



**ibW Höhere Fachschule Südostschweiz**

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

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

**Name:** Gruber

**Vorname:** Michael

**Klasse:** DIPL. INFORMATIKER/-IN HF - 10.0002A-2021

**Firma:** Kantonsspital Graubünden

## **Zusammenfassung**

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

## **Management Summary**

Diplomarbeit Michael Graber

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen</b>	<b>4</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage und Problemstellung . . . . .	1
1.1.1 Das Kantonsspital Graubünden . . . . .	1
1.1.2 Die ICT des Kantonsspital Graubünden . . . . .	3
1.1.3 Rolle in der ICT vom Kantonsspital Graubünden . . . . .	5
1.1.4 Ausgangslage . . . . .	6
1.1.5 Problemstellung . . . . .	9
1.2 Zieldefinition . . . . .	13
1.3 Abgrenzungen . . . . .	16
1.4 Abhängigkeiten . . . . .	18
1.5 Risikomanagement . . . . .	19
1.6 Vorgehensweise und Methoden . . . . .	24
1.7 Projektmanagement . . . . .	24
1.7.1 Projektcontrolling . . . . .	24
1.8 GANTT-Diagramm . . . . .	26
1.9 Status-Reports . . . . .	28
1.9.1 Status Reports . . . . .	28
<b>2 Umsetzung</b>	<b>30</b>
2.1 Evaluation . . . . .	30
2.1.1 Exkurs Architektur . . . . .	30
2.1.2 Erheben und Gewichten der Anforderungen . . . . .	34
2.1.3 Testziele erarbeiten . . . . .	47
2.1.4 PostgreSQL Benchmarking . . . . .	47
2.1.5 Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen . . . . .	47
2.1.6 Vorauswahl . . . . .	64
2.1.7 Installation verschiedener Lösungen . . . . .	65
2.1.8 Gegenüberstellung der Lösungen . . . . .	68
2.1.9 Entscheid . . . . .	68
2.2 Aufbau und Implementation Testsystem . . . . .	68
2.2.1 Bereitstellen der Grundinfrastruktur . . . . .	68
2.2.2 Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster . . . . .	68
2.2.3 Technical Review der Umgebung . . . . .	68

2.3	Testing . . . . .	69
2.3.1	Testing . . . . .	69
2.3.2	Protokollierung . . . . .	69
2.3.3	Review und Auswertung . . . . .	69
2.4	Troubleshooting und Lösungsfindung . . . . .	69
<b>3</b>	<b>Resultate</b>	<b>70</b>
3.1	Zielüberprüfung . . . . .	70
3.2	Schlussfolgerung . . . . .	70
3.3	Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten . . . . .	70
3.4	Persönliches Fazit . . . . .	70
<b>Abbildungsverzeichnis</b>		<b>71</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>73</b>
<b>Listings</b>		<b>74</b>
<b>Literatur</b>		<b>75</b>
<b>Glossar</b>		<b>79</b>
<b>Anhang</b>		<b>i</b>
I	Statusbericht . . . . .	i
I.I	. . . . .	i
II	Rapport . . . . .	ii
III	Kommentare / Anmerkungen . . . . .	iii
IV	rke2 . . . . .	iv
IV.I	Vorbereitung . . . . .	iv
IV.II	Installation . . . . .	iv
IV.III	Cluster Konfiguration . . . . .	v
V	pgpool-II . . . . .	vii
V.I	PostgreSQL Cluster Installation . . . . .	vii
V.II	yugabyteDB . . . . .	vii
VI	Stackgres mit Citus . . . . .	vii
VII	zotero.py . . . . .	vii
VIII	riskmatrix.py . . . . .	xiii
IX	Disposition . . . . .	xix

