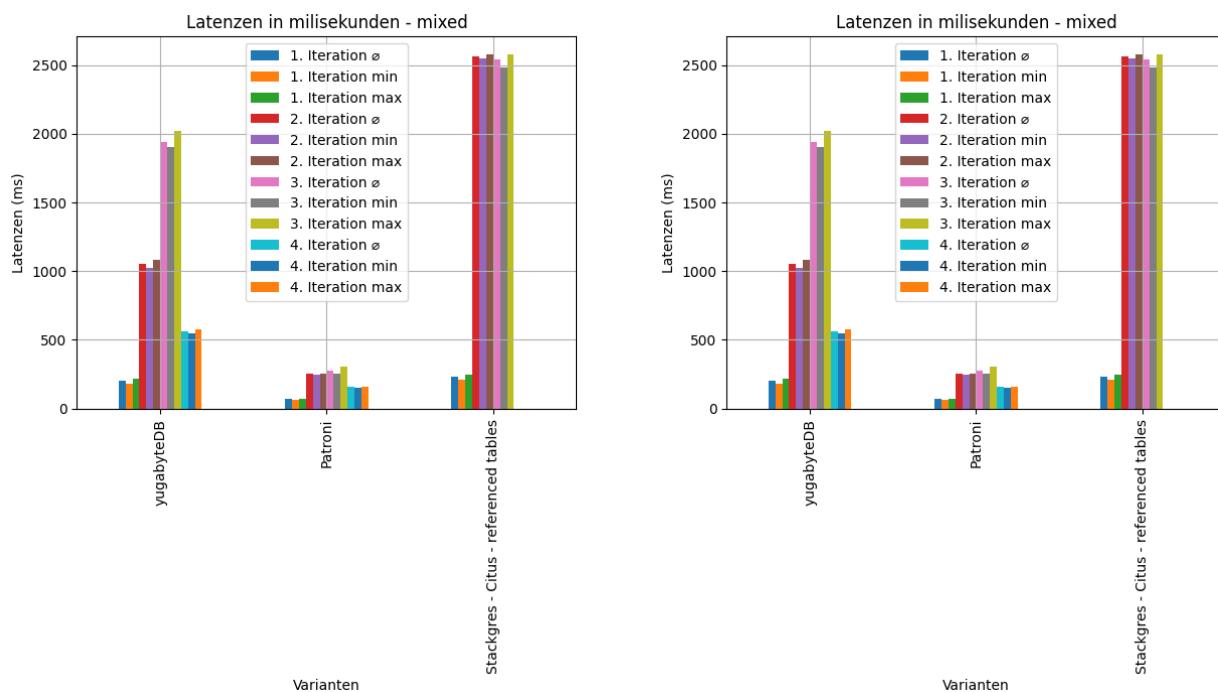


Abbildung 3.38: Benchmarks - latency

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:

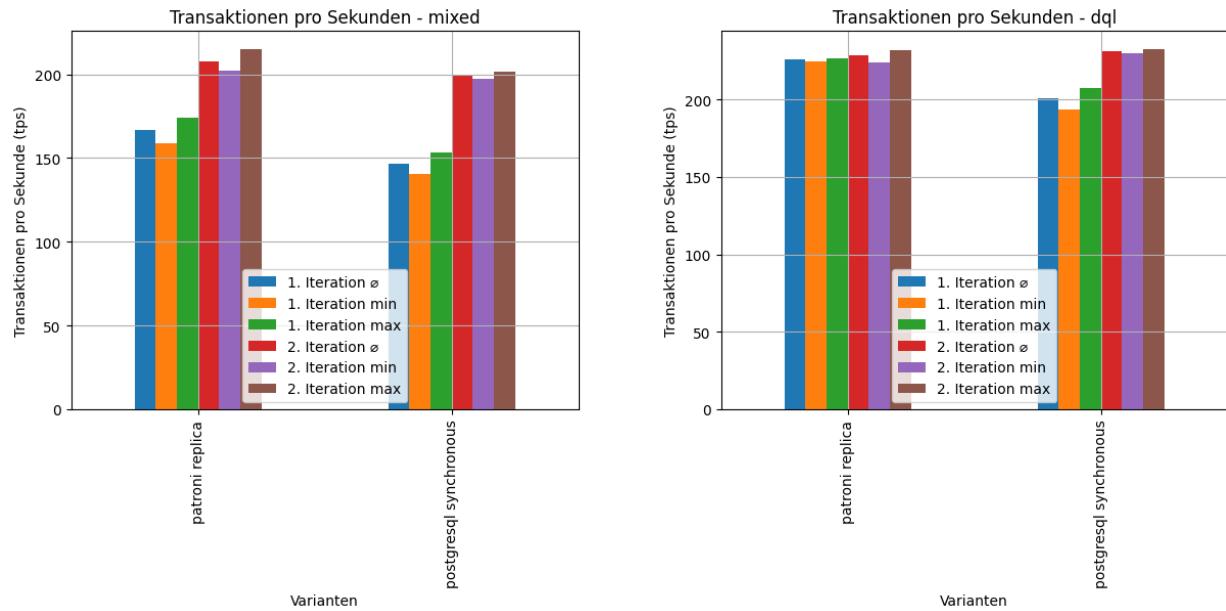


Abbildung 3.39: Benchmarks - tps Patroni Replica

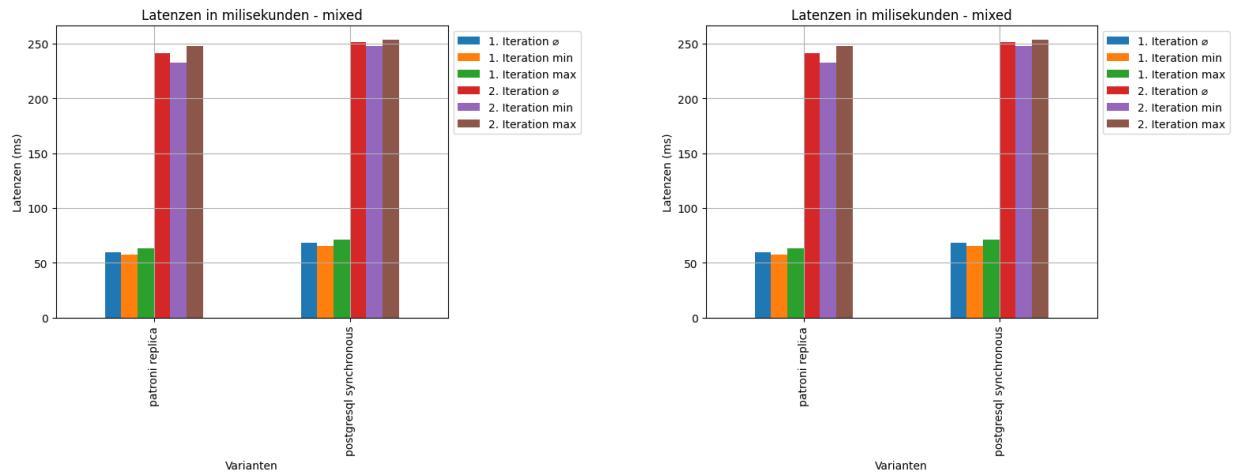


Abbildung 3.40: Benchmarks - latency Patroni Replica

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.

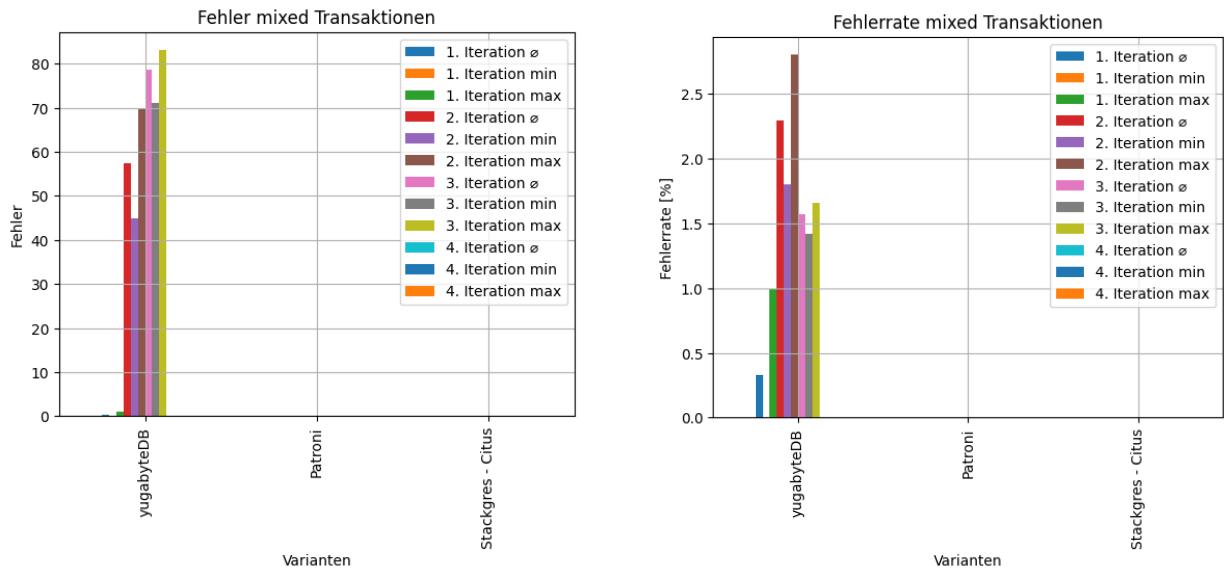


Abbildung 3.41: Benchmarks - Fehler bei mixed-Transaktionen

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

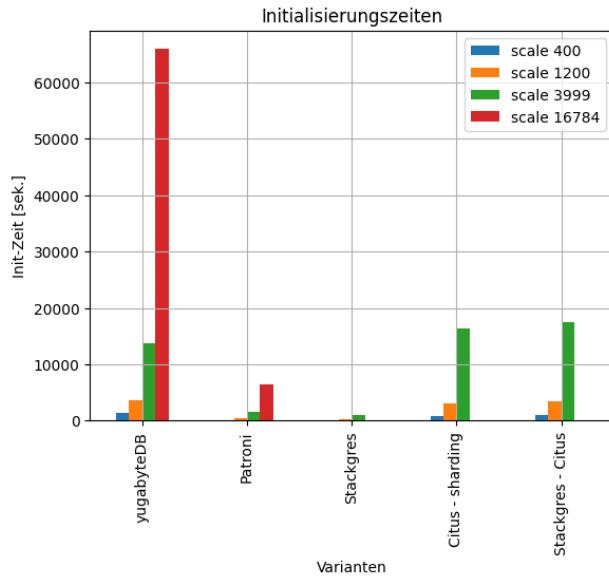


Abbildung 3.42: Benchmarks - Initialisierungszeit - sekunden

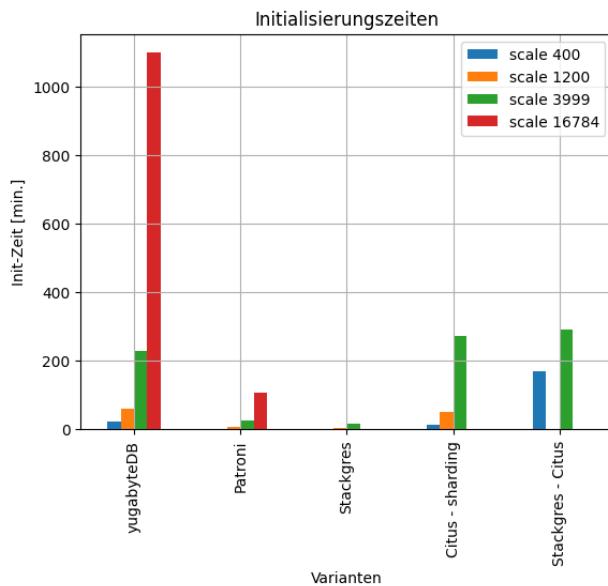


Abbildung 3.43: Benchmarks - Initialisierungszeit - Minuten

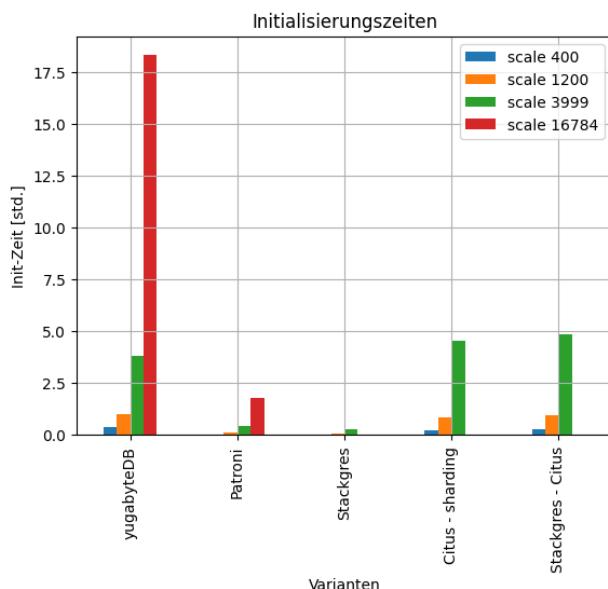


Abbildung 3.44: Benchmarks - Initialisierungszeit - Stunden

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

Diplomarbeit



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.