## Abkürzungen

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

## Diplomarbeit



DCS      Distributed Configuration Store

DQL      Data Query Language

DML      Data Manipulation Language

# 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

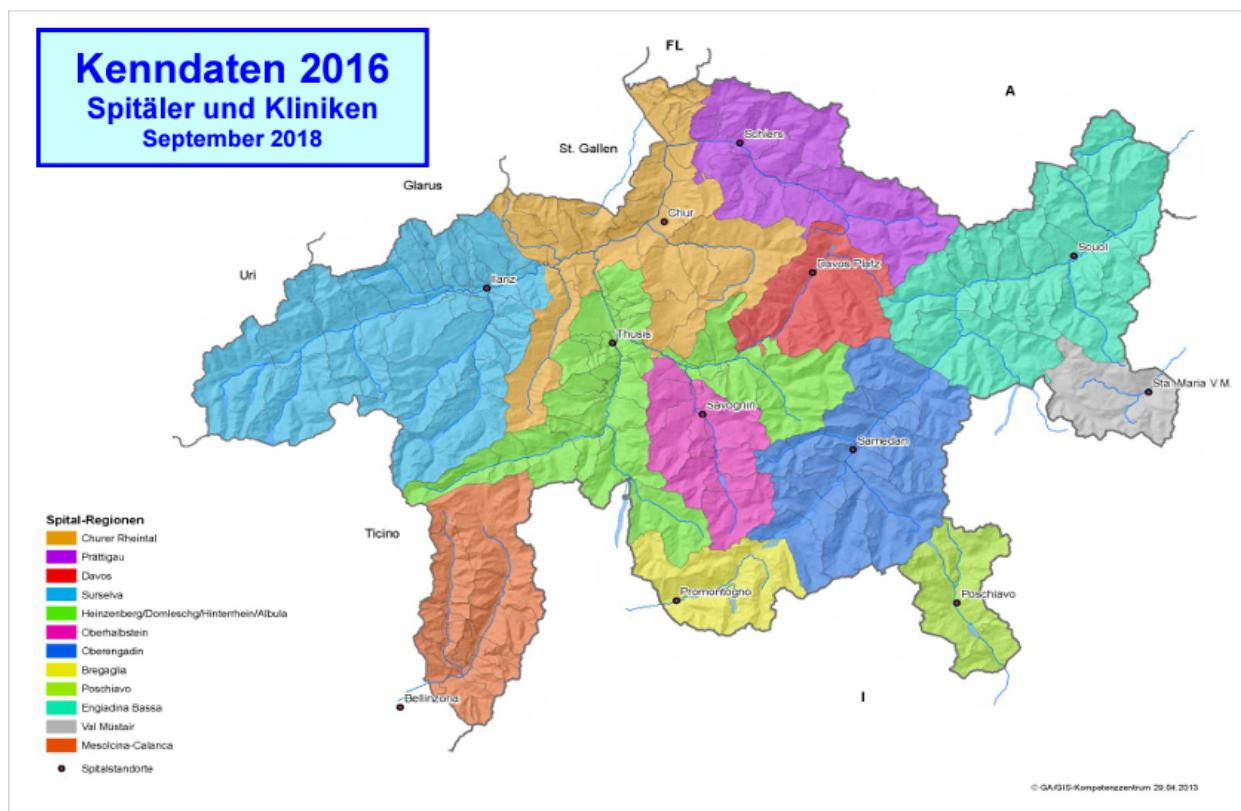


Abbildung 1.1: Spitalregionen Kanton Graubünden[30]

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[53]

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

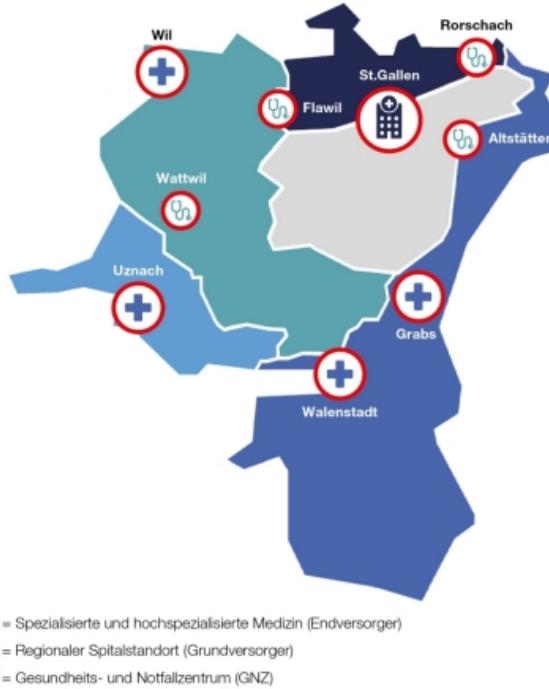


Abbildung 1.3: Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[24]