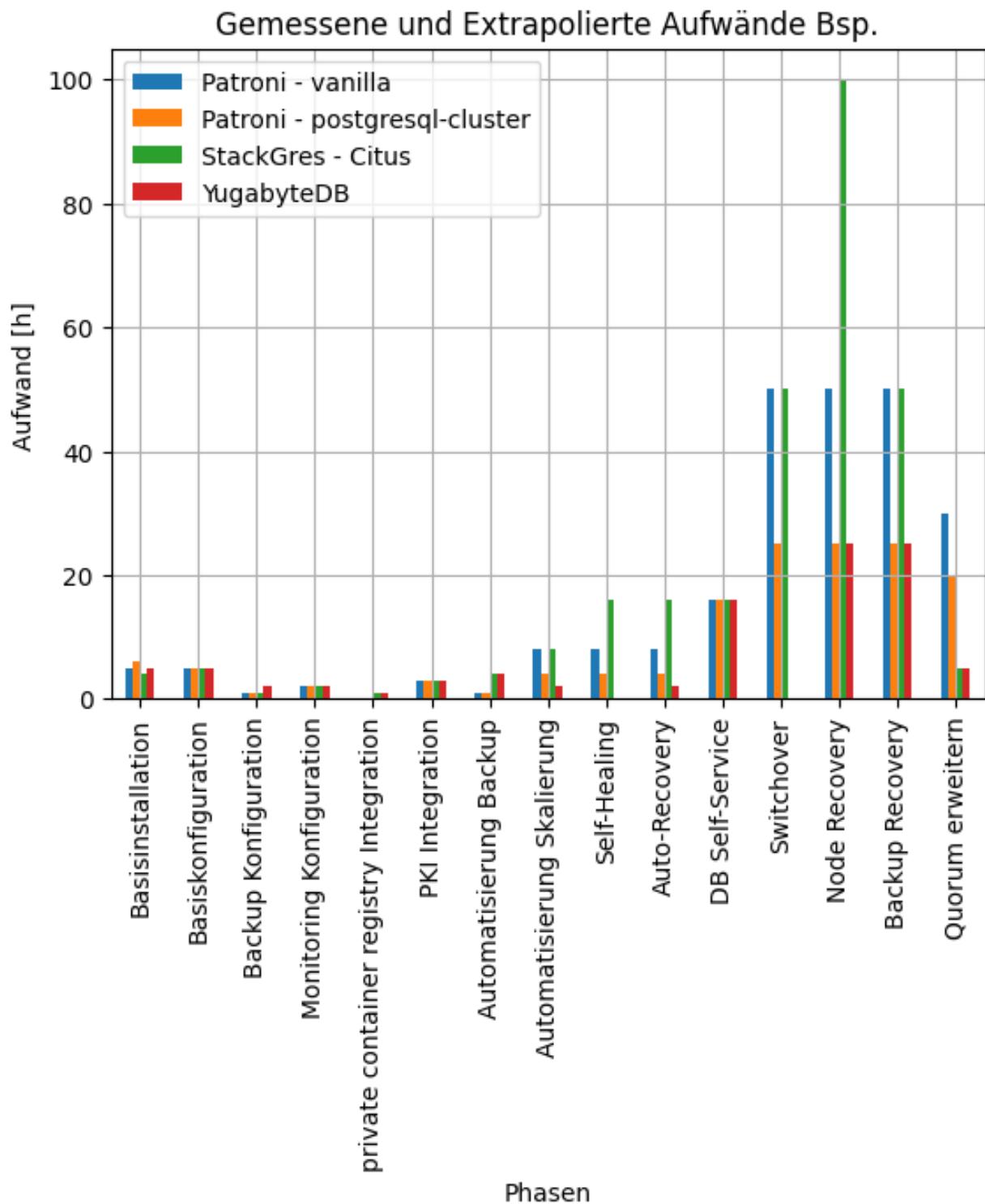


Abbildung 3.45: Zeitaufwände

3.1.9.2.4 Kostenvergleiche

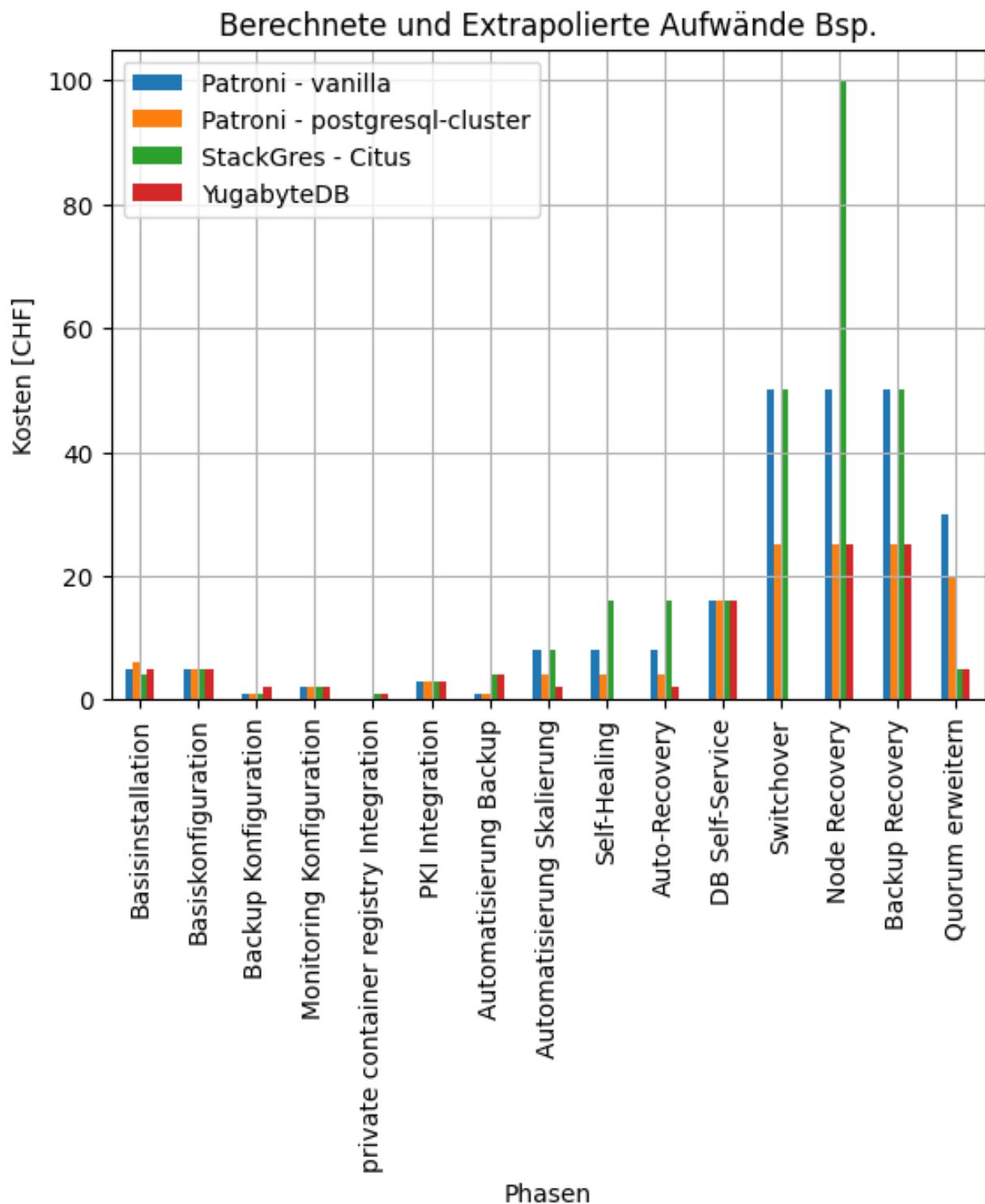


Abbildung 3.46: Kostenaufwände

3.1.9.3 Kosten-Nutzen

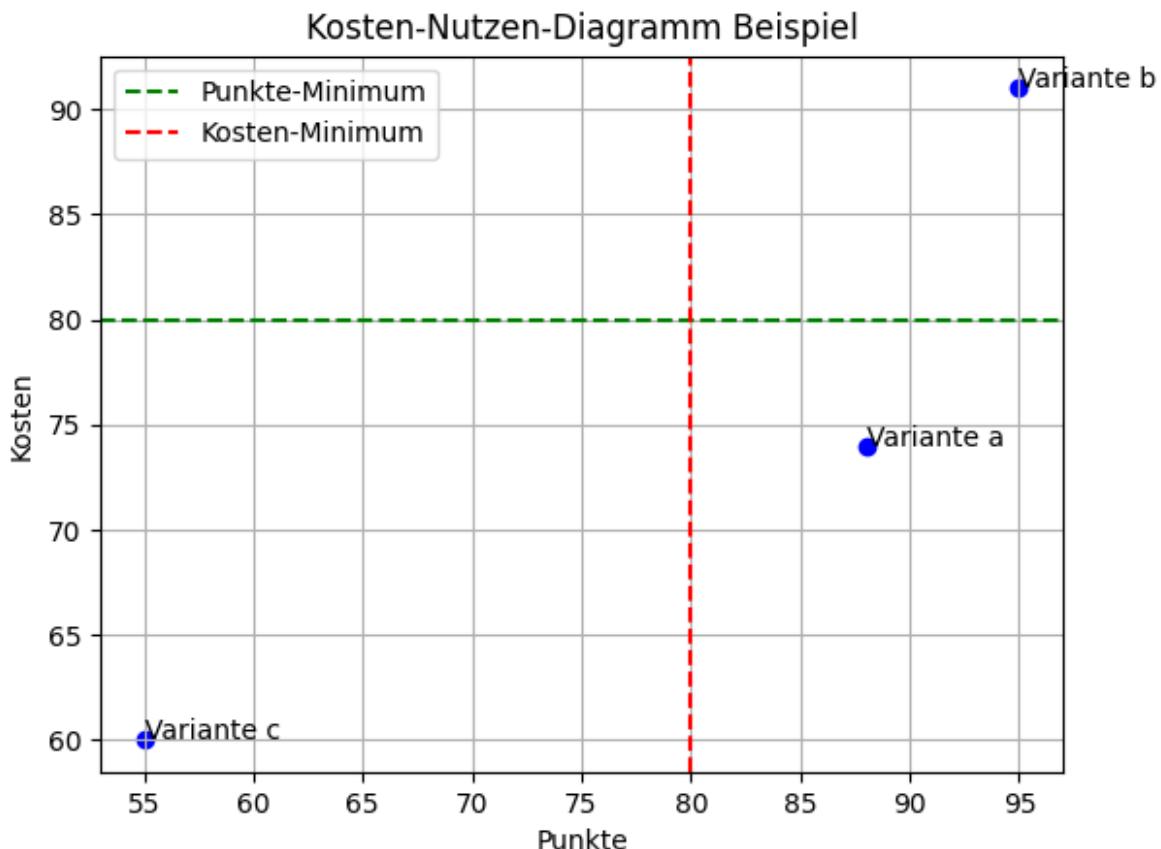


Abbildung 3.47: Kosten-Nutzen-Analyse

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	38
3.5	Datenbankskalierung	39
3.6	Präferenzmatrix	44
3.7	Benchmark Settings - Zabbix - Systeminformationen	48
3.8	Benchmark Settings - Zabbix - Connections per Seconds	48
3.9	Benchmark Settings - Zabbix - Queries per Seconds	48
3.10	Benchmark Settings - Zabbix - Client Queries per Seconds	49
3.11	Benchmark Settings - Zabbix - DB Size	49
3.12	Benchmark Settings - Anzahl Records / Skalierungsfaktor	52
3.13	pg_auto_failover-Architektur - Single Standby	56
3.14	pg_auto_failover-Architektur - Multi-Node Standby	56
3.15	pg_auto_failover-Architektur - Citus	57
3.16	CloudNativePG - Kubernetes - PostgreSQL	58
3.17	CloudNativePG - Kubernetes - Read-write workloads	59
3.18	CloudNativePG - Kubernetes - Read-only workloads	59
3.19	Patroni-Architektur	62
3.20	Stackgres - Grundarchitektur	65
3.21	Citus - Coordinator und Workers	66
3.22	Citus - Row-Based-Sharding	66

Diplomarbeit

3.23 Citus - Schema-Based-Sharding	67
3.24 StackGres-Citus - Shard-Replikation	68
3.25 YugabyteDB - Grundkonzept	69
3.26 YugabyteDB - Architektur	70
3.27 YugabyteDB - Sharding	71
3.28 YugabyteDB - Tablet - Leader und Follower	71
3.29 YugabyteDB - Tablet - Replikationsfaktor	72
3.30 YugabyteDB - Zonen	73
3.31 YugabyteDB - Zone outage Tolerance	74
3.32 Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards	76
3.33 Patroni - Evaluationsarchitektur	77
3.34 Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur	78
3.35 YugabyteDB - Subscription Yugaware	79
3.36 YugabyteDB - Evaluation-Testing - CrashLoopBackOff	83
3.37 Benchmarks - tps	84
3.38 Benchmarks - latency	85
3.39 Benchmarks - tps Patroni Replica	86
3.40 Benchmarks - latency Patroni Replica	86
3.41 Benchmarks - Fehler bei mixed-Transaktionen	87
3.42 Benchmarks - Initialisierungszeit - sekunden	87
3.43 Benchmarks - Initialisierungszeit - minuten	88
3.44 Benchmarks - Initialisierungszeit - stunden	88
3.45 Zeitaufwände	90
3.46 Kostenaufwände	91
3.47 Kosten-Nutzen-Analyse	92
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	49
3.5	Benchmark Settings - DQL Transaktionen	50
3.6	Benchmark Settings - Skalierungsfaktoren	50
3.7	Benchmark Settings - Datenbankgrößen / Skalierungsfaktor	50
3.8	Benchmark Settings - Tabellengrößen / Skalierungsfaktor	51
3.9	Vorauswahl - Ausgeschieden	75
3.10	Vorauswahl - Evaluation	75
3.11	Evaluationssystems	76
3.12	Evaluationssystem - Distributed SQL / Sharding	76
3.13	Gemessene und Extrapolierte Aufwände Bsp.	89
I	Arbeitsrapport	i
II	Fachgespräche - Protokoll	ii
III	Kommentare - Anmerkung	v

Listings

3.1	metallb - Konfig YAML - Detail L2Advertisement	79
3.2	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Image	80
3.3	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail StorageClass	80
3.4	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Resources	80
3.5	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Replika	81
3.6	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Disable YSQL	81
3.7	yugabyteDB - Helm Chart Manifest - Detail Domainname und Service-Endpoints	82
3.8	yugabyteDB - Benchmarking - DB erstellen	83
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	xxix
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	xliv
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	lxx
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.
- [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.
- [15] unknown author. *Cluster Management — Citus Docs 7.2 documentation*. 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.
- [17] unknown author. *Dynamic Configuration Settings — Patroni 3.2.2 documentation*. 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.

Diplomarbeit

- [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.

Diplomarbeit

- [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. 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. 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.
- [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. 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, 46

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.. 109

Cassandra Cassandra ist eine Spaltenorganisierte NoSQL-Datenbank die 2008 veröffentlicht[80] wurde.. 7, 69, 75

chrony chrony ist ein auf NTP basierendes Zeitsystem. Es unterstützt Linux, BSD. 83

CI/CD Continuous Integration/Continuous Delivery bedeutet, dass Anpassungen kontinuierlich in die Entwicklungsumgebungen integriert und auf die Zielplattformen verteilt werden[71].. 107

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].. 79, 80

DBMS Ein Database Management System regelt und organisiert die Datenbasis einer Datenbank[81].. 107

DCS Der DSC ist eine Kernkomponente von Patroni [17]. Realisiert wird der DCS bei Patroni mit Etcd.. 108

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]. 61, 109, xliv

Failover In einem Fehlerfall wird in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary ungeplant geswitched.. 16, 36, 37, 53, 110

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].. 110

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, 53

HAProxy HAProxy [23]. 55, 60

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, 53

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, 107

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, 38

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].. 53

Key-Value-orientierte Siehe Key-Value-Datenbank. 113

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. 110, 111, 112

Key-Value-Store Siehe Key-Value-Datenbank. 50, 69

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, 107, 110

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, 109, 111

local-path-provisioner local-path-provisioner ist ein leichtgewichtiger Storage-Provider von Rancher. Er bietet den Applikationen einen persistenten Storage an.. 83

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, 52

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].. 79

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, 112

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, 52

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, 109, 111, 112, 113, 114

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, 107

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, 38, 112

PKI . 108

Diplomarbeit

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, 38, 53, 68

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, 53, 113

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, 107

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. . 54, 110

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].. 69, 107

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, 111

rke2 rke2 ist eine Leichgewichtige Kubernetes Distribution, die alles notwendige mitbringt, um einen k8s Cluster zu betreiben[24].. 76, 79

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, 107

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, 107

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, 113

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.. 107

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.. 47, 49

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.. 107, 109

VRRP VRRP . 107, 110

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, da kein vergleich möglich ist.
11.03.2024	12:00	13:30	1.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern			
11.03.2024	16:45	17:30	0.5	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Stakeholder erfassen		
13.03.2024	17:45	19:45	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Stackgres und Citus analysieren	Citus row-based-sharding	Citus Dokumentation stark Textlastig. Wenig Abbildungen, 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 Abhandlungen			
19.03.2024	14:00	16:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	yugabytedb		
20.03.2024	16:00	16:15	0.2	Dokumentation	Dokumentation	Termin für 2. Fachgespräch organisieren			
21.03.2024	18:00	20:00	2.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Projektcontrolling gemacht.		
22.03.2024	09:00	11:00	2.0	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	zabbix analysieren			
22.03.2024	13:00	14:30	1.5	Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	Benchmark Settings setzen			
22.03.2024	14:30	15:30	1.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Projektcontrolling und Dokumentation		
22.03.2024	16:45	19:00	2.8	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren / Benchmarking		
24.03.2024	14:30	17:30	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren		
24.03.2024	19:30	22:30	3.0	Dokumentation	Dokumentation	Dokumentation erweitern	Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen - Patroni, Stackgres, CloudNativePG dokumentieren / Arbeitsrapport		
25.03.2024	08:00	11:00	3.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	rke2 - local-path-provisioner Installieren	Anforderungen recht hoch. Es wird ein guillermotleftprivate container registry guillermotright 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.		
26.03.2024	14:45	15:00	0.2	2. Expertengespräch	2. Expertengespräch		Aus versehen YugabyteDB Anywhere (Repository yugaware) installiert.	Termin wird auf morgen verschoben	
26.03.2024	15:00	16:00	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	yugabytedb Installation	Diese Installation benötigt zwingend eine Subscription.	YugabyteDB (Repository yugabyte) verwenden.	
							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	- Darf eine Vorauswahl stattfinden, um den Aufwand zur reduzieren? - Muss das Protokoll des Fachgesprächs jeweils Zeitnah freigegeben werden? - Hat Norman ggf. noch Vorschläge zu PostgreSQL Clustern gefunden? - Soll ich die Gewichtung mit 100 Punkten machen oder 1000? Im Moment haben diverse Punkte eine sehr kleine Punktzahl - Soll die Disposition in den Anhang? Diese ist 50 Seiten lang	- Eine Vorauswahl ist sinnvoll und in diesem Rahmen fast zwingend notwendig, da sonst viel zuviel Zeit investiert werden müsste	- Vorstellung Norman Süssstrunk, Curdin Roffler und Michael Graber - Kontaktdaten shared - Bei Fragen jederzeit an Norman wenden - Norman braucht aber mindestens 1 Woche vorlaufzeit - Norman wird sich spätestens zur Halbzeit melden. - Norman wird sic	- Es wurden zwar für alle Studenten von Norman Süssstrunk Zoom-Räume bereitgestellt, aus effizienzgründen nahmen Curdin Roffler und ich beide am selben Meeting teil
2	26.03.2024	Norman Süssstrunk	-	Michael Graber			- Protokoll genehmigen	

Tabelle II: Fachgespräche - Protokoll

==:

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"> - HP-UX Probleme am Montag. <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"> - Besprechung bezüglich Backup. <p>Veeam Kasten steht noch nicht zur Verfügung.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mittwochvormittag in Zürich, am Nachmittag Probleme mit dfs-Shares.
< KW12	<p>So wenig Zeit.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mit Norman Termin für nächste Woche Fachgespräch organisiert. <p>Freue mich darauf.</p>
KW12	<ul style="list-style-type: none"> - Alle Gängigen PostgreSQL HA Lösungen dokumentiert. Aufwand für Die Dokumentation weit grösser als erwartet. - YugabyteDB entpuppt sich als recht fordernd.
KW13	<p>Es benötigt eine «private container registry», mir fehlt die Expertise dazu.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der Aufbau der Projektplanung entpuppt sich begrenzt nutzbar. <p>Das erstellen der Evaluationsinfrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Problem mit dem «private container registry» rührte daher,
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"> - Bereits jetzt viel gerlernt über Kubernetes, Ranger (rke2) und Helm

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:

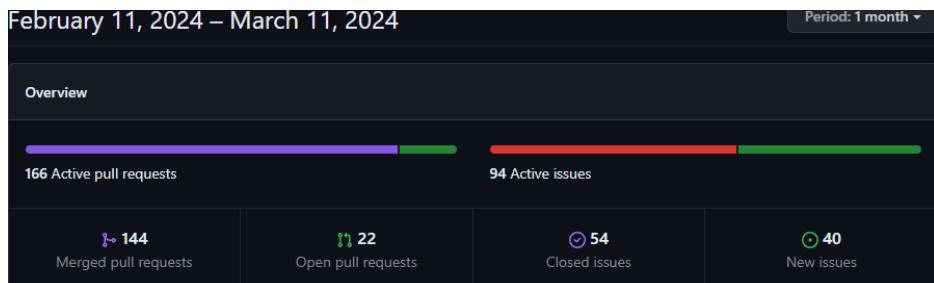


Abbildung I: CloudNativePG - Pulse

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:

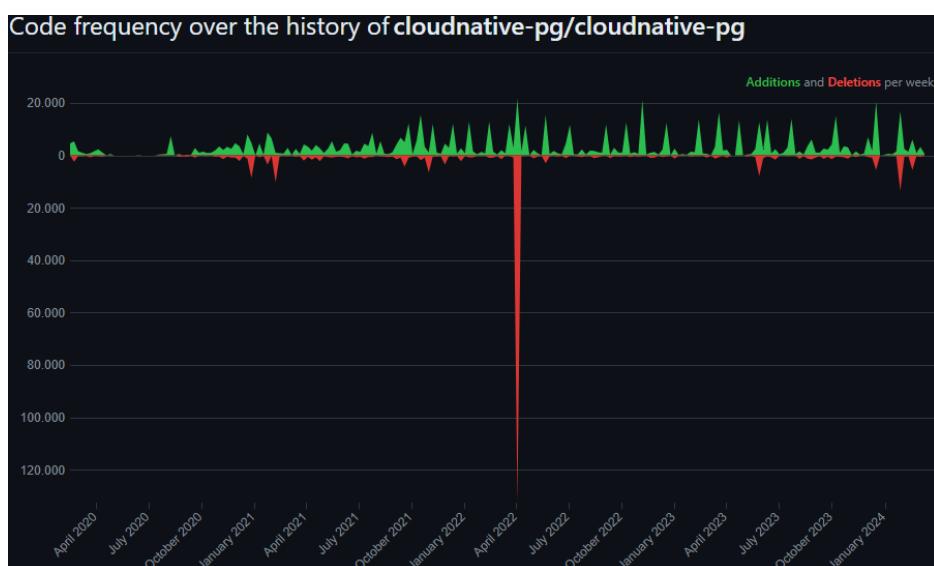


Abbildung II: CloudNativePG - Code Frequency

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:

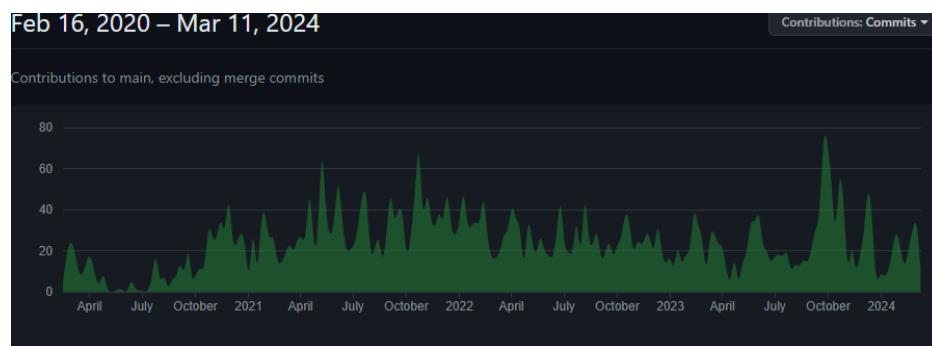


Abbildung IV: CloudNativePG - Contributors Commits

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.

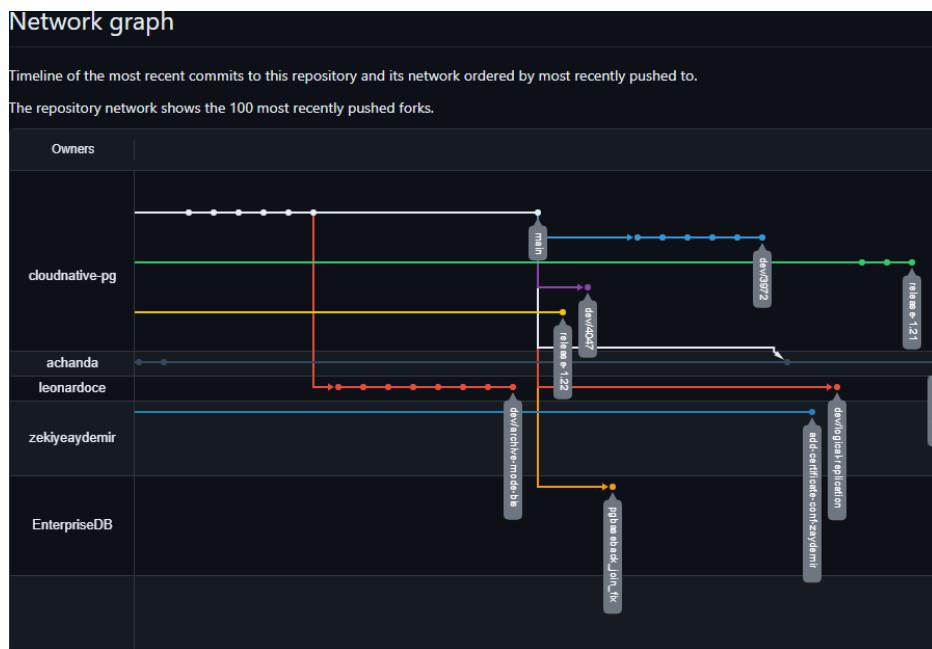


Abbildung VIII: CloudNativePG - Network Graph

V.II Maintenance - Patroni

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

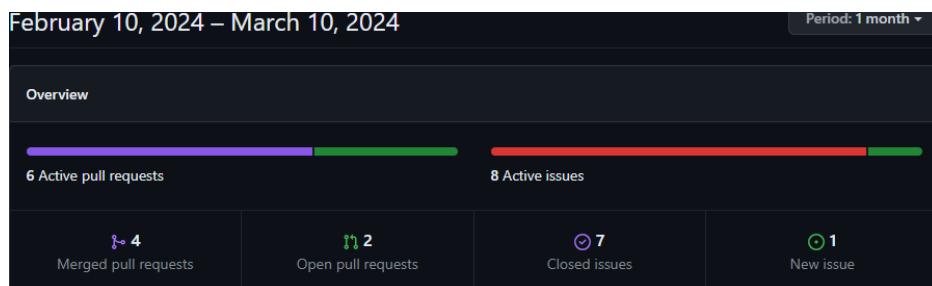


Abbildung IX: Patroni - Pulse

Code wird Regelmässig hinzugefügt und entfernt:

Diplomarbeit

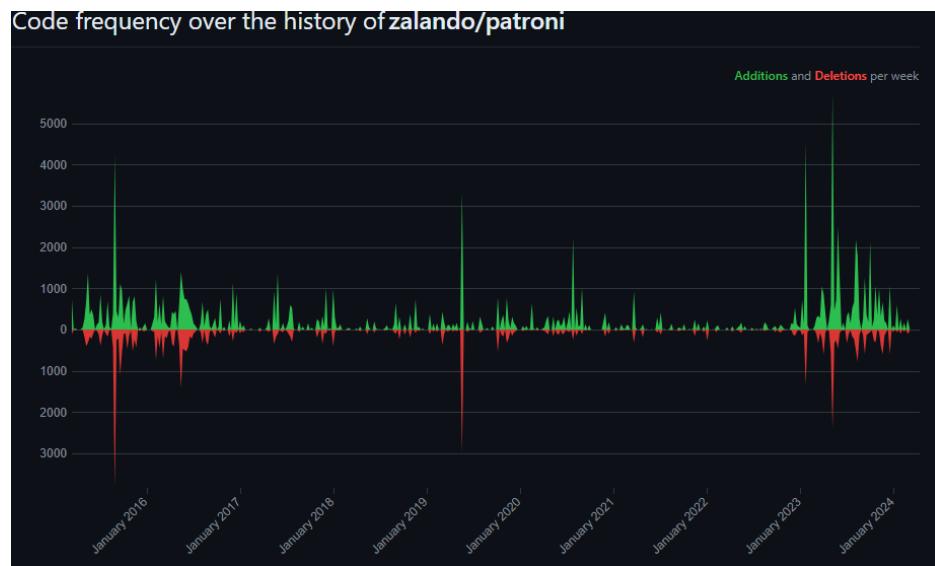


Abbildung X: Patroni - Code Frequency

Das Projekt hält auch die gängigen Standards auf Github ein:

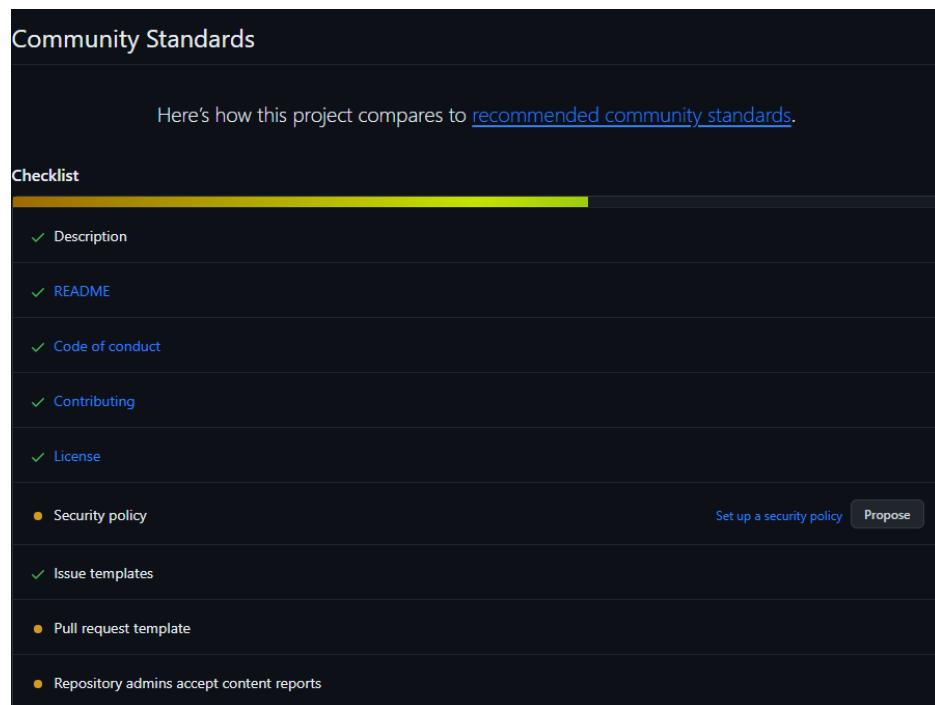


Abbildung XI: Patroni - Community Standards

Die Contributors commiten, löschen und erweitern Patroni Regelmässig:

Diplomarbeit



Abbildung XII: Patroni - Contributors Commits

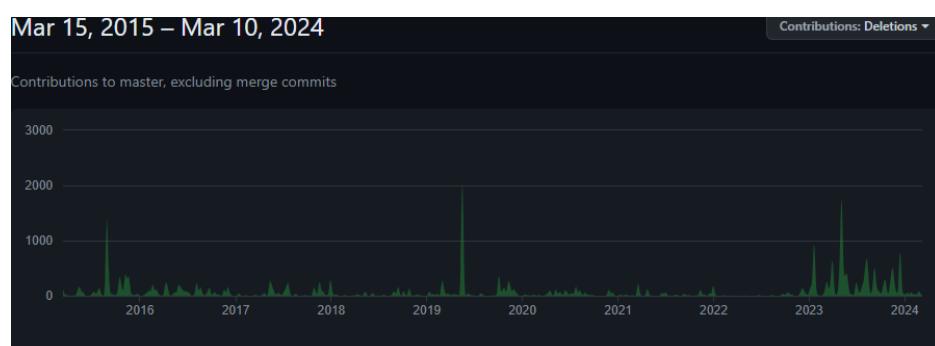


Abbildung XIII: Patroni - Contributors Deletations



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.

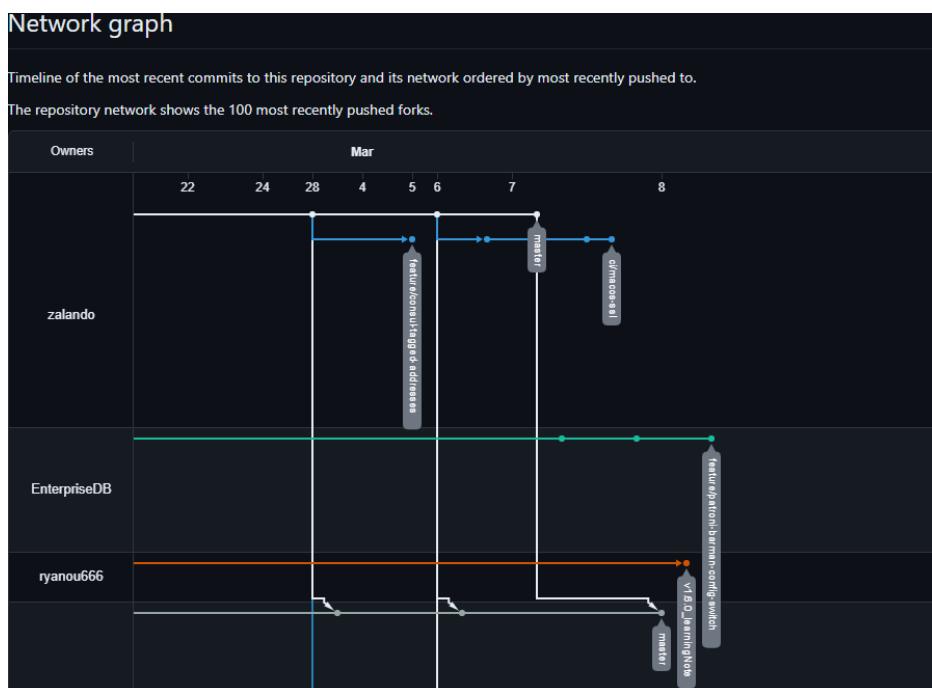


Abbildung XVI: Patroni - Network Graph

V.III Maintenance - StackGres - Citus

Bei StackGres gab es im letzten Monat keine wirkliche Bewegung:

Diplomarbeit

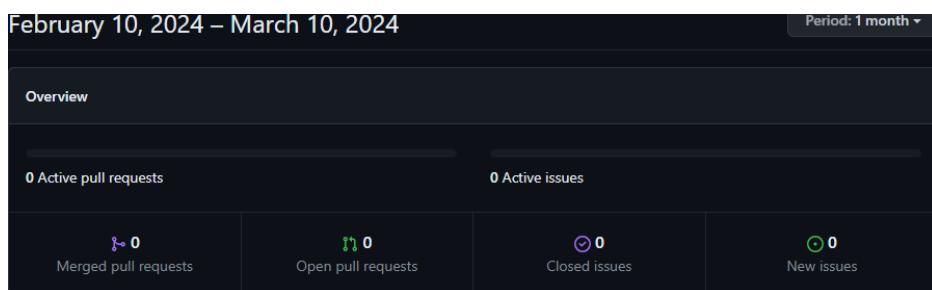


Abbildung XVII: Stackgres - Pulse

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

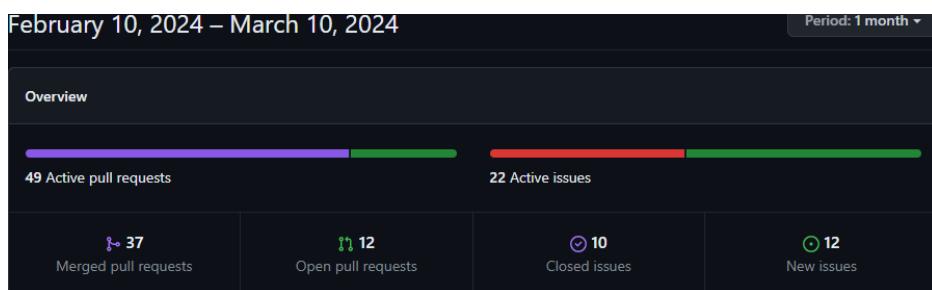


Abbildung XVIII: Citus - Pulse

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

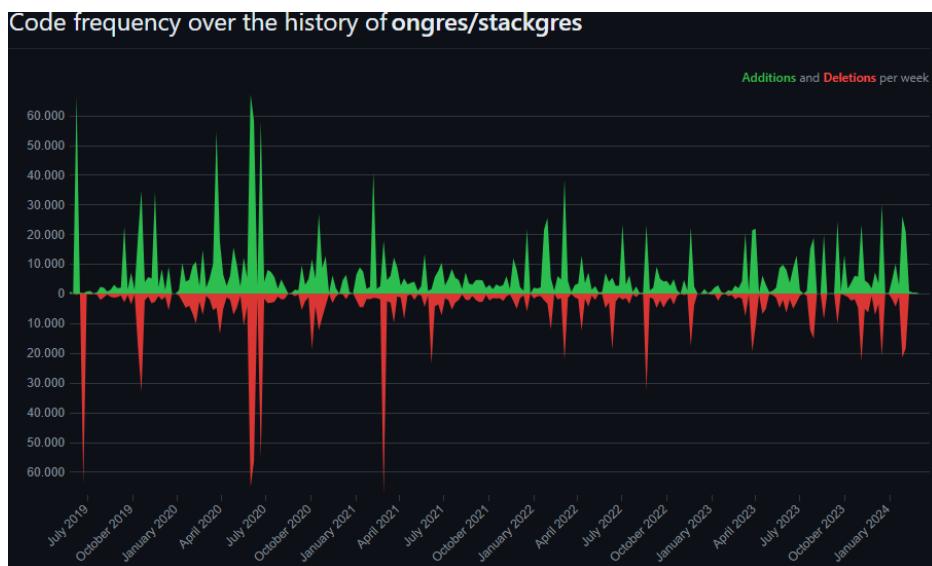


Abbildung XIX: Stackgres - Code Frequency

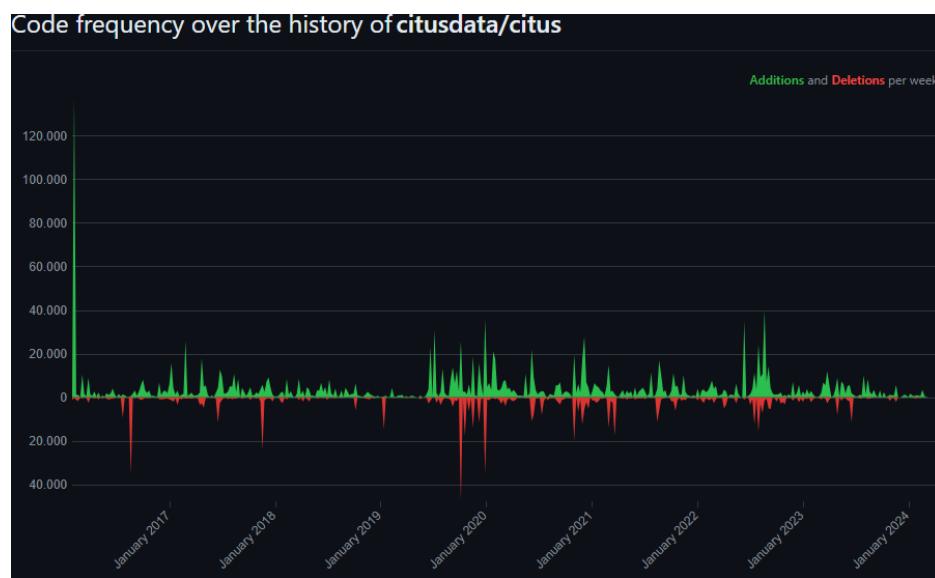


Abbildung XX: Citus - Code Frequency

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

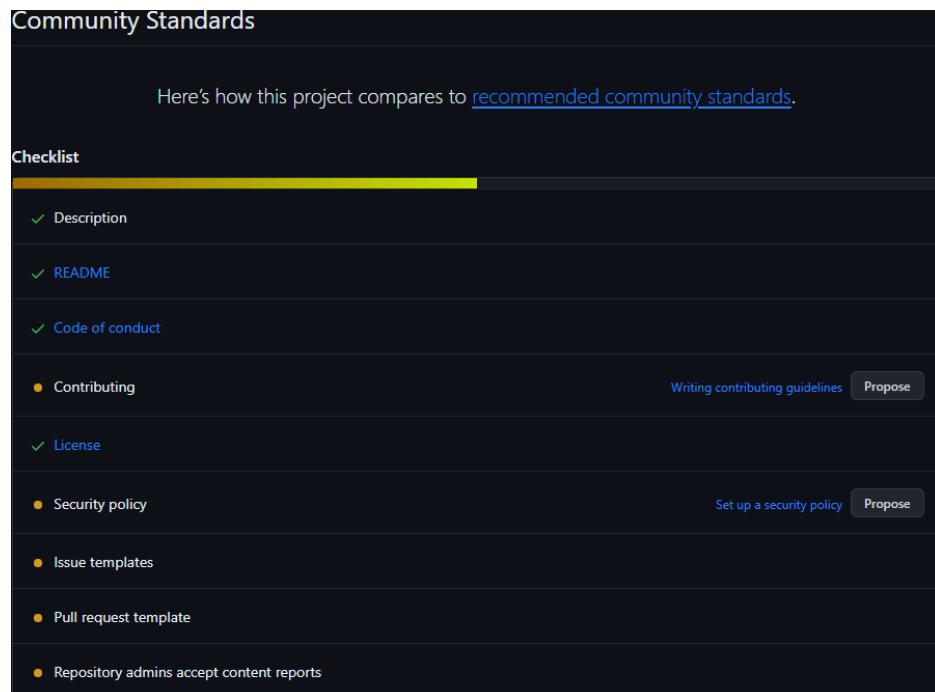


Abbildung XXI: Stackgres - Community Standards

Community Standards

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

Checklist

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

Abbildung XXII: Citus - Community Standards

Die Stackgres Contributors pflegen aktiv Additions ein, löschen Regelmässig und Commiten ebenfalls auf die main-Branch. Citus, dessen Repository länger Committed wird, hat weniger bewegung auf die main-Branch.