### 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

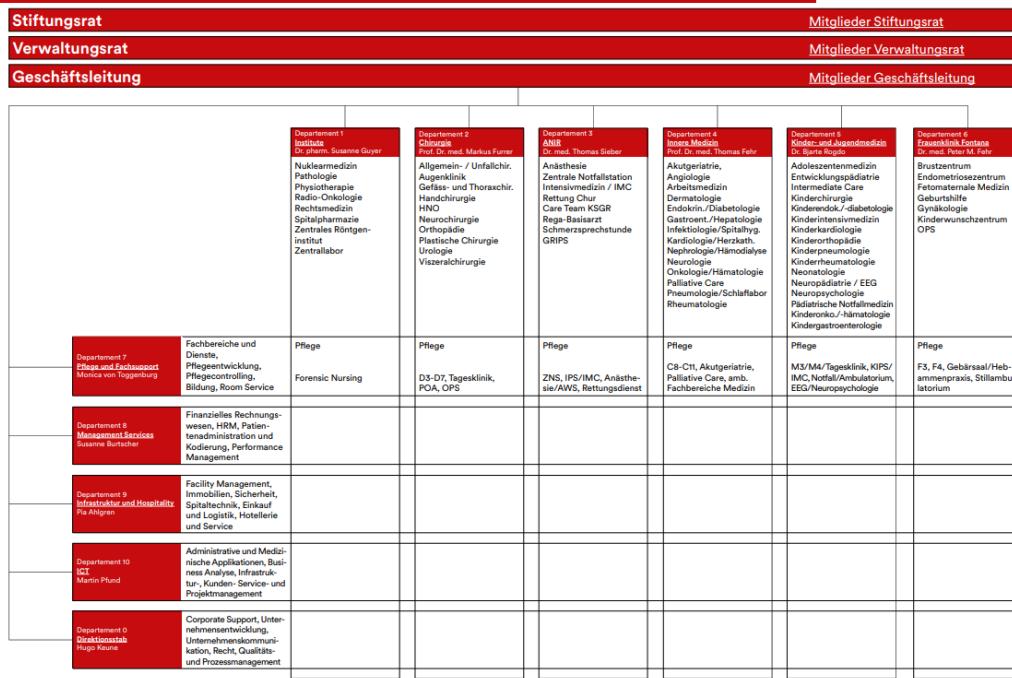
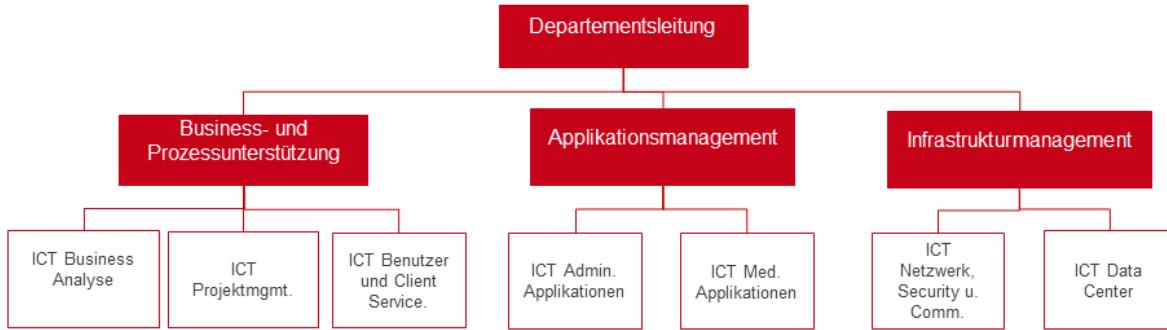


Abbildung 1.4: Organigramm Kantonsspital Graubünden

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

Kantonsspital  
Graubünden



29.09.2023

3

Abbildung 1.5: Organigramm Departement 10 - ICT

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

### 1.1.3 Rolle in der ICT vom Kantonsspital Graubünden

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

Da die Kernsysteme auf Oracle Datenbanken und HP-UX laufen, bin ich primär Oracle Database DBA und manage das HP-UX in Zusammenarbeit mit HPE. Die administrative Tätigkeit bei HP-UX besteht primär im Betrieb der HP-UX Cluster Packages (einer sehr rudimentären Art von Containern), überwachen und erweitern des Filesystems, erweitern von SAN Storage Lunes für die Filesystem Erweiterung, Erstellen von PRTG-Sensoren für das Monitoring, SAP Printerqueue Management und andere Tasks die es noch auszuführen gibt. Daneben bin ich auch für andere Datenbanken, teilweise aber nur begrenzt Microsoft SQL Server, MySQL / MariaDB und vermehrt PostgreSQL zuständig. Darüber hinaus bin ich Teilweise in die Linux-Administration involviert und betreue auch noch einige Windows Server für das Zentrale klinische Informationssystem.

## 1.1.4 Ausgangslage

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

Basierend auf der Liste *DB-Engines Ranking*[21] der Top-Datenbanksysteme . Allerdings werden nicht alle Datenbanksysteme berücksichtigt, entweder weil das Datenbanksystem keine Client/Server Architektur hat oder nicht im Scope der IT oder des Projekts ist.