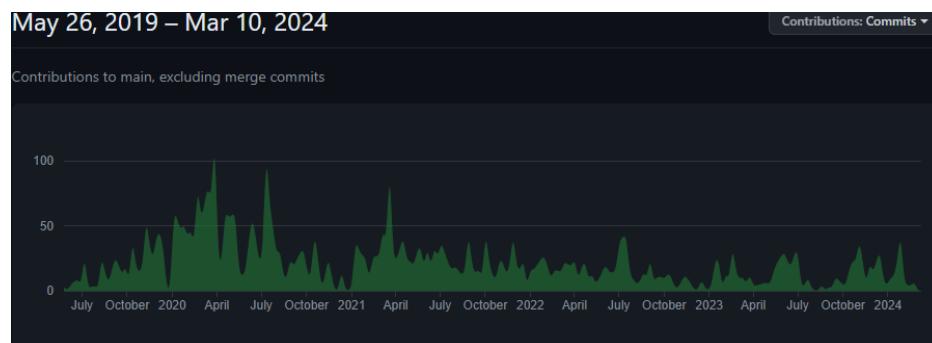


Abbildung XXIII: Stackgres - Contributors Commits

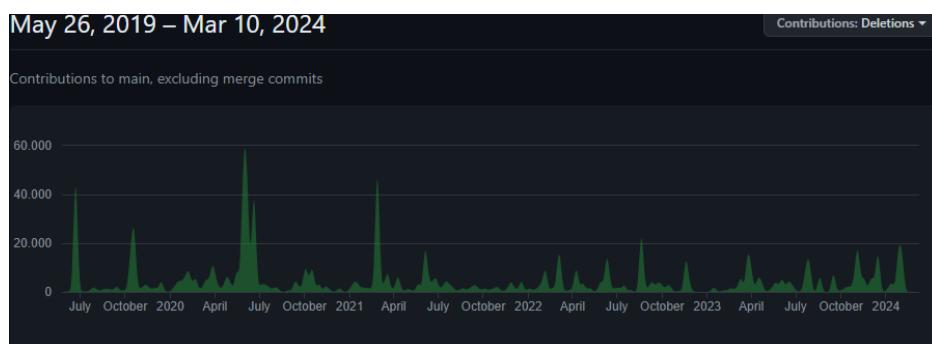


Abbildung XXIV: Stackgres - Contributors Deletions



Abbildung XXV: Stackgres - Contributors Additions

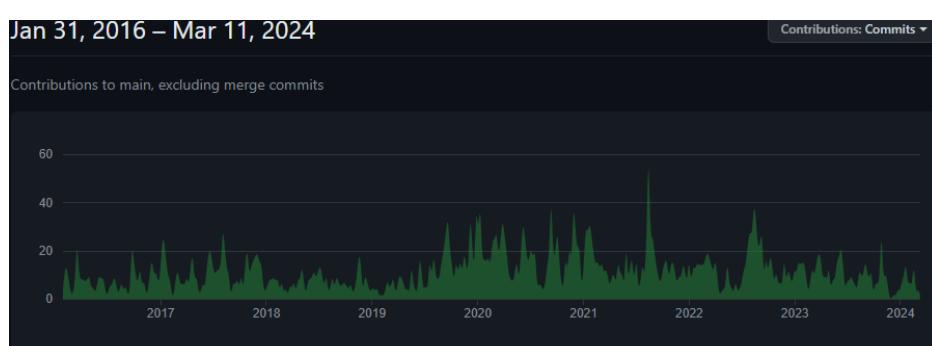


Abbildung XXVI: Citus - Contributors Commits

Diplomarbeit

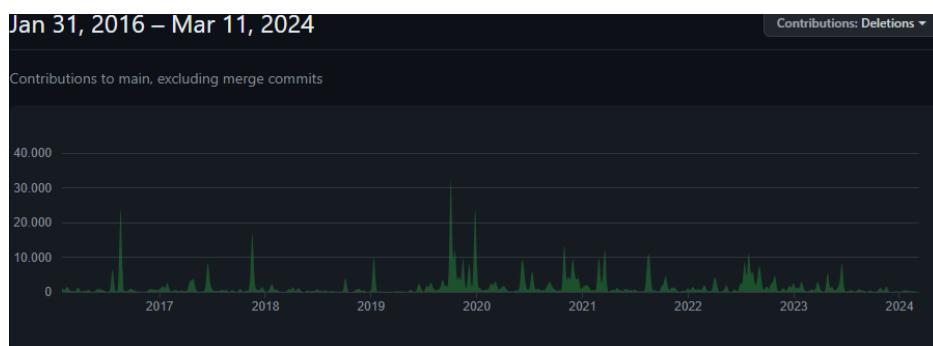


Abbildung XXVII: Citus - Contributors Deletions

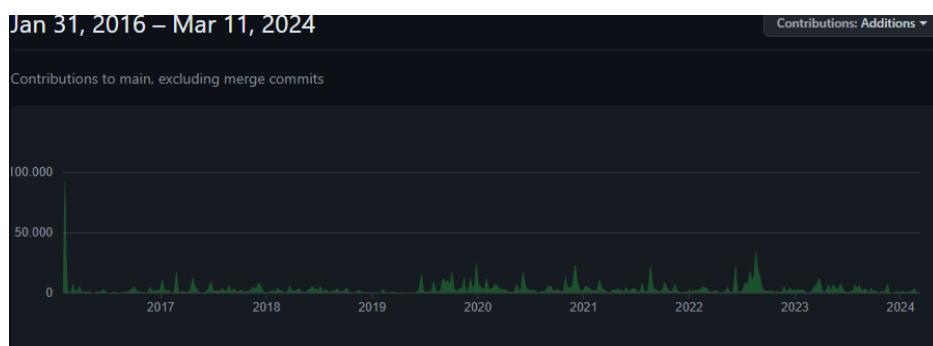


Abbildung XXVIII: Citus - Contributors Additions

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:

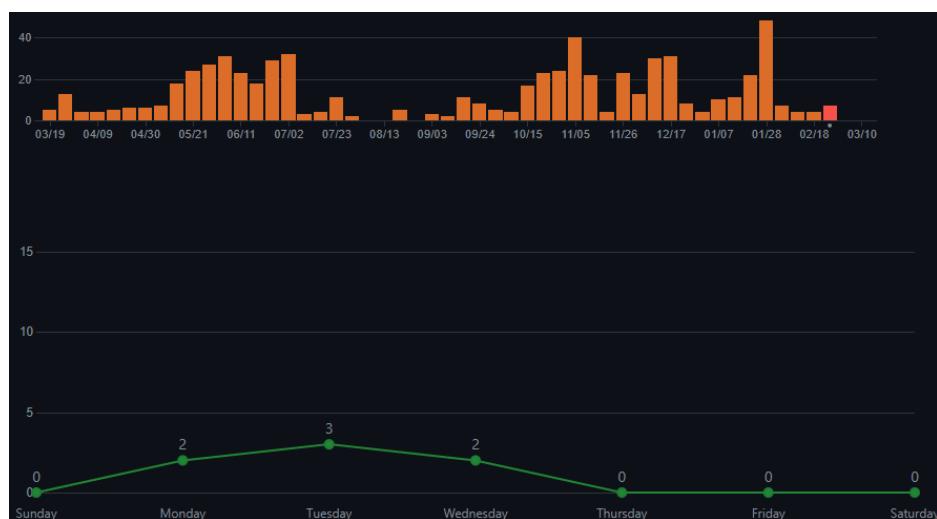


Abbildung XXIX: Stackgres - Commit Activity

Diplomarbeit

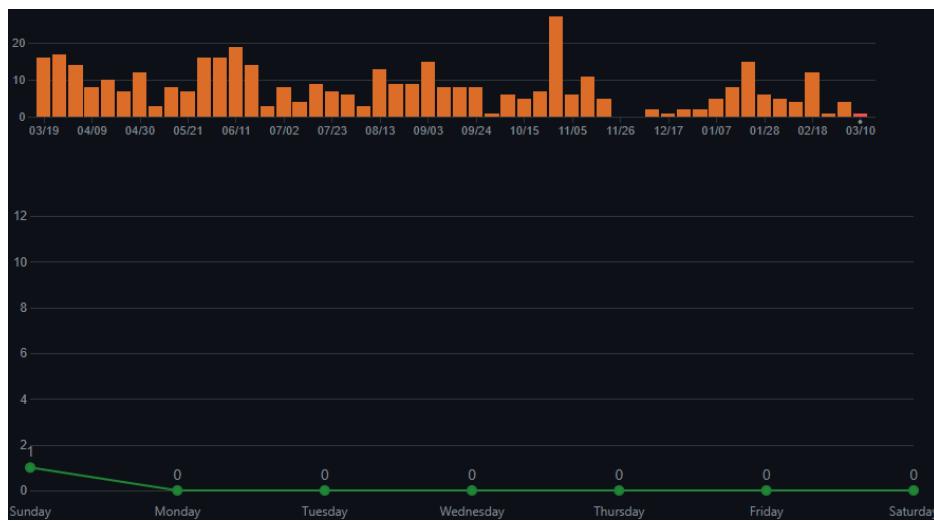


Abbildung XXX: Citus - Commit Activity

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:

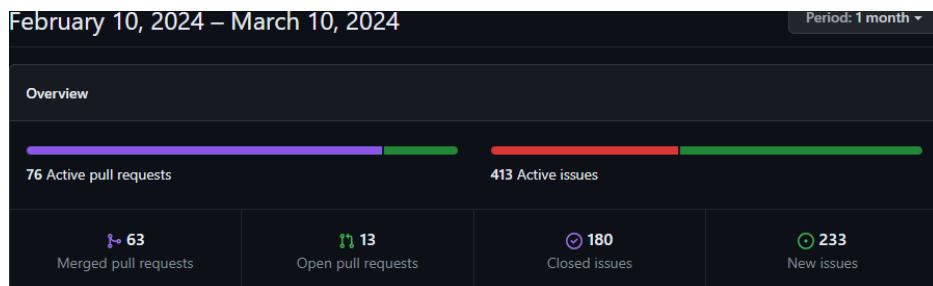


Abbildung XXXIII: YugabyteDB - Pulse

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:

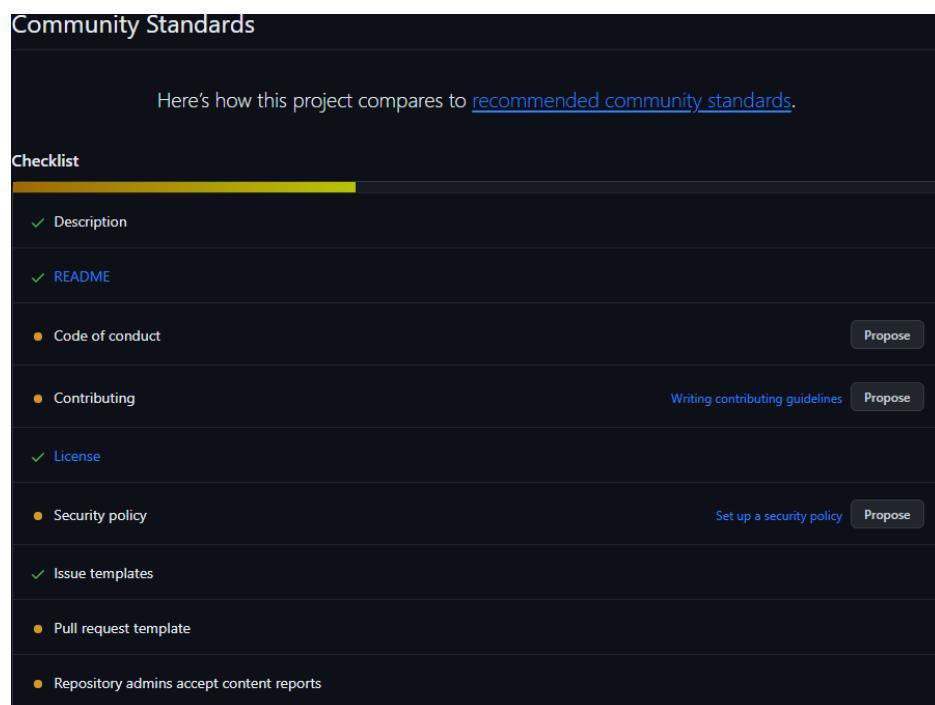


Abbildung XXXV: YugabyteDB - Community Standards

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

Diplomarbeit

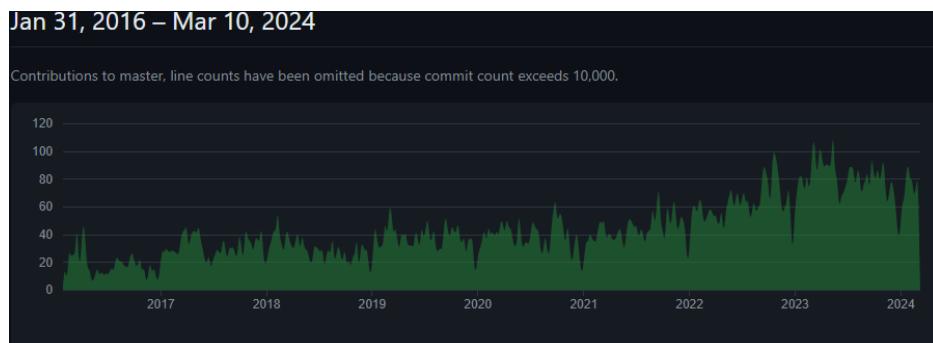


Abbildung XXXVI: YugabyteDB - Contributors

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:

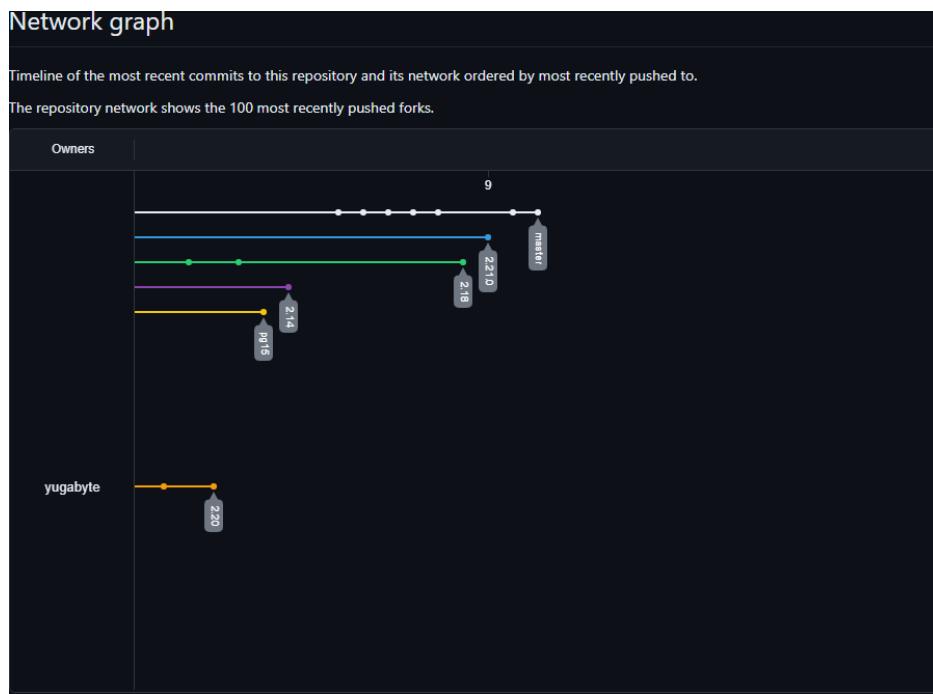


Abbildung XXXVIII: YugabyteDB - Network Graph

VI Evaluationssysteme - Installation

VI.I rke2

VI.I.I Vorbereitung

Da Package aus WAN-Repositories geladen werden müssen, muss eine Proxy-Connection nach aussen gemacht werden können:

```

1 sudo nano /etc/profile.d/proxy.sh
2
3 export https_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
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.I.II Installation

VI.I.II.I server - sks1183

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

Diplomarbeit

Zuerst wird das Verzeichnis für rke2 erstellt:

```
1 mkdir -p /etc/rancher/rke2/
2 mkdir -p /var/lib/rancher/rke2/server/manifests/
```

Listing 2: rke2 server - Verzeichnis erstellen

```
1 # /etc/rancher/rke2/
2 cluster-cidr: "198.18.0.0/16"
3 service-cidr: "198.19.0.0/16"
4 cni:
5   - cilium
6 disable:
7   - rke2-canal
```

Listing 3: rke2 server - config.yaml

Cilium muss separat manifestiert werden:

```
1 # /var/lib/rancher/rke2/server/manifests/rke2-cilium-config.yaml
2 ---
3 apiVersion: helm.cattle.io/v1
4 kind: HelmChartConfig
5 metadata:
6   name: rke2-cilium
7   namespace: kube-system
8 spec:
9   valuesContent: |
10     eni:
11       enabled: true
```

Listing 4: rke2 server - cilium-config.yaml

Das Package kann nun installiert und aktiviert werden:

```
1 curl -sfL https://get.rke2.io | INSTALL_RKE2_VERSION=v1.29.0+rke2r1 sh -
2 systemctl enable rke2-server.service
3 systemctl start rke2-server.service
```

Listing 5: rke2 server installieren

VI.I.II.II agents - sks1184 / sks1185

Der Agent muss direkt heruntergeladen, installiert und aktiviert werden:

```
1 curl -sfL https://get.rke2.io | INSTALL_RKE2_TYPE="agent" INSTALL_RKE2_VERSION=v1
  .29.0+rke2r1 sh -
2 systemctl enable rke2-agent.service
3 mkdir -p /etc/rancher/rke2/
```

Listing 6: rke2 agenten installieren

Diplomarbeit

Die Konfiguration muss nun konfiguriert werden. Dem Agents müssen den Server und den Server Token erhalten:

```
1 # /etc/rancher/rke2/config.yaml
2 server: https://10.0.20.97:9345
3 token: K1042bf32f28282edad37cbac4b77ccfa1cd44a26f0ea2c19111ed664013954a326::server
   :7a430a28b29501b778543f0882a156b8
```

Listing 7: rke2 agent - config.yaml

Nun muss der Dienst restartet werden

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

Listing 8: -rke2 agent service restart

VI.I.II.III Cluster Konfiguration

VI.I.II.III.I server

Auch für Kubernetes und die Pots müssen die Proxy-Einstellungen gemacht werden:

```
1 nano /etc/default/rke2-server
2 HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
3 HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
4 NO_PROXY=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
5
6 CONTAINERD_HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
7 CONTAINERD_HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
8 CONTAINERD_NO_PROXY=localhost
   ,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16
```

Listing 9: rke2 server proxy

Dieses File muss entsprechend in das Homeverzeichnis gespeichert werden:

Listing 10: rke2 server proxy kopieren

Für den Netzwerkteil muss nun Cilium installiert werden:

Listing 11: rke2 server cilium installieren

Cilium muss nun aktiviert werden:

Listing 12: rke2 server cilium aktivieren

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

Listing 13: rke2 server starten

Entsprechend muss die Firewall gesetzt werden:

```

1 nano /etc/iptables/rules.v4
2
3 # Generated by iptables-save v1.8.9 (nf_tables)
4 *filter
5 :INPUT DROP [0:0]
6 :FORWARD ACCEPT [0:0]
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 --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.I.II.IV agents

VI.I.II.V local-path-provisioner

Zuerst mussten auf den drei Servern der Storage bereitgestellt werden:

```

1 root@sks1183:~# mkdir /var/local-path-provisioner
2 root@sks1183:~# chmod -R 777 /var/local-path-provisioner/
3
4 root@sks1184:~# mkdir /var/local-path-provisioner
5 root@sks1184:~# chmod -R 777 /var/local-path-provisioner/
6
7 root@sks1185:~# mkdir /var/local-path-provisioner
8 root@sks1185:~# chmod -R 777 /var/local-path-provisioner/

```

Listing 16: local-path-storage auf Linux Bereitstellen

Anschliessend musste rke2 entsprechend angepasst werden. Damit Automatisch der local-path auf das Verzeichnis /var/local-path-provisioner/ geht, muss dies in einem entsprechenden Manifest geschrieben werden:

```

1 kind: ConfigMap
2 apiVersion: v1
3 metadata:
4   name: local-path-config
5   namespace: local-path-storage
6 data:
7   config.json: |-
8     {
9       "nodePathMap": [
10         {
11           "node": "DEFAULT_PATH_FOR_NON_LISTED_NODES",
12           "paths": ["/var/local-path-provisioner"]
13         }
14       ]
15     }
16   setup: |-
17     #!/bin/sh
18     set -eu
19     mkdir -m 0777 -p "$VOL_DIR"
20   teardown: |-
21     #!/bin/sh
22     set -eu
23     rm -rf "$VOL_DIR"
24   helperPod.yaml: |-
25     apiVersion: v1
26     kind: Pod
27     metadata:
28       name: helper-pod
29     spec:
30       priorityClassName: system-node-critical
31       tolerations:

```

Diplomarbeit

```

32      - key: node.kubernetes.io/disk-pressure
33          operator: Exists
34          effect: NoSchedule
35
36      containers:
37          - name: helper-pod
            image: busybox

```

Listing 17: local-path-provisioner definieren

Zuerst mussten auf den drei Servern der Storage bereitgestellt werden:

```

1 kubectl apply -f /home/gramic/PycharmProjects/rke2_settings/rke2/local-path-
    provisioner.yaml

```

Listing 18: local-path-storage aktualisieren

VI.I.II.VI MetallB - Proxy / Load Balancer

MetallB musste installiert werden:

```

1 kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/metallb/metallb/v0.14.4/config/
    manifests/metallb-native.yaml

```

Listing 19: MetallB installieren

Das Konfigurationsmanifest wurde eingespielt:

```

1 apiVersion: metallb.io/v1beta1
2 kind: IPAddressPool
3 metadata:
4   name: distributed-sql
5   namespace: metallb-system
6 spec:
7   addresses:
8     - 10.0.20.106-10.0.20.106
9     - 10.0.20.150-10.0.20.155
10 --
11 apiVersion: metallb.io/v1beta1
12 kind: L2Advertisement
13 metadata:
14   name: l2adv
15   namespace: metallb-system
16 spec:
17   ipAddressPools:
18     - distributed-sql

```

Listing 20: MetallB konfigurieren

Das Manifest musste danach eingespielt werden:

Diplomarbeit

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

Listing 21: MetallB Konfiguration einspielen

VI.II yugabyteDB

VI.II.I Prerequisites

VI.II.I.I Prometheus Daten

VI.II.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/
2                    yugabytedb/yugabytedb/storageclass.yaml
3 storageclass.storage.k8s.io/yb-storage unchanged
3 persistentvolume/yb-storage-pv created
```

Listing 23: yugabyteDB - StorageClass / PersistentVolume aktivieren

VI.II.II Installation

Zuerst muss ein Namespace erstellt werden:

```
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:

```

Diplomarbeit

```
39 requests:
40   cpu: "1"
41   memory: 4Gi
42 limits:
43   cpu: "1"
44   ## Ensure the 'memory' value is strictly in 'Gi' or 'G' format. Deviating
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 replicas:
55   master: 3
56   tserver: 3
57   ## Used to set replication factor when isMultiAz is set to true
58   totalMasters: 3
59
60 partition:
61   master: 0
62   tserver: 0
63
64 updateStrategy:
65   type: RollingUpdate
66
67 # Used in Multi-AZ setup
68 masterAddresses: ""
69
70 isMultiAz: false
71 AZ: ""
72
73 disableYsql: false
74
75 tls:
76   # Set to true to enable the TLS.
77   enabled: false
78   nodeToNode: true
79   clientToServer: true
80   ## Set to false to disallow any service with unencrypted communication from
81   ## joining this cluster
82   insecure: false
83   ## Set enabled to true to use cert-manager instead of providing your own rootCA
84   certManager:
85     enabled: false
```

```
82      # Will create own ca certificate and issuer when set to true
83      bootstrapSelfsigned: true
84      # Use ClusterIssuer when set to true, otherwise use Issuer
85      useClusterIssuer: false
86      # Name of ClusterIssuer to use when useClusterIssuer is true
87      clusterIssuer: cluster-ca
88      # Name of Issuer to use when useClusterIssuer is false
89      issuer: Yugabyte-ca
90      certificates:
91          # The lifetime before cert-manager will issue a new certificate.
92          # The re-issued certificates will not be automatically reloaded by the
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: "LS0tLS1CRUdJTiBDRVJUSUZJQ0FURS0tLS0tCk1JSUM2VENDQWRHZ0F3SUJBZ01CQVRBTkJna3Foa2lHOXcwQkFRc02"
110         key: "LS0tLS1CRUdJTiBSU0EgUFJJVkfURSBLRVktLS0tLQpNSUlFcEFJQkFBSONBUUVBdU4xYXVpZzhvalUwczQ5cXdBeG"
111
112     ## When tls.certManager.enabled=false
113     ## nodeCert and clientCert will be used only when rootCA.key is empty.
114     ## Will be ignored and genSignedCert will be used to generate
115     ## node and client certs if rootCA.key is provided.
116     ## cert and key are base64 encoded content of certificate and key.
117     nodeCert:
118         cert: ""
119         key: ""
120     clientCert:
121         cert: ""
122         key: ""
```

```
123 tserver: {}
124 #   use_cassandra_authentication: false
125
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   mcsApiVersion: "multicluster.x-k8s.io/v1alpha1"
239
240   serviceMonitor:
241     ## If true, two ServiceMonitor CRs are created. One for yb-master
242     ## and one for yb-tserver
243     ## https://github.com/coreos/prometheus-operator/blob/master/Documentation/api.
244     ## md#servicemonitor
245     ##
246     enabled: false
247     ## interval is the default scrape_interval for all the endpoints
248     interval: 30s
249     ## extraLabels can be used to add labels to the ServiceMonitors
250     ## being created
251     extraLabels: {}
252     ## release: prom
253
254     ## Configurations of ServiceMonitor for yb-master
255     master:
256       enabled: true
257       port: "http-ui"
258       interval: ""
259       path: "/prometheus-metrics"
260
261     ## Configurations of ServiceMonitor for yb-tserver
262     tserver:

```

Diplomarbeit

```

261     enabled: true
262     port: "http-ui"
263     interval: ""
264     path: "/prometheus-metrics"
265   ycql:
266     enabled: true
267     port: "http-ycql-met"
268     interval: ""
269     path: "/prometheus-metrics"
270   ysql:
271     enabled: true
272     port: "http-ysql-met"
273     interval: ""
274     path: "/prometheus-metrics"
275   yedis:
276     enabled: true
277     port: "http-yedis-met"
278     interval: ""
279     path: "/prometheus-metrics"
280
281 commonMetricRelabelings:
282 # https://git.io/JJW5p
283 # Save the name of the metric so we can group_by since we cannot by __name__
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: {}

```

```

307
308 nodeSelector: {}
309
310 affinity: {}
311
312 statefulSetAnnotations: {}
313
314 networkAnnotation: {}
315
316 commonLabels: {}
317
318 master:
319     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/# affinity-v1-core
320     ## This might override the default affinity from service.yaml
321     # To successfully merge, we need to follow rules for merging nodeSelectorTerms
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     ## Extra environment variables passed to the Master pods.
350     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/# envvar-v1-core
351     ## Example:

```

```
348 # extraEnv:  
349 # - name: NODE_IP  
350 #   valueFrom:  
351 #     fieldRef:  
352 #       fieldPath: status.hostIP  
353 extraEnv: []  
354  
355 # secretEnv variables are used to expose secrets data as env variables in the  
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 ## extraVolumeMounts 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/#
```

```

393     volumemount-v1-core
394     ## Example:
395     # extraVolumeMounts:
396     # - name: custom-nfs-vol
397     #   mountPath: /home/yugabyte/nfs-backup
398     extraVolumeMounts: []
399
400     ## Set service account for master DB pods. The service account
401     ## should exist in the namespace where the master DB pods are brought up.
402     serviceAccount: ""
403
404     ## Memory limit hard % (between 1-100) of the memory limit.
405     memoryLimitHardPercentage: 85
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
436     affinity: {}
437
438     ## Extra environment variables passed to the TServer pods.

```

Diplomarbeit

```

434     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#  
435     envvar-v1-core  
436  
437     ## Example:  
438     # extraEnv:  
439     # - name: NODE_IP  
440     #   valueFrom:  
441     #     fieldRef:  
442     #       fieldPath: status.hostIP  
443     extraEnv: []  
444  
445     ## secretEnv variables are used to expose secrets data as env variables in the  
446     ## tserver pods.  
447     ## If namespace field is not specified we assume that user already  
448     ## created the secret in the same namespace as DB pods.  
449     ## Example  
450     # secretEnv:  
451     # - name: MYSQL_LDAP_PASSWORD  
452     #   valueFrom:  
453     #     secretKeyRef:  
454     #       name: secretName  
455     #       namespace: my-other-namespace-with-ldap-secret  
456     #       key: password  
457     secretEnv: []  
458  
459     ## Annotations to be added to the TServer pods.  
460     podAnnotations: {}  
461  
462     ## Labels to be added to the TServer pods.  
463     podLabels: {}  
464  
465     ## Tolerations to be added to the TServer pods.  
466     ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#  
467     # toleration-v1-core  
468     ## Example:  
469     # tolerations:  
470     # - key: dedicated  
471     #   operator: Equal  
472     #   value: experimental  
473     #   effect: NoSchedule  
474     tolerations: []  
475  
476     ## Sets the --server_broadcast_addresses flag on the TServer, no  
477     ## preflight checks are done for this address. You might need to add  
478     ## 'use_private_ip: cloud' to the gflags.master and gflags.tserver.  
479     serverBroadcastAddress: ""  
480  
481     ## Extra volumes  
482     ## extraVolumeMounts are mandatory for each extraVolumes.  
483

```

Diplomarbeit

```
479 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#  
480     volume-v1-core  
481 ## Example:  
482 # extraVolumes:  
483 # - name: custom-nfs-vol  
484 #   persistentVolumeClaim:  
485 #     claimName: some-nfs-claim  
486 extraVolumes: []  
487  
488 ## Extra volume mounts  
489 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/generated/kubernetes-api/v1.22/#  
490     volumemount-v1-core  
491 ## Example:  
492 # extraVolumeMounts:  
493 # - name: custom-nfs-vol  
494 #   path: /home/yugabyte/nfs-backup  
495 extraVolumeMounts: []  
496  
497 ## Set service account for tserver DB pods. The service account  
498 ## should exist in the namespace where the tserver DB pods are brought up.  
499 serviceAccount: ""  
500  
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  
   # port bind checks
```

```
523 skipAll: false
524 # Set to true to skip port bind checks
525 skipBind: false
526
527 ## Set to true to skip ulimit verification
528 ## SkipAll has higher priority
529 skipUlimit: false
530
531 ## Pod securityContext
532 ## Ref: https://kubernetes.io/docs/reference/kubernetes-api/workload-resources/pod
      -v1/#security-context
533 ## The following configuration runs YB-Master and YB-TServer as a non-root user
534 podSecurityContext:
535   enabled: false
536   ## Mark it false, if you want to stop the non root user validation
537   runAsNonRoot: true
538   fsGroup: 10001
539   runAsUser: 10001
540   runAsGroup: 10001
541
542 ## Added to handle old universe which has volume annotations
543 ## K8s universe <= 2.5 to >= 2.6
544 legacyVolumeClaimAnnotations: false
```

Listing 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

VI.II.III Rekonfiguration mit 300GiB Storage

VI.III Stackgres mit Citus

VI.III.I Prerequisites

VI.III.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
```

Diplomarbeit

```

7 provisioner: rancher.io/local-path
8 parameters:
9   nodePath: /var/local-path-provisioner
10 volumeBindingMode: WaitForFirstConsumer
11 reclaimPolicy: Delete
12---
13 apiVersion: v1
14 kind: PersistentVolume
15 metadata:
16   name: stackgres-storage-pv
17   labels:
18     type: local
19 spec:
20   accessModes:
21     - ReadWriteOnce
22   capacity:
23     storage: 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

VI.IV sks9016 - YugabyteDB

VI.IV.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 ...

```

Diplomarbeit

```
3 root@sks9016:/opt/yugabyte-2.21.0.0# ./bin/post_install.sh  
4
```

Listing 30: sks9016 - Installation YugabyteDB On-Premise

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

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

VI.V Patroni

VI.V.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:

Diplomarbeit

```
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

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:

VI.V.II Installation

VI.V.III Konfiguration

VII Exkurs Architekturen - Umsysteme und Prinzipien

VII.I Raft-Konsensus

VII.II local-path-provisioner

VIII Python Utils

VIII.I zotero.py

```
1 import json
2 import pybtex
3 import requests
4 import os
5 from pybtex.database import BibliographyData, Entry, Person
6 from dateutil.parser import parse
7 import math
8 import yaml
9
10 # Load the Configurations
11 def load_configuration(zotero_conf_filename):
12     zotero_bibtex_config = dict()
13     zotero_conf_dir = os.path.join(os.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(
```

```
38     collection_id) + '/items?limit=1?format=json?sort=dateAdded?direction=asc',
39
40     response = requests.get(URL, headers={'Zotero-API-Key': API_KEY})
41
42     header_dict = response.headers
43     total_elems = int(header_dict.get('Total-Results'), 0)
44
45     if total_elems < result_limit:
46         URL_ALL_ITEMS = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(
47             zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?
48             limit=' + str(
49                 result_limit) + '?format=json?sort=dateAdded?direction=asc'
50         zotero_result = download_zotero_datas(URL_ALL_ITEMS, API_KEY)
51
52         zotero_data.extend(zotero_result)
53     else:
54         runs = int(math.ceil(total_elems / 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 = download_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:
```

```
82     year = dated_date.year
83     return_value = {'year': year}
84
85     return return_value
86
87 # Split Creators into biblatex Creators
88 def split_creators(creators):
89     if creators != []:
90
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', ,
134     'techreport']
135     # Bibliography
136     # tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source')
137     bibtex_path = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filepath')
138     tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), bibtex_path)
139     # tex_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')
140     # file_name = 'Datenbank_Projektauftrag_Michael_Graber.bib'
141     file_name = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filename')
142
143     file_path = os.path.join(tex_dir, file_name)
144
145     # bib_datas = BibliographyData()
146     listKeys = list()
147     bib_data = ''
148     for zotero_items in zotero_data:
149         biblio_item = zotero_items.get('data')
150         itemkeys = biblio_item.keys()
151         listKeys.extend(biblio_item.keys())
152         zotero_item_key = biblio_item.get('key')
153         zotero_item_title = biblio_item.get('title')
154         zotero_item_nameofact = biblio_item.get('nameOfAct')
155         zotero_item_nameofcase = biblio_item.get('caseName')
156         zotero_item_subject = biblio_item.get('subject')
157         zotero_item_type = biblio_item.get('itemType')
158
159         # some item types have no titles
160         # set the special names instead of the title
161         if zotero_item_title:
162             bibtex_item_titel = zotero_item_title
163         else:
164             if zotero_item_type == 'statute':
165                 biblio_item['title'] = zotero_item_nameofact
166                 bibtex_item_titel = zotero_item_nameofact
167             elif zotero_item_type == 'case':
168                 biblio_item['title'] = zotero_item_nameofcase
169                 bibtex_item_titel = zotero_item_nameofcase
170             elif zotero_item_type == 'email':
171                 biblio_item['title'] = zotero_item_subject
172                 bibtex_item_titel = zotero_item_subject
173
174             if zotero_item_type == 'thesis':
175                 master_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get(
176                     'masterthesis')

```

```

175     phd_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get('
176     phdthesis')
177
177     # First Master thesis
178     if any(item in bibtex_item_titel for item in master_list):
179         bibtex_item_key = 'masterthesis'
180     # Second PHD Thesis
181     elif any(item in bibtex_item_titel for item in phd_list):
182         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
191     # get all Keys for the zotero item type
192     entryset = '\n'
193     entry = ''
194
195     zotero_item_attributes = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('
196     attributes').keys()
197     item_attributes = sorted(zotero_item_attributes, reverse=True)
198
198     for index, item_attribute in enumerate(item_attributes):
199         bibtex_item_attribute = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('
200         attributes').get(item_attribute)
201         zotero_item_value = biblio_item.get(item_attribute)
202         zotero_item_value_extra = ''
203         bibtex_item_attribute_extra = ''
204
204     # Special Cases
205     if bibtex_item_attribute == 'SPECIALCHECK' and zotero_item_value not
206     in [None, None]:
207         bibtex_special_attribute = zotero_bibtex_attributes_special.get(
208             item_attribute)
209
209         match bibtex_special_attribute:
210             case 'get_dates':
211                 zotero_item_value = get_dates(zotero_item_value,
212                     bibtex_item_key, bibtex_month_attributes)
213                     if zotero_item_value.get('month'):
214                         zotero_item_value_extra = zotero_item_value.get('month
215                         ')
215                         bibtex_item_attribute_extra = 'month'
216
216

```

```
215         zotero_item_value = zotero_item_value.get('year')
216         bibtex_item_attribute = 'year'
217         case 'split_creators':
218             authors = split_creators(zotero_item_value)
219             entryset = entryset + authors
220         elif bibtex_item_attribute == 'howpublished':
221             if zotero_item_value not in ['', None, []]:
222                 zotero_item_value = '\\url{' + zotero_item_value + '}'
223
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) + ,
230                         =\\" + str(zotero_item_value_extra) + \\\",
231                         else:
232                             entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute_extra) + ,
233                             = + str(zotero_item_value_extra)
234
235                     if index != len(item_attributes) - 1:
236                         entryset = entryset + ',\n'
237                     else:
238                         entryset = entryset + '\n'
239
240                     if type(zotero_item_value) == str and not zotero_item_value.
241                     isnumeric():
242                         entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=\\' + str
243                         (zotero_item_value) + '\\\',
244                         else:
245                             entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=' + str(
246                             zotero_item_value)
247
248                     if index != len(item_attributes) - 1:
249                         entryset = entryset + ',\n'
250                     else:
251                         entryset = entryset + '\n'
252
253 # create the Entry
254 entry = '@' + bibtex_item_key + '{' + zotero_item_key + ',\n'
255 entry = entry + entryset + '}',
256 bib_data = bib_data + '\n' + entry
257
258 # parse String to pybtex.database Object
259 # bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex",
260 encoding='ISO-8859-1')
261 bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex",
262 encoding='Utf-8')
```

Diplomarbeit

```

255     # Save pybtex.database to file
256     # BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding=
257     # ='ISO-8859-1')
258     # BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding=,
259     # utf-8)
260
261
262 zotero_bibtex_config = load_configuration('zotero_bibtex_configuration.yaml')
263 zotero_data = get_data(zotero_bibtex_config)
264 write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config)

```

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

VIII.II zotero_bibtex_configuration.yaml

```

1 result_limit: 100
2 access_type: "groups"
3 zotero_access_id: "5222465"
4 collection_id: "PC3BW6EP"
5 api_key: "6Xgb3XhGjQXwA8NuZgu3bw3s"
6 keystore_file: "zotero_biblatex_keystore.yaml"
7 keystore_filepath: "source/configuration"
8 bibtex_filepath: "source"
9 bibtex_filename: "Diplomarbeit_Michael_Graber.bib"

```

Listing 36: Python LaTex - zotero_bibtex_configuration.yaml - Konfigurationsdatei - Zotero BibLaTex Importer

VIII.III zotero_biblatex_keystore.yaml

```

1 ---
2 artwork:
3   key: misc
4   attributes:
5     title: title
6     date: SPECIALCHECK
7     creators: SPECIALCHECK
8     url: howpublished
9     extra: note
10 audioRecording:
11   key: misc
12   attributes:
13     title: title
14     date: SPECIALCHECK
15     creators: SPECIALCHECK
16 bill:

```

Diplomarbeit

```
17 key: misc
18 attributes:
19   title: title
20   date: SPECIALCHECK
21   creators: SPECIALCHECK
22   url: howpublished
23   extra: note
24 blogPost:
25   key: misc
26   attributes:
27     title: title
28     date: SPECIALCHECK
29     creators: SPECIALCHECK
30     url: howpublished
31     extra: note
32 book:
33   key: book
34   attributes:
35     title: title
36     date: SPECIALCHECK
37     creators: SPECIALCHECK
38     publisher: publisher
39     place: address
40 bookSection:
41   key: inbook
42   attributes:
43     title: title
44     date: SPECIALCHECK
45     creators: SPECIALCHECK
46     pages: pages
47     publisher: publisher
48     place: address
49     bookTitle: booktitle
50 case:
51   key: misc
52   attributes:
53     title: title
54     date: SPECIALCHECK
55     creators: SPECIALCHECK
56     url: howpublished
57     extra: note
58 conferencePaper:
59   key: inproceedings
60   attributes:
61     title: title
62     date: SPECIALCHECK
63     creators: SPECIALCHECK
64     series: series
```

Diplomarbeit

```
65    proceedingsTitle: booktitle
66    publisher: publisher
67    pages: pages
68    place: address
69 dictionaryEntry:
70    key: misc
71    attributes:
72        title: title
73        date: SPECIALCHECK
74        creators: SPECIALCHECK
75        url: howpublished
76        extra: note
77 document:
78    key: misc
79    attributes:
80        title: title
81        date: SPECIALCHECK
82        creators: SPECIALCHECK
83        url: howpublished
84        extra: note
85 email:
86    key: misc
87    attributes:
88        title: title
89        date: SPECIALCHECK
90        creators: SPECIALCHECK
91        url: howpublished
92        extra: note
93 encyclopediaArticle:
94    key: misc
95    attributes:
96        title: title
97        date: SPECIALCHECK
98        creators: SPECIALCHECK
99        url: howpublished
100       extra: note
101 film:
102    key: misc
103    attributes:
104        title: title
105        date: SPECIALCHECK
106        creators: SPECIALCHECK
107        url: howpublished
108       extra: note
109 forumPost:
110    key: misc
111    attributes:
112        title: title
```

Diplomarbeit

```
113     date: SPECIALCHECK
114     creators: SPECIALCHECK
115     url: howpublished
116     extra: note
117 hearing:
118   key: misc
119   attributes:
120     title: title
121     date: SPECIALCHECK
122     creators: SPECIALCHECK
123     url: howpublished
124     extra: note
125 instantMessage:
126   key: misc
127   attributes:
128     title: title
129     date: SPECIALCHECK
130     creators: SPECIALCHECK
131     url: howpublished
132     extra: note
133 interview:
134   key: misc
135   attributes:
136     title: title
137     date: SPECIALCHECK
138     creators: SPECIALCHECK
139     url: howpublished
140     extra: note
141 journalArticle:
142   key: article
143   attributes:
144     title: title
145     date: SPECIALCHECK
146     creators: SPECIALCHECK
147     volume: volume
148     pages: pages
149     seriesNumber: number
150     seriesTitle: journal
151     url: url
152 letter:
153   key: misc
154   attributes:
155     title: title
156     date: SPECIALCHECK
157     creators: SPECIALCHECK
158     url: howpublished
159     extra: note
160 magazineArticle:
```

Diplomarbeit

```
161 key: article
162 attributes:
163   title: title
164   date: SPECIALCHECK
165   creators: SPECIALCHECK
166   volume: volume
167   pages: pages
168   seriesNumber: number
169   seriesTitle: journal
170   url: url
171 manuscript:
172   key: unpublished
173   attributes:
174     title: title
175     date: SPECIALCHECK
176     creators: SPECIALCHECK
177 map:
178   key: misc
179   attributes:
180     title: title
181     date: SPECIALCHECK
182     creators: SPECIALCHECK
183     url: howpublished
184     extra: note
185 newspaperArticle:
186   key: article
187   attributes:
188     title: title
189     date: SPECIALCHECK
190     creators: SPECIALCHECK
191     volume: volume
192     pages: pages
193     seriesNumber: number
194     seriesTitle: journal
195     url: url
196 patent:
197   key: misc
198   attributes:
199     title: title
200     date: SPECIALCHECK
201     creators: SPECIALCHECK
202     url: howpublished
203     extra: note
204 podcast:
205   key: misc
206   attributes:
207     title: title
208     date: SPECIALCHECK
```

Diplomarbeit

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

Diplomarbeit

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

Diplomarbeit

```

305     creators: SPECIALCHECK
306     url: howpublished
307     extra: note
308
309     preprint:
310         key: misc
311         attributes:
312             title: title
313             date: SPECIALCHECK
314             creators: SPECIALCHECK
315             url: howpublished
316             extra: note
317
318     dataset:
319         key: misc
320         attributes:
321             title: title
322             date: SPECIALCHECK
323             creators: SPECIALCHECK
324             url: howpublished
325             extra: note
326
327     thesis:
328         key: thesis
329         attributes:
330             title: title
331             date: SPECIALCHECK
332             creators: SPECIALCHECK
333             place: address
334             university: school

```

Listing 37: Python LaTex - zotero_biblatex_keystore.yaml - x-y-Achse Konfigurationsdatei - Zotero BibLaTex Importer

VIII.IV riskmatrix.py

```

1 import os
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import yaml
4
5 # Load Configurations
6 def load_configuration(riskmatrix_conf_filename):
7     riskmatrix_config = dict()
8
9     riskmatrix_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')
10    yaml_path = os.path.join(riskmatrix_conf_dir, riskmatrix_conf_filename)
11
12    with open(yaml_path, "r") as file:
13        riskmatrix_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)

```

Diplomarbeit

```

14     return riskmatrix_config
15
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(
21         'configfile_path')
22     riskmatrix_xy_axis_tuples_config = riskmatrix_config.get('riskmatrix').get(
23         'configfile_name')
24
25     if startpath == 'homendir':
26         directory = os.path.join(os.getcwd(), riskmatrix_xy_axis_tuples_dir)
27     else: # parentdir
28         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()),
29             riskmatrix_xy_axis_tuples_dir)
30
31     riskmatrix_xy_axis_tuples_path = os.path.join(directory,
32         riskmatrix_xy_axis_tuples_config)
33     riskmatrix_xy_axis_tuples = dict()
34     riskmatrix_xy_axis_tuples_aux = dict()
35
36     with open(riskmatrix_xy_axis_tuples_path, "r") as file:
37         riskmatrix_xy_axis_tuples_aux = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
38
39     for string_key in riskmatrix_xy_axis_tuples_aux:
40         value = riskmatrix_xy_axis_tuples_aux.get(string_key)
41         int_key = eval(string_key)
42         riskmatrix_xy_axis_tuples.update({int_key:value})
43
44     return riskmatrix_xy_axis_tuples
45
46
47 # Load Data from csv
48 def get_data(data_path):
49
50     with open(data_path) as f:
51         csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]
52
53     (_, *header), *data = csv_list
54     datas = {}
55     for row in data:
56         key, *values = row
57         datas[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}
58
59     return datas
60
61
62 # Generate Riskmatrix Image
63 #def riskmatrix(risk, conf, matrix):
64 def riskmatrix(conf, matrix):

```

Diplomarbeit

```

58     risks = conf.get('risk_inventory')
59     for risk_conf in risks:
60         # get the risk config datas
61         startpath = conf.get('risks').get(risk_conf).get('startpath')
62         destination = conf.get('risks').get(risk_conf).get('destination_path')
63         imagename = conf.get('risks').get(risk_conf).get('imagename')
64         datafilename = conf.get('risks').get(risk_conf).get('datafile')
65         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         # Identify the index of the axes
72         green = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('green-boxes',
73             )
74         yellow = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('yellow-
75             boxes')
76         orange = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('orange-
77             boxes')
78         red = conf.get('risks').get(risk_conf).get('settings').get('red-boxes')

79         if startpath == 'homedir':
80             directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
81         else: # parentdir
82             directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)

83         data_path = os.path.join(directory, datafilename)
84         image_path = os.path.join(directory, imagename)

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,

```

```

nrows) for c in range(0, ncols)]
```

102
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 = datasets.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 riks 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
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

VIII.V riskmatrix_plotter_conf.yaml

```

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

```

Diplomarbeit

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

Diplomarbeit

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

Diplomarbeit

```
109      - 10
110      - 15
111      - 16
112      - 20
113      - 21
114  yellow-boxes:
115      - 0
116      - 5
117      - 6
118      - 11
119      - 17
120      - 22
121      - 23
122  orange-boxes:
123      - 1
124      - 2
125      - 7
126      - 12
127      - 13
128      - 18
129      - 19
130      - 24
131  red-boxes:
132      - 3
133      - 4
134      - 8
135      - 9
136      - 14
137 Project-massnahme:
138   riskid: "Project-massnahme"
139   startpath: "parentdir"
140   destination_path: "source/riskmatrix"
141   imagename: "Riskmatrix-project-massnahmen.png"
142   datafile_path: "source/tables"
143   datafile: "riskmatrix-project-massnahmen.csv"
144   itemname: "R"
145   x-axis-title: "Schadensausmass (SM)"
146   y-axis-title: "Eintrittswahrscheinlichkeit (WS)"
147   title: "Risiko Cockpit Projekt - Massnahme"
148   bubble-standard-size: 1000
149   settings:
150     green-boxes:
151     - 10
152     - 15
153     - 16
154     - 20
155     - 21
156     yellow-boxes:
```

Diplomarbeit

```

157      - 0
158      - 5
159      - 6
160      - 11
161      - 17
162      - 22
163      - 23
164      orange-boxes:
165          - 1
166          - 2
167          - 7
168          - 12
169          - 13
170          - 18
171          - 19
172          - 24
173      red-boxes:
174          - 3
175          - 4
176          - 8
177          - 9
178          - 14

```

Listing 39: Python LaTex - riskmatrix_plotter_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Risikomatrizen

VIII.VI riskmatrix_xy_axis_tuple_matrix.yaml

```

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

```

Diplomarbeit

```

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

VIII.VII cost_benefit_diagram.py

```

1 import os
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import yaml
4
5 # Get the Configuration
6 def load_configuration():
7     cost_benefit_config = dict()
8     cbd_conf_filename = 'scatter_plotter_conf.yaml'
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 dircet
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

```

Diplomarbeit

```

76     plt.axvline(x=cost_benefit_config.get('x-axis-line-pos'), color=
77         cost_benefit_config.get('x-axis-line-color'), linestyle=cost_benefit_config.
78         get('x-axis-line-type'), label=cost_benefit_config.get('x-axis-line-label'))
79
80     # Add Labels
81     plt.xlabel(cost_benefit_config.get('x-axis-title'))
82     plt.ylabel(cost_benefit_config.get('y-axis-title'))
83     plt.title(cost_benefit_config.get('title'))
84
85     # Labling Data Points
86     for label, x_point, y_point in zip(labels, x, y):
87         plt.text(x_point, y_point, label)
88
89     # Show Legends
90     plt.legend()
91
92     # Show Grid
93     plt.grid(True)
94
95     # Save Diagram as PNG
96     plt.savefig(data_path)
97
98 cost_benefit_config = load_configuration()
99 cost_benefit_data = get_data(cost_benefit_config)
100 cost_benefit_diagram(cost_benefit_config, cost_benefit_data)

```

Listing 41: Python LaTex - cost_benefit_diagram.py - Kosten-Nutzen-Diagramm

VIII.VIII 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"

```

Diplomarbeit

```
16 title: "Kosten-Nutzen-Diagramm Beispiel"
```

Listing 42: Python LaTex - cost_benefit_diagram_plotter_conf.yaml - Konfigurationsdatei - Kosten-Nutzen-Diagramm

VIII.IX pandas_dataframe_to_latex_table.py

```

1 import os
2 import pandas as pd
3 import yaml
4 from pathlib import Path
5 import chardet
6
7 import csv
8
9 # Get the Configuration
10 def load_configuration(plt_conf_filename):
11     panda_latex_tables_config = dict()
12     plt_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')
13     yaml_path = os.path.join(plt_conf_dir, plt_conf_filename)
14
15     with open(yaml_path, "r") as file:
16         panda_latex_tables_config = yaml.load(file, Loader=yaml.FullLoader)
17
18     return panda_latex_tables_config
19
20
21 def get_data(startpath, destination, tablefilename, datafile_path, datafile,
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 dict
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)
```

```
39      #
40      #     # panda_table_data = pd.DataFrame(data, columns=data[0])
41      #     # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=
42      #     #     decimal, encoding=encoding, lineterminator='\n', engine='python')
43      #     #     panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal
44      #     #     , encoding=encoding, lineterminator='\n')
45      #     df_dtype = {
46      #         "Nr.": int,
47      #         "Anforderung": str,
48      #         "Beschreibung": str,
49      #         "System": str,
50      #         "Muss / Kann": str
51      #     }
52      #     # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".",
53      #     #     encoding=encoding, lineterminator='\n', dtype=df_dtype)
54      #     # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".",
55      #     #     encoding=encoding)
56      # else:
57      #     panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal
58      #     , encoding=encoding)
59      # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".",
60      #     encoding=encoding, low_memory=False, engine='python')
61      # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".",
62      #     encoding=encoding, engine='python', dtype='unicode')
63      # readed = open(data_path, 'r', encoding=encoding)
64      # panda_table_data = pd.read_csv(open(data_path, 'r', encoding=encoding), sep
65      #     =",", decimal=".",
66      #     encoding=encoding)
67      # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".",
68      #     encoding="ISO-8859-1")
69      # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".",
70      #     encoding=encoding, chunkszie=10)
71
72      # for chunk in pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".",
73      #     encoding=encoding, chunkszie=5):
74      #     print(chunk)
75      # panda_table_data = pd.DataFrame()
76      # temp = pd.read_csv(data_path, iterator=True, sep=",",
77      #     decimal=".",
78      #     encoding=encoding, chunkszie=1000)
79      # panda_table_data = pd.concat(temp, ignore_index=True)
80
81      df_dtype = {
82          "Nr.": int,
83          "Anforderung": str,
84          "Beschreibung": str,
85          "System": str,
86          "Muss / Kann": str
87      }
88      # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",",
89      #     decimal=".",
90      #     encoding=
```

```
encoding, engine='python', dtype=df_dtype)
75 # panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".", encoding=
encoding, dtype=df_dtype)

76
77 # import dask.dataframe as dd
78 # df = dd.read_csv(data_path, sep=",", decimal=".", encoding=encoding)
79 # panda_table_data = df
80 print(encoding)
81 panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal,
encoding=encoding)
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(
93             'isbigfile')
94         has_longtexts = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
95             'has_longtexts')
96         if isbigfile or has_longtexts:
97             alternative_cvs_load = True
98         else:
99             alternative_cvs_load = False
100        startpath = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
101            'startpath')
102        destination = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
103            'destination_path')
104        tablefilename = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
105            'tablefilename')
106        datafile_path = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
107            'datafile_path')
108        datafile = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
109            'datafile')
110
111        if startpath == 'homedir':
112            directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
113        else: # parentdir
114            directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
115        tablefile = os.path.join(directory, tablefilename)
116        separator = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
117            'separator')
118        decimal = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
119            'decimal')
```

```
110     # column operations
111     column_operations = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item)
112         .get('column_operations').get('datas')
113
114     # group by / aggregation
115     groupby_values = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
116         get('group_by')
117     group_by_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item)
118         .get('group_by_function')
119     # selected_rows = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
120         get('selected_rows')
121     agg_funtion = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
122         'agg_funtion')
123     agg_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
124         'agg_columns')
125     # dropping and renaming columns
126     drop_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
127         'drop_columns')
128     rename_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
129         get('rename_columns')
130
131     # table filtering and sorting
132     where_clausel = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
133         get('where_clausel')
134     order_by = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
135         'sorting').get('order_by')
136     sort_acending = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
137         get('sorting').get('sort_acending')
138     sort_inplace = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
139         'sorting').get('sort_inplace')
140
141     # pivot settings
142     pivot = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get('pivot')
143
144     pivot_column = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
145         'pivot_columns')
146     pivot_value = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
147         'pivot_values')
148
149     # pivot_table settings
150     pivot_table = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
151         'pivot_table')
152     pivot_table_column = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
153         table_item).get('pivot_table').get(
154             'pivot_columns')
155     pivot_table_value = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item)
156         .get('pivot_table').get(
157             'pivot_values')
```

```

140     pivot_table_agg_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
141         table_item).get('pivot_table').get(
142             'pivot_agg_func')
143     pivot_table_indexes = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
144         table_item).get('pivot_table').get(
145             'pivot_index').get('pivot_indexes')
146     pivot_table_indexes_visible = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
147         table_item).get('pivot_table').get(
148             'pivot_index').get('pivot_indexes_visible')
149     pivot_table_rename_indexes = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
150         table_item).get('pivot_table').get(
151             'pivot_index').get('pivot_rename_indexes')
152
153     # margins (subtotals)
154     margin = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
155         'margins').get('margin')
156     margin_name = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
157         'margins').get('margin_name')
158
159     # table settings
160     table_caption = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
161     get('caption')
162     table_label = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
163         'label')
164     table_style = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
165         'table_styles')
166     sparse_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
167     get('table_styles').get(
168         'sparse_columns')
169     table_caption_position = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
170         table_item).get('table_styles').get(
171         'props').get('caption-side')
172     table_position = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
173     get('table_styles').get('props').get(
174         'position')
175     longtable = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).get(
176         'table_styles').get('props').get(
177         'longtable')
178     linebreak_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
179     get('table_styles').get('props').get(
180         'linebreak_columns')
181     resize_textwidth = panda_latex_tables_config.get('tables').get(table_item).
182     get('table_styles').get('props').get(
183         'resize_textwidth')
184
185     # get the pandas (panda data)
186     panda_table_data = get_data(startpath, destination, tablefilename,
187         datafile_path, datafile, alternative_csv_load, separator, decimal)

```

```
172
173     # filter by where clause
174     if where_clausel:
175         panda_table_data = panda_table_data.query(where_clausel)
176
177     # Drop unused columns
178     if drop_columns:
179         panda_table_data = panda_table_data.drop(columns=drop_columns)
180
181     # 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_indexes)):
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
203     else:
204         panda_table_data = panda_table_data
205
206     # pivot if pivot is selected
207     if pivot_table_column or pivot_table_value or pivot_table_indexes:
208         if type(pivot_table_agg_function) is list:
209             agg_tuple = tuple(pivot_table_agg_function)
210             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=
211             pivot_table_indexes,
212                                         columns=pivot_table_column,
213                                         values=pivot_table_value,
214                                         aggfunc=agg_tuple, margins=
215                                         margin, margins_name=margin_name)
216         elif type(pivot_table_agg_function) is dict:
217             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=
218             pivot_table_indexes,
219                                         columns=pivot_table_column,
220                                         values=pivot_table_value,
```

Diplomarbeit

```

209     aggfunc=pivot_table_agg_function,
210                                         margins=margin, margins_name=
211                                         margin_name)
212
213         else:
214             panda_table_data = pd.pivot_table(panda_table_data, index=
215                                         pivot_table_index,
216                                         columns=pivot_table_column,
217                                         values=pivot_table_value,
218                                         aggfunc=pivot_table_agg_function
219                                         , margins=margin,
220                                         margins_name=margin_name)
221
222
223         # set column operations
224         if column_operations:
225             for column_ops in column_operations:
226                 operation_function = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
227                     table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get(
228                     'operation_function')
229
230                 operation_columns = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
231                     table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get(
232                     'columns')
233
234                 operation_axis = panda_latex_tables_config.get('tables').get(
235                     table_item).get('column_operations').get('operations').get(column_ops).get(
236                     'axis_number')
237
238                 match operation_function:
239                     case 'max':
240                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
241                             operation_columns].max()
242
243                     case 'min':
244                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
245                             operation_columns].min()
246
247                     case 'head':
248                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
249                             operation_columns].head()
250
251                     case 'sum':
252                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
253                             operation_columns].sum(axis=operation_axis)
254
255                     case 'mean':
256                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
257                             operation_columns].mean()
258
259                     case 'diff':
260                         panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
261                             operation_columns[1]] - panda_table_data[operation_columns[0]]
262
263
264
265         # order by
266         if order_by:
267             panda_table_data.sort_values(by=order_by, inplace=sort_inplace,

```

Diplomarbeit

```

240     ascending=sort_acending)
241
242     # rename columns
243     if rename_columns:
244         panda_table_data = panda_table_data.rename(columns=rename_columns)
245
246     # rename indices
247     if pivot_table_rename_indexes:
248         panda_table_data = panda_table_data.rename_axis(index=
249             pivot_table_rename_indexes)
250
251     # frame carriage return columns in subtable
252     if linebreak_columns:
253         for lbr_column in linebreak_columns:
254             panda_table_data[lbr_column] = "\\\begin{tabular}[c]{@{}l@{}}" +
255             panda_table_data[lbr_column].astype(str) + "\\end{tabular}"
256
257         # convert python panda to latex table
258         latex_table = panda_table_data.to_latex(header=True, bold_rows=False,
259         longtable=longtable,
260                                         sparsify=sparse_columns, label=
261         table_label, caption=table_caption,
262                                         position=table_position, na_rep=',',
263         index=pivot_table_indexes_visible)
264
265         # textwidth resize
266         if resize_textwidth:
267             with open(tablefile, 'w') as wrlt:
268                 wrlt.write(latex_table)
269
270             with open(tablefile) as file:
271                 lines = file.readlines()
272
273             # replace table with resize
274             resize_line_nr = 0
275             resize_line = ""
276             if longtable:
277                 table_type = '\\begin{longtable}'
278             else:
279                 table_type = '\\begin{table}'
280
281             for number, line in enumerate(lines, 1):
282                 # for number, line in latex_table.splitlines():
283                 # for number, line in latex_table.readlines():
284                 # for number, line in latex_table.splitlines('\n'):
285                 # for number, line in lines.split('\n'):
286
287                     # Condition true if the key exists in the line
288                     # If true then display the line number

```

```

282         if table_type in line:
283             # print(f'{key} is at line {number}')
284             resize_line_nr = number
285             resize_line = line
286
287             line_table_resize = resize_line + "\n" + "\\resizebox{\\columnwidth}
288 }{!}{%"
289             latex_table = latex_table.replace(resize_line, line_table_resize)
290
291             # replace table end with bracket
292             resize_line_nr = 0
293             resize_line = ""
294             if longtable:
295                 table_type = '\\end{longtable}'
296             else:
297                 table_type = '\\end{table}'
298
299             for number, line in enumerate(lines, 1):
300
301                 # Condition true if the key exists in the line
302                 # If true then display the line number
303                 if table_type in line:
304                     # print(f'{key} is at line {number}')
305                     resize_line_nr = number
306                     resize_line = line
307
308                     line_table_resize = "}" + "\n" + resize_line
309                     latex_table = latex_table.replace(resize_line, line_table_resize)
310
311                     # caption below is not supported yet (pandas 2.2)
312                     # replace caption and replace table end with the caption line and table
313                     end
314                     if table_caption_position == 'below':
315                         caption_label = "\\caption{" + table_caption + "}" "\\label{" +
316                         table_label + "}" "\\\"\\"
317                         caption_label_nbr = "\\caption{" + table_caption + "}" "\\label{" +
318                         table_label + "}"
319                         caption_only = "\\caption{" + table_caption + "}" "\\\"\\"
320                         caption_only_nbr = "\\caption{" + table_caption + "}"
321                         label_only = "\\label{" + table_label + "}" "\\\"\\"
322                         label_only_nbr = "\\label{" + table_label + "}"
323                         latex_table = latex_table.replace(caption_label, '')
324                         latex_table = latex_table.replace(caption_only, '')
325                         latex_table = latex_table.replace(label_only, '')
326                         latex_table = latex_table.replace(caption_label_nbr, '')
327                         latex_table = latex_table.replace(caption_only_nbr, '')
328                         latex_table = latex_table.replace(label_only_nbr, '')
```

Diplomarbeit

```

326         if longtable:
327             table_string = '\\end{longtable},'
328             new_caption = caption_label_nbr + "\n" + table_string
329             latex_table = latex_table.replace(table_string, new_caption)
330         else:
331             table_string = '\\end{table},'
332             new_caption = caption_label_nbr + "\n" + table_string
333             latex_table = latex_table.replace(table_string, new_caption)
334
335
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

VIII.X csv_to_latex_diplomarbeit.yaml

```

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

```

Diplomarbeit

```
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:
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_indizes_visible:
54    pivot_rename_indizes:
55  pivot_columns:
56  pivot_values:
57  pivot_agg_func:
58  rename_columns:
59    server: "Server - Hostname"
60    os: "OS"
61    rdbms: "RDBMS"
62    instance: "Instanz"
63    databases: "Datenbanken"
64    appliance: "Appliance"
65    comment: "Kommentar"
66    version: "Version"
67    releasedate: "Version - Releasedatum"
68    eol: "EoL"
69    age: "Version - Alter"
70    eol_since: "EoL seit"
71    where_clausel:
72    sorting:
```

Diplomarbeit

```
73     order_by:
74         - "server"
75         - "rdbms"
76     sort_acending: True
77     sort_inplace: True
78     margins:
79         margin: False
80         margin_name:
81     table_styles:
82         selector: "caption"
83     props:
84         caption-side: "below"
85         position: "H"
86         sparse_columns: True
87         longtable: True
88         resize_textwidth: False
89         linebreak_columns:
90         table_header: True
91     db_inventory_per_rdbms:
92         id: "db_inventory_per_rdbms"
93         isbigfile:
94         has_longtexts: False
95         separator: ","
96         decimal: "."
97         caption: "Datenbankinventar"
98         label: "db_inventory_per_rdbms"
99         startpath: "parentdir"
100        destination_path: "content/latex_tables"
101        datafile_path: "source/tables"
102        datafile: "inventory.csv"
103        tablefilename: "db_inventory_per_rdbms.tex"
104        decimal_format:
105        group_by:
106            - "rdbms"
107        group_by_function: "sum"
108        agg_funtion:
109        agg_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:
```

Diplomarbeit

```
121     datas:
122     operations:
123     dauer_summe:
124     operation_function:
125     axis_number:
126     columns:
127     pivot:
128     pivot_columns:
129     pivot_values:
130     pivot_table:
131     pivot_index:
132     pivot_indizes_visible:
133     pivot_rename_indizes:
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_clausel:
143     sorting:
144     order_by:
145     - "rdbms"
146     sortAscending: 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 üaufgeschlisselt"
168   label: "db_inventory_per_os"
```

Diplomarbeit

```
169 startpath: "parentdir"
170 destination_path: "content/latex_tables"
171 datafile_path: "source/tables"
172 datafile: "inventory.csv"
173 tablefilename: "db_inventory_per_os.tex"
174 decimal_format:
175 group_by:
176   - "rdbms"
177   - "os"
178 group_by_function: "sum"
179 agg_funtion:
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
```

Diplomarbeit

```
217 rename_columns:  
218     rdbms: "RDBMS"  
219     instance : "Instanz"  
220     databases : "Datenbanken"  
221     os : "OS"  
222     appliance: "Appliance"  
223 where_clause:  
224 sorting:  
225     order_by:  
226         sort_acending: False  
227         sort_inplace: True  
228 margins:  
229     margin: True  
230     margin_name: "Gesamtergebnis"  
231 table_styles:  
232     selector: "caption"  
233 props:  
234     caption-side: "below"  
235     position: "H"  
236     sparse_columns: True  
237     longtable: True  
238     resize_textwidth: False  
239     linebreak_columns:  
240     table_header: True  
241 anforderungskatalog:  
242     id: "anforderungskatalog"  
243     isbigfile:  
244     has_longtexts: True  
245     separator: ";"  
246     decimal: "."  
247     caption: "Anforderungskatalog"  
248     label: "anforderungskatalog"  
249     startpath: "parentdir"  
250     destination_path: "content/latex_tables"  
251     datafile_path: "source/tables"  
252     datafile: "anforderungskatalog.CSV"  
253     tablefilename: "anforderungskatalog.tex"  
254     decimal_format:  
255     group_by:  
256     group_by_function:  
257     agg_funtion:  
258     agg_columns:  
259     drop_columns:  
260     column_operations:  
261     datas:  
262     operations:  
263     dauer_summe:  
264     operation_function:
```

Diplomarbeit

```
265     axis_number:
266     columns:
267     pivot:
268       pivot_columns:
269       pivot_values:
270     pivot_table:
271       pivot_index:
272         pivot_indexes_visible: False
273       pivot_rename_indexes:
274     pivot_columns:
275     pivot_values:
276     pivot_agg_func:
277   rename_columns:
278   where_clause:
279   sorting:
280     order_by:
281       - "Nr."
282     sort_ascending: 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:
```

Diplomarbeit

```
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:
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_clausel: "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"
```

Diplomarbeit

```
361     table_header: True
362 projektcontrolling:
363   id: "projektcontrolling"
364   isbigfile:
365   has_longtexts: False
366   separator: ";"
367   decimal: "."
368   caption: "Projektcontrolling"
369   label: "projektcontrolling"
370   startpath: "parentdir"
371   destination_path: "content/latex_tables"
372   datafile_path: "source/tables"
373   datafile: "arbeitsrapport.CSV"
374   tablefilename: "projektcontrolling.tex"
375   decimal_format: "{:0.1f}"
376   group_by:
377     - "Phase"
378     - "Subphase"
379   group_by_function: "sum"
380   agg_funtion:
381   agg_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:
```

Diplomarbeit

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

Diplomarbeit

```
457 operations:
458     dauer_summe:
459         operation_function:
460         axis_number:
461         columns:
462 pivot:
463     pivot_columns:
464     pivot_values:
465 pivot_table:
466     pivot_index:
467     pivot_indizes_visible: False
468     pivot_rename_indizes:
469 pivot_columns:
470     pivot_values:
471     pivot_agg_func:
472 rename_columns:
473 where_clausel:
474 sorting:
475     order_by:
476         - "Server"
477         - "Typ"
478     sort_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: "Abhngigkeiten"
500     label: "dependencis"
501     startpath: "parentdir"
502     destination_path: "content/latex_tables"
503     datafile_path: "source/tables"
504     datafile: "dependencis.csv"
```

Diplomarbeit

```
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:
515     dauer_summe:
516     operation_function:
517     axis_number:
518     columns:
519     pivot:
520     pivot_columns:
521     pivot_values:
522     pivot_table:
523     pivot_index:
524     pivot_indizes_visible: False
525     pivot_rename_indizes:
526     pivot_columns:
527     pivot_values:
528     pivot_agg_func:
529     rename_columns:
530     where_clausel:
531     sorting:
532     order_by:
533     - "Nr."
534     sort_acending: True
535     sort_inplace: True
536     margins:
537     margin: False
538     margin_name:
539     table_styles:
540     selector: "caption"
541     props:
542     caption-side: "below"
543     position: "H"
544     sparse_columns: True
545     longtable: False
546     resize_textwidth: True
547     linebreak_columns:
548     - "Ähnlichkeit"
549     - "Beschreibung"
550     - "Status"
551     - "Risiko"
552     - "Impact"
```

Diplomarbeit

```
553     table_header: True
554 predecision_out:
555   id: "predecision_out"
556   isbigfile:
557   has_longtexts: False
558   separator: ","
559   decimal: "."
560   caption: "Vorauswahl - Ausgeschieden"
561   label: "predecision_out"
562   startpath: "parentdir"
563   destination_path: "content/latex_tables"
564   datafile_path: "source/tables"
565   datafile: "pre-decision.csv"
566   tablefilename: "pre-decision-out.tex"
567   decimal_format:
568   group_by:
569   group_by_function:
570   agg_funtion:
571   agg_columns:
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:
```

Diplomarbeit

```
601 table_styles:
602   selector: "caption"
603   props:
604     caption-side: "below"
605     position: "H"
606   sparse_columns: True
607   longtable: False
608   resize_textwidth: True
609   linebreak_columns:
610     - "üBegrndung"
611   table_header: True
612 predecision_in:
613   id: "predecision_in"
614   isbigfile:
615   has_longtexts: False
616   separator: ";"
617   decimal: "."
618   caption: "Vorauswahl - Evaluation"
619   label: "predecision_in"
620   startpath: "parentdir"
621   destination_path: "content/latex_tables"
622   datafile_path: "source/tables"
623   datafile: "pre-decision.csv"
624   tablefilename: "pre-decision-in.tex"
625   decimal_format:
626   group_by:
627   group_by_function:
628   agg_funtion:
629   agg_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_indexizes_visible: False
645     pivot_rename_indexizes:
646     pivot_columns:
647     pivot_values:
648     pivot_agg_func:
```

Diplomarbeit

```
649 rename_columns:  
650     where_clause: "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:  
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:
```

Diplomarbeit

```
697     pivot_columns:  
698     pivot_values:  
699     pivot_table:  
700     pivot_index:  
701     pivot_indexes_visible: False  
702     pivot_rename_indexes:  
703     pivot_columns:  
704     pivot_values:  
705     pivot_agg_func:  
706     rename_columns:  
707     where_clauses:  
708     sorting:  
709     order_by:  
710     - "Woche"  
711     sort_ascending: 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_function:  
744     agg_columns:
```

Diplomarbeit

```
745 drop_columns:
746 column_operations:
747 datas:
748 operations:
749 dauer_summe:
750     operation_function:
751     axis_number:
752     columns:
753 pivot:
754     pivot_columns:
755     pivot_values:
756 pivot_table:
757     pivot_index:
758     pivot_indizes_visible: False
759     pivot_rename_indizes:
760 pivot_columns:
761 pivot_values:
762 pivot_agg_func:
763 rename_columns:
764 where_clausel:
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_colums:
800     drop_columns:
801         - "Fragen"
802         - "Antworten"
803         - "Sonstige Themen"
804     column_operations:
805     datas:
806     operations:
807     dauer_summe:
808         operation_function:
809     axis_number:
810     columns:
811     pivot:
812     pivot_columns:
813     pivot_values:
814     pivot_table:
815     pivot_index:
816         pivot_indizes_visible: False
817         pivot_rename_indizes:
818     pivot_columns:
819     pivot_values:
820     pivot_agg_func:
821     rename_columns:
822     where_clausel:
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"
```

Diplomarbeit

```
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: "äFachgesprche - Protokoll"
850     label: "expert_discussions_full_list"
851     startpath: "parentdir"
852     destination_path: "content/latex_tables"
853     datafile_path: "source/tables"
854     datafile: "expert_discussions.csv"
855     tablefilename: "expert_discussions_full_list.tex"
856     decimal_format:
857     group_by:
858     group_by_function:
859     agg_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     - "äFachgesprch"
884     sort_acending: True
885     sort_inplace: True
886     margins:
887     margin: False
888     margin_name:
```

Diplomarbeit

```
889 table_styles:
890   selector: "caption"
891   props:
892     caption-side: "below"
893     position: "H"
894     sparse_columns: True
895     longtable: False
896     resize_textwidth: True
897     linebreak_columns:
898       - "Studenten"
899       - "Fragen"
900       - "Antworten"
901       - "Sonstige Themen"
902       - "Bemerkungen"
903     table_header: True
904 stakeholder:
905   id: "stakeholder"
906   isbigfile:
907   has_longtexts: False
908   separator: ";"
909   decimal: "."
910   caption: "Stakeholder"
911   label: "stakeholder"
912   startpath: "parentdir"
913   destination_path: "content/latex_tables"
914   datafile_path: "source/tables"
915   datafile: "stakeholder.csv"
916   tablefilename: "stakeholder.tex"
917   decimal_format:
918   group_by:
919   group_by_function:
920   agg_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:
```

Diplomarbeit

```

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

```

Listing 44: Python LaTex - csv_to_latex_diplomarbeit.yaml - Konfigurationsdatei - CSV - LaTex-Tabelle

VIII.XI pandas_data_chart_plotter.py

```

1 import os
2 from pathlib import Path
3 import chardet
4 import pandas as pd
5 import yaml
6
7
8 def load_configuration(panda_diagram_plotter_conf_filename):
9     panda_diagram_plotter_config = dict()
10
11     riskmatrix_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')
12     yaml_path = os.path.join(riskmatrix_conf_dir,
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

```

```
18
19 def get_data(startpath, destination, tablefilename, datafile_path, datafile,
20   separator, decimal):
21   # Config Variables
22   if startpath == 'homedir':
23     directory = os.path.join(os.getcwd(), datafile_path)
24   else: # parentdir
25     directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), datafile_path)
26
27   # get the Datas as dict
28   data_path = os.path.join(directory, datafile)
29
30   # load datas from csv into dict
31   detected = chardet.detect(Path(data_path).read_bytes())
32   encoding = detected.get("encoding")
33
34   print(datafile, ' : ', encoding)
35   panda_table_data = pd.read_csv(data_path, sep=separator, decimal=decimal,
36   encoding=encoding)
37
38   # return data
39   return panda_table_data
40
41 def create_panda_diagram_plotter(panda_diagram_plotter_config):
42   pdp_tables = panda_diagram_plotter_config.get('diagram_inventory')
43   for table_item in pdp_tables:
44     print(table_item)
45     startpath = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
46       table_item).get('startpath')
47     destination = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
48       get(table_item).get('destination_path')
49     imagename = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
50       table_item).get('imagename')
51     datafile_path = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
52       get(table_item).get('datafile_path')
53     datafile = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
54       table_item).get('datafile')
55
56     if startpath == 'homedir':
57       directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
58     else: # parentdir
59       directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
60     image_path = os.path.join(directory, imagename)
61     separator = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
62       table_item).get('separator')
63     decimal = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
64       table_item).get('decimal')
65
66     # column operations
67     column_operations = panda_diagram_plotter_config.get(
68       'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('column_operations').get('datas')
```

Diplomarbeit

```
57     # group by / aggregation
58     groupby_values = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter')
59     .get(table_item).get('group_by')
60     group_by_function = panda_diagram_plotter_config.get(
61     'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('group_by_function')
62
63     agg_funtion = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
64     get(table_item).get('agg_funtion')
65     agg_colums = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
66     table_item).get('agg_colums')
67     # dropping and renaming columns
68     drop_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
69     get(table_item).get('drop_columns')
70     rename_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
71     get(table_item).get('rename_columns')
72
73     # table filtering and sorting
74     where_clausel = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
75     get(table_item).get('where_clausel')
76     order_by = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
77     table_item).get('sorting').get('order_by')
78     sort_acending = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
79     get(table_item).get('sorting').get('sort_acending')
80     sort_inplace = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
81     get(table_item).get('sorting').get('sort_inplace')
82
83     # pivot settings
84     pivot = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
85     table_item).get('pivot')
86     pivot_column = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
87     get(table_item).get('pivot_columns')
88     pivot_value = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
89     get(table_item).get('pivot_values')
90
91     # pivot_table settings
92     pivot_table = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
93     get(table_item).get('pivot_table')
94     pivot_table_column = panda_diagram_plotter_config.get(
95     'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
96         'pivot_columns')
97     pivot_table_value = panda_diagram_plotter_config.get(
98     'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
99         'pivot_values')
100    pivot_table_agg_function = panda_diagram_plotter_config.get(
101    'panda_diagram_plotter').get(table_item).get('pivot_table').get(
102        'pivot_agg_func')
103    pivot_table_indizes = panda_diagram_plotter_config.get(
```

Diplomarbeit

```

87     panda_diagram_plotter')).get(table_item).get('pivot_table').get(
88         'pivot_index').get('pivot_indizes')
89     pivot_table_indizes_visible = panda_diagram_plotter_config.get(
90         'panda_diagram_plotter')).get(table_item).get('pivot_table').get(
91             'pivot_index').get('pivot_indizes_visible')
92     pivot_table_rename_indizes = panda_diagram_plotter_config.get(
93         'panda_diagram_plotter')).get(table_item).get('pivot_table').get(
94             'pivot_index').get('pivot_rename_indizes')
95
96
97     # margins (subtotals)
98     margin = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
99         table_item).get('margins').get('margin')
100    margin_name = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
101        get(table_item).get('margins').get('margin_name')
102
103    # chart settings
104    chart = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
105        table_item).get('chart-kind')
106    title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
107        table_item).get('title')
108    x_axis_title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
109        get(table_item).get('x-axis-title')
110    y_axis_title = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
111        get(table_item).get('y-axis-title')
112    x_axis_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
113        get(table_item).get('x-axis-columns')
114    y_axis_columns = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
115        get(table_item).get('y-axis-columns')
116    index = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
117        table_item).get('chart-index')
118
119    # chart styles
120    grid = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
121        table_item).get('chart-designs').get('grid')
122    legend = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
123        table_item).get('chart-designs').get('legend')
124    rot = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
125        table_item).get('chart-designs').get('rot')
126    fontsize = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
127        table_item).get('chart-designs').get('fontsize')
128    figsize = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
129        table_item).get('chart-designs').get('figsize')
130    stacked = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
131        table_item).get('chart-designs').get('stacked')
132    secondary_y = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').
133        get(table_item).get('chart-designs').get('secondary_y')
134    stylelist = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
135        table_item).get('chart-designs').get('stylelist')

```

Diplomarbeit

```

115     subplots = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
116         table_item).get('chart-designs').get('subplots')
117     autopct = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
118         table_item).get('chart-designs').get('autopct')
119     loc = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter').get(
120         table_item).get('chart-designs').get('loc')
121     bbox_to_anchor = panda_diagram_plotter_config.get('panda_diagram_plotter')
122     .get(table_item).get('chart-designs').get('bbox_to_anchor')
123
124     # get the pandas (panda data)
125     panda_table_data = get_data(startpath, destination, imagename,
126         datafile_path, datafile, separator, decimal)
127
128     # filter by where clause
129     if where_clausel:
130         panda_table_data = panda_table_data.query(where_clausel)
131
132     # Drop unused columns
133     if drop_columns:
134         panda_table_data = panda_table_data.drop(columns=drop_columns)
135
136     # set aggregation functions
137     # if groupby_values and not agg_funtion and not pivot_column and not
138     # pivot_table_column:
139     if groupby_values and not (pivot_column or (pivot_table_column or
140         pivot_table_value or pivot_table_indexes)):
141         match group_by_function:
142             case 'max':
143                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
144                     as_index=False).max()
145             case 'min':
146                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
147                     as_index=False).min()
148             case 'head':
149                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
150                     as_index=False).head()
151             case 'sum':
152                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
153                     as_index=False).sum()
154             case 'mean':
155                 panda_table_data = panda_table_data.groupby(groupby_values,
156                     as_index=False).mean()
157             else:
158                 panda_table_data = panda_table_data
159
160     # pivot if pivot is selected
161     if pivot_table_column or pivot_table_value or pivot_table_indexes:
162         if type(pivot_table_agg_function) is list:

```

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

```
operation_columns].sum(axis=operation_axis)
    case 'mean':
        panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
operation_columns].mean()
    case 'diff':
        panda_table_data[column_ops] = panda_table_data[
operation_columns[1]] - panda_table_data[operation_columns[0]]

# order by
if order_by:
    panda_table_data.sort_values(by=order_by, inplace=sort_inplace,
ascending=sort_acending)

# rename columns
if rename_columns:
    panda_table_data = panda_table_data.rename(columns=rename_columns)

# set indices
if index:
    index_values = panda_table_data.get(index)
#panda_table_data.set_index(index_values)
    panda_table_data = panda_table_data.set_index(index)

# rename indices
if pivot_table_rename_indizes:
    panda_table_data = panda_table_data.rename_axis(index=
pivot_table_rename_indizes)

# Plotter
# Plotter Process starts here!
if autopct:
    panda_chart_plot = panda_table_data.plot(kind=chart, title=title, y=
y_axis_columns, x=x_axis_columns, xlabel=x_axis_title,
                                             ylabel=y_axis_title, grid=grid,
                                             stacked=stacked, legend=legend,
                                             secondary_y=secondary_y, subplots
                                             =subplots, rot=rot, fontsize=fontsize,
                                             figsize=figsize, autopct=autopct)
else:
    panda_chart_plot = panda_table_data.plot(kind=chart, title=title, y=
y_axis_columns, x=x_axis_columns, xlabel=x_axis_title,
                                             ylabel=y_axis_title, grid=grid,
                                             stacked=stacked, legend=legend,
                                             secondary_y=secondary_y, subplots
                                             =subplots, rot=rot, fontsize=fontsize,
                                             figsize=figsize)
```

```

218     match chart:
219         case 'pie':
220             panda_chart_plot[0].legend(loc=loc, bbox_to_anchor=bbox_to_anchor)
221             plt = panda_chart_plot[0].get_figure()
222             plt.savefig(image_path, bbox_inches='tight')
223         case _:
224             plt = panda_chart_plot.get_figure()
225             plt.savefig(image_path, bbox_inches='tight')
226
227
228     return "blade runner"
229 panda_diagram_plotter_config = load_configuration('pandas_data_chart_plotter_conf.
    yaml')
230 create_panda_diagram_plotter(panda_diagram_plotter_config)

```

Listing 45: Python LaTex - pandas_data_chart_plotter.py CSV - Diagramm

VIII.XII pandas_data_chart_plotter.conf.yaml

```

1 diagram_inventory:
2   - "tps_mixed"
3   - "db_inventory_per_rdbms"
4   - "db_inventory_per_os"
5 panda_diagram_plotter:
6   tps_mixed:
7     id: "tps_mixed"
8     startpath: "parentdir"
9     destination_path: "source/pandas_data_chart_plotter"
10    imagename: "tps_mixed.png"
11    datafile_path: "source/pandas_data_chart_plotter"
12    datafile: "tps_evaluation.csv"
13    separator: ","
14    decimal: "."
15    x-axis-columns: "Varianten"
16    y-axis-columns:
17      - "2. Iteration"
18      - "3. Iteration"
19      - "4. Iteration"
20    x-axis-title: "Varianten"
21    y-axis-title: "Transaktionen pro Sekunde (tps) Bsp."
22    title: "Transaktionen pro Sekunden - mixed"
23    chart-index:
24    chart-kind: "bar"
25    chart-designs:
26      subplots: False
27      grid: True
28      legend: True

```

Diplomarbeit

```
29     rot:
30     fontsize:
31     stacked: False
32     secondary_y: False
33     stylelist:
34     figsize:
35     autopct:
36     loc:
37     bbox_to_anchor:
38     group_by:
39     group_by_function:
40     agg_funtion:
41     agg_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"
```

Diplomarbeit

```
77     separator: ","
78     decimal: "."
79     x-axis-columns: "RDBMS"
80     y-axis-columns:
81     x-axis-title:
82     y-axis-title:
83     title: "Datenbankinventor - Pro RDBMS"
84     chart-index: "RDBMS"
85     chart-kind: "pie"
86     chart-designs:
87         subplots: True
88         grid: False
89         legend: True
90         rot:
91         fontsize:
92         stacked: False
93         secondary_y: False
94         stylelist:
95         figsize: !!python/tuple [25,10]
96         autopct: '%1.0f%%'
97         loc: "best"
98         bbox_to_anchor:
99     group_by:
100         - "rdbms"
101     group_by_function: "sum"
102     agg_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:
```

Diplomarbeit

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

Diplomarbeit

```
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"
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_clausel:
220             sorting:
```

Diplomarbeit

```
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"
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