Folgende Datenbanken sind inventarisiert:

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

Tabelle 1.1: Inventarisierte Datenbanksysteme

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

Tabelle 1.2: Datenbankinventar

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

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

Tabelle 1.3: Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt

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

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

Aktuell werden die Daten des Zabbix 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:

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

Tabelle 1.4: Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken

Risiko Cockpit PostgreSQL Datenbanken KSGR

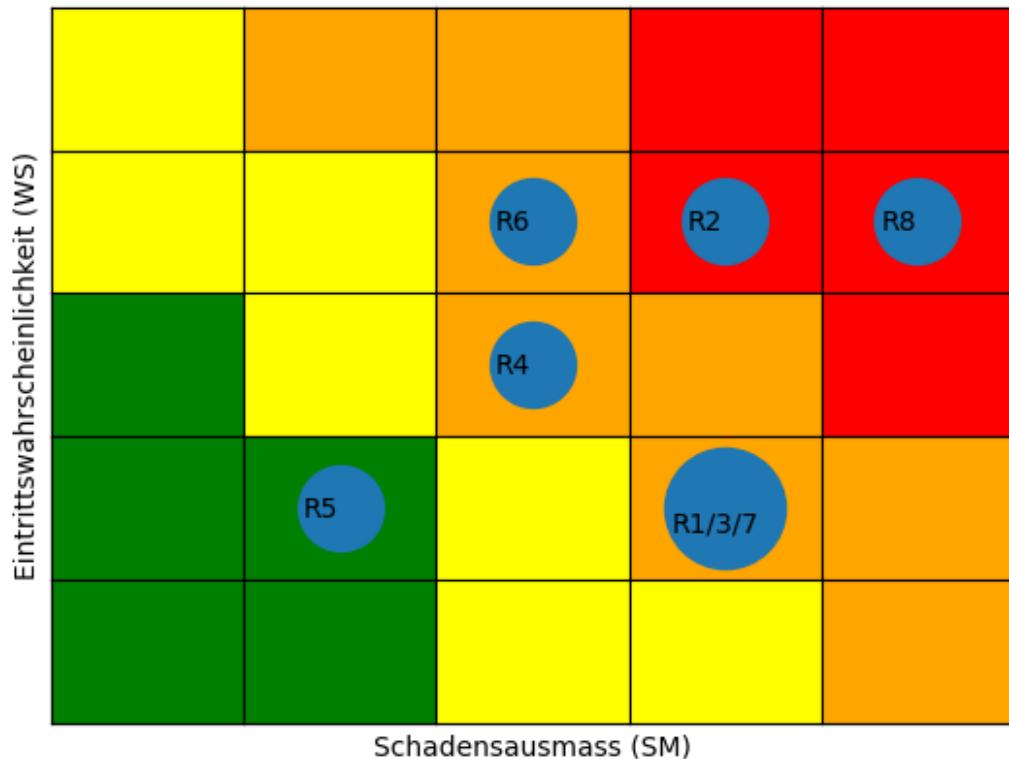


Abbildung 1.6: Risiken bestehende Lösung

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 gesenkt werden:

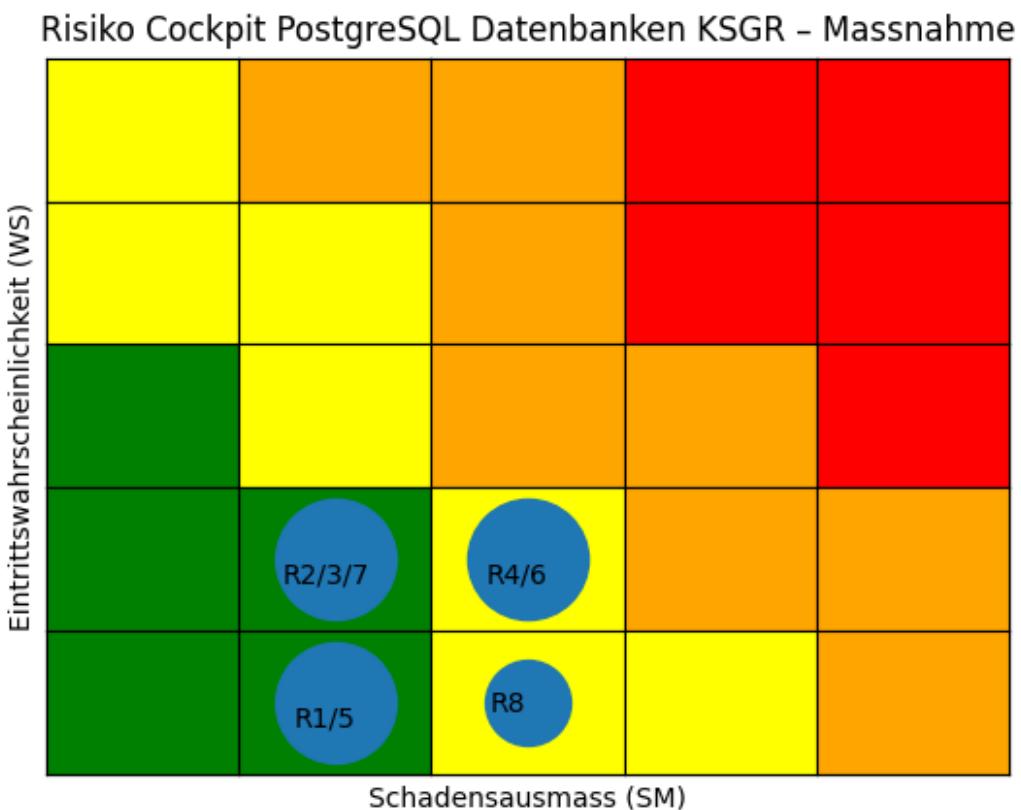


Abbildung 1.7: Risiken bestehende Lösung mit Massnahmen

## 1.2 Zieldefinition

Das administrieren einer PostgreSQL Datenbank umfasst i.d.R. [39, 44] 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[18]. 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[18]. Tabellen und Indizes können sich aufblähen (bloated table / bloated index)	2	Kann	
7	Health Checks und Aktionen (Maintenance)	Hoch	Ist ein Index aufgebläht, kann dies mittels eines REINDEX mit geringem Impact auf die Datenbank gelöst werden[2].	2	Muss	
8	Housekeeping	Mittel	Log Rotation muss aktiviert werden und alte Logs regelmässig gelöscht werden.	3	Kann	
9	Verwalten von DB Objekten	Tief	Keine automatisierung möglich	5		
10	User Management	Tief	Regelmässige Reports sollen User aufzeigen, die seit mehr als einer Woche nicht mehr aktiv waren.	4	Kann	

Tabelle 1.6: Automatisierung Administrativer Aufgaben

Mit der Arbeit sollen folgende Ergebnisse und Resultate erzielt werden:

- Ergebnisse  
Mindestens drei Methoden einen PostgreSQL Cluster aufzubauen müssen analysiert und evaluiert werden
- Resultate  
Aus den mindestens drei Methoden muss die optimale Methode ermittelt werden.  
Am Ende muss zudem ein Funktionierendes Testsystem bestehen.

Daraus ergeben sich folgende Ziele:

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

Tabelle 1.7: Ziele

### 1.3 Abgrenzungen

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

	<b>Produkt</b>	<b>Beschreibung</b>
Storage	HPE 3PAR 8450 SAN Storage System	
Virtualisierungsplattform	VMware® vSphere®	
Primäres Backupsystem	VEEAM Backup System	
Provisioning / lifecycle management system	Foreman	Ist zurzeit nur für Linux angedacht
Primäre Linux Distribution	Debian	
	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[65] folgende Abgrenzungen:

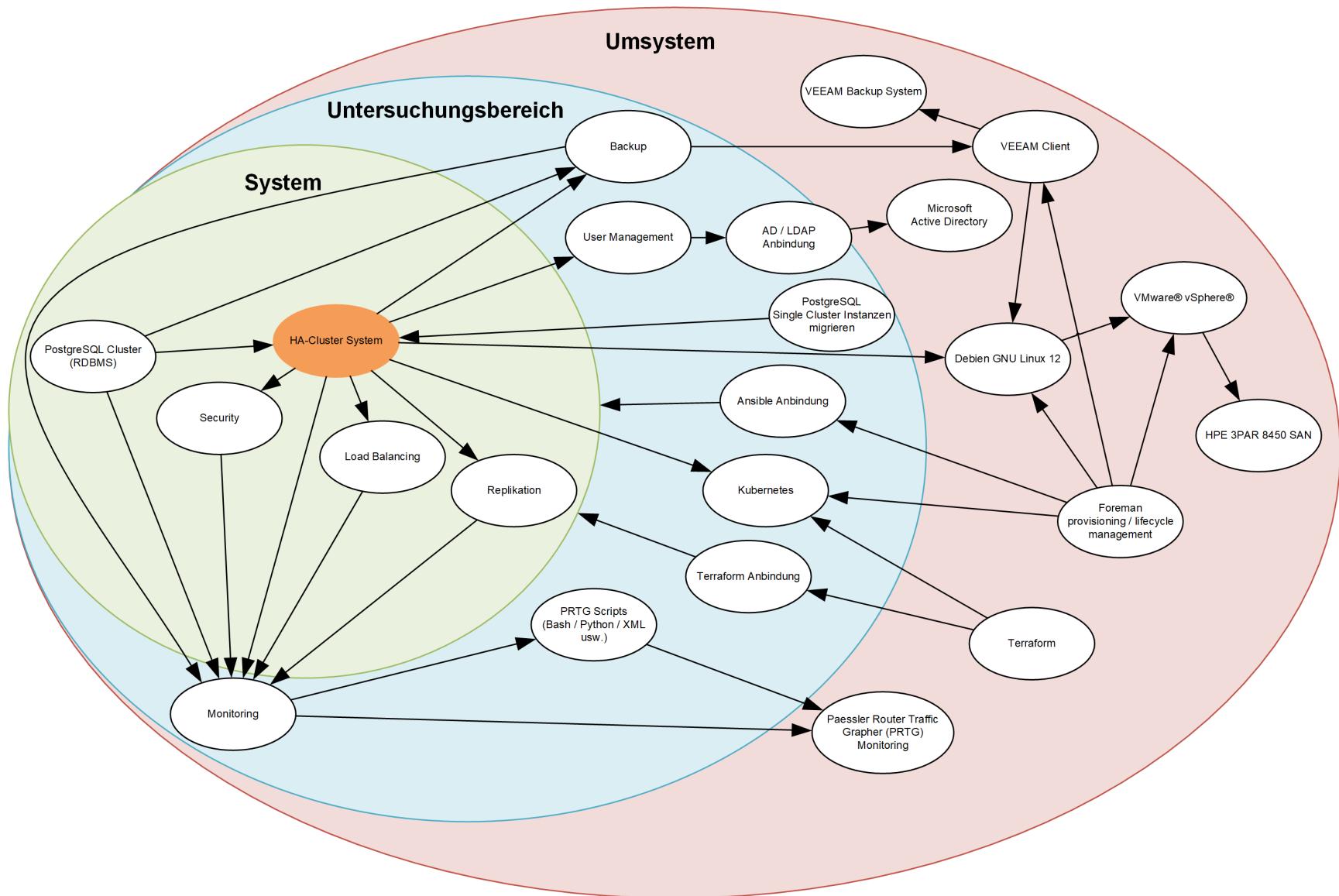


Abbildung 1.8: Systemabgrenzung

## 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
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.	Log Management und das SIAM werden abgelöst. Die Ausschreibung ist erfolgt	Die neue Log Management Plattform ist noch nicht betriebsbereit	Log Retention muss stark erhöht werden. Dies wird mehr Storage in Anspruch nehmen.
4	HP-UX Ablöseprojekt	Ressourcen	Das Projekt zur Ablösung der HP-UX Plattform für die Oracle Datenbanken geht in die Konzeptions- und Umsetzungsphase.	Umsetzungsphase.	Als Oracle DBA bin ich stark in das Projekt eingebunden. Es besteht das Risiko eines Ressourcenengpasses	Projekt kann nicht zeitgemäss abgeschlossen werden
5	GitLab	Sicherung	Sicherung von Konfigurationen, Scripts usw.	GitLab ist implementiert und betriebsbereit.	GitLab steht nicht mehr zur Verfügung	Keine Versionierung und Teilsicherungen mehr von Konfigurationsfiles, Scripts usw.
6	PKI	Key Management	Es braucht einen PKI um Keys und Zertifikate handeln zu können	Bestehender PKI wird abgelöst. Ablösungsprojekt in der Initialisierungsphase.	Es steht kein moderner PKI im Einsatz.	Zertifikate können aus Zeitgründen nicht in der Evaluationsphase eingesetzt werden. Für die Testphase müssen Zertifikate manuell ausgestellt werden.

Tabelle 1.9: Abhängigkeiten

1.5 Risikomanagement

Aus den Abhängigkeiten heraus wurden folgende Risiken identifiziert:

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

Tabelle 1.10: Risiko-Matrix der Diplomarbeit

Daraus ergibt sich folgende Risikomatrix

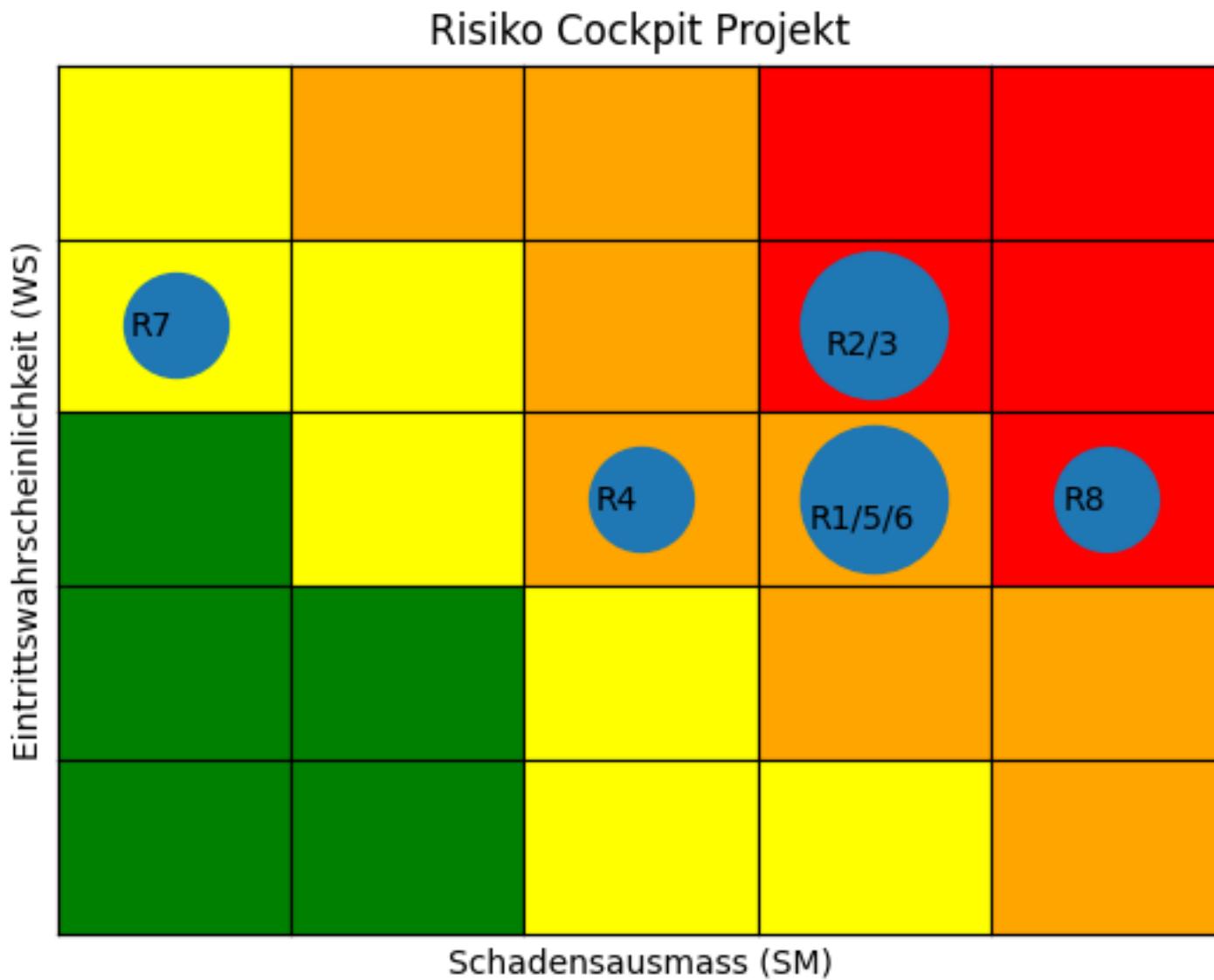


Abbildung 1.9: Projektrisiken

Mit den entsprechenden Massnahmen können die Risiken gesenkt werden:

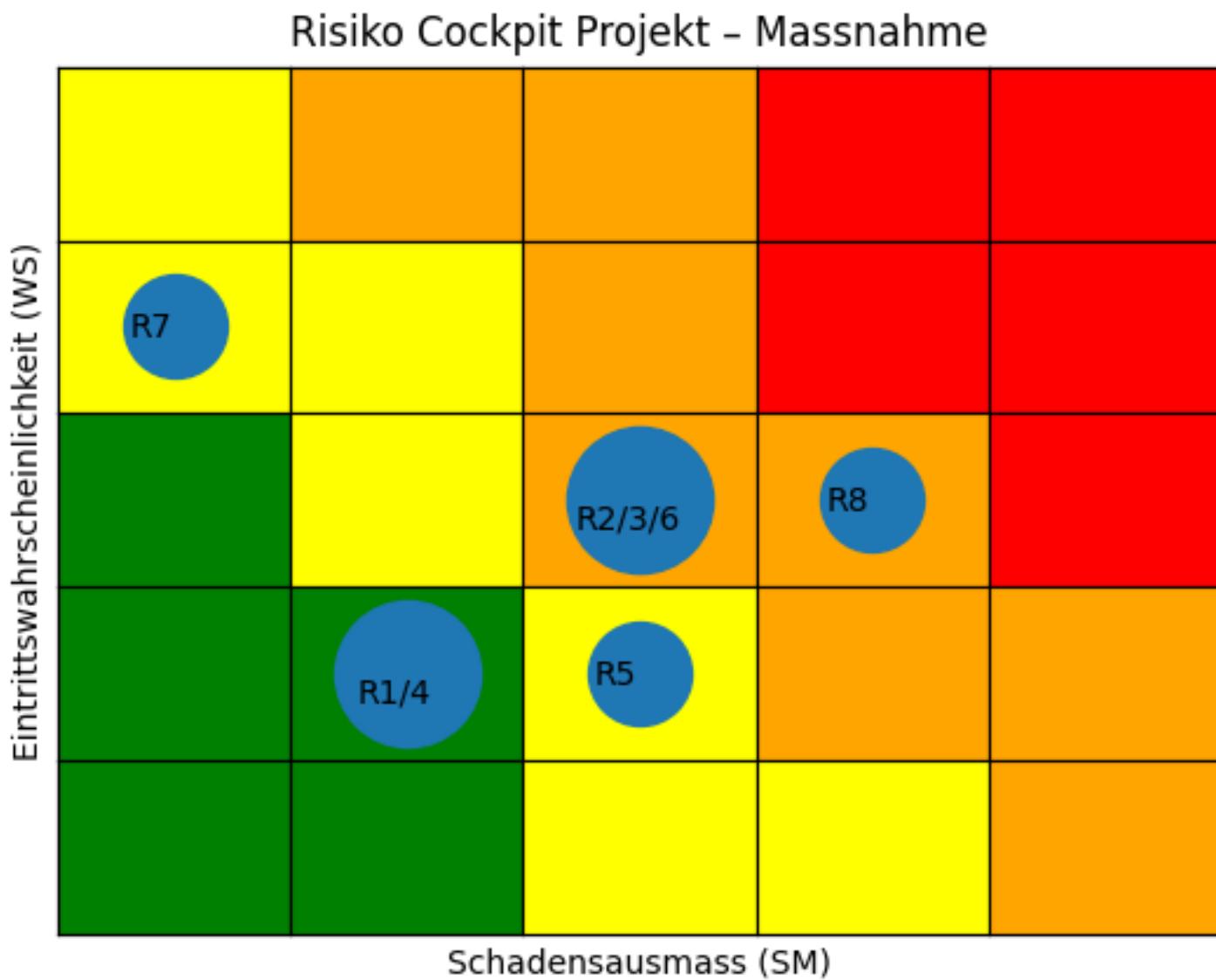


Abbildung 1.10: Projektrisiken mit Massnahmen

1.6 Vorgehensweise und Methoden

1.7 Projektmanagement

1.7.1 Projektcontrolling

Phase	Subphase	Dauer [h]	Geplante Dauer [h]	Verbleibende Zeit [h]
0 Dokumentation	-	11.2	80	68.8
1 Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	7.5	16	8.5
2 Evaluation	Anorderungskatalog	4.5	16	11.5
3 Evaluation	Vorbereitung Benchmarking	0.0	4	4.0

Tabelle 1.11: Projektcontrolling

1.8 GANTT-Diagramm

Nr.		Vorgangsm. Vorgangname	Dauer	Vorgänger	Meilenstein	Anfang	Ende	Ist-Anfang	Ist-Ende	Geplante Arbeit	Ist-Arbeit	3. Quartal Jul	Aug	Sep	4. Quartal Okt	Nov	Dez	1. Quartal Jan	Feb	Mrz	2. Quartal Apr	Mai	Jun	3. Quartal Jul
1		Phase I: Themenerarbeitung- und eingabe	81 Tage			Nein Don 17.08.23	Don 07.12.23	Don 17.08.23	NV	48 Std.	3 Std.													
2		Einführung Diplomarbeit	81 Tage			Nein Don 17.08.23	Don 07.12.23	Don 17.08.23	NV	20 Std.	3 Std.													
3		Ideensammlung	30 Tage			Nein Don 17.08.23	Mit 27.09.23	NV	NV	8 Std.	0 Std.													
4		Abgabe Ideensammlung	1 Tag			Ja Mit 27.09.23	Mit 27.09.23	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
5		Disposition erstellen	2.5 Tage			Nein Mit 15.11.23	Son 19.11.23	NV	NV	20 Std.	0 Std.													
6		Abgabe Disposition	1 Tag			Ja Mon 20.11.23	Mon 20.11.23	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
7		Bewilligung Disposition durch FV	1 Tag	6		Ja Don 07.12.23	Don 07.12.23	NV	NV	8 Std.	0 Std.													
8		Phase II: Vorarbeitsarbeiten	48 Tage	7		Nein Fre 08.12.23	Die 13.02.24	NV	NV	25 Std.	0 Std.													
9		Vorbereitungsmassnahmen	43 Tage	7		Nein Fre 08.12.23	Die 06.02.24	NV	NV	20 Std.	0 Std.													
10		Abgabe Statusbericht	1 Tag	9		Ja Mit 07.02.24	Mit 07.02.24	NV	NV	1 Std.	0 Std.													
11		Vernissage	1 Tag?	10		Ja Die 13.02.24	Die 13.02.24	NV	NV	4 Std.	0 Std.													
12		Phase III: Hauptarbeiten	64.75 Tage?	11		Nein Mit 14.02.24	Don 06.06.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
13		Hauptteil Diplomarbeit	55.75 Tage?			Nein Mit 14.02.24	Fre 24.05.24	NV	NV	200 Std.	0 Std.													
14		Umsetzung	25 Tage?			Nein Mit 14.02.24	Mit 27.03.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
15		Evaluation	13 Tage?			Nein Mit 14.02.24	Mit 06.03.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
16		Anforderungskatalog	6 Tage			Nein Mit 14.02.24	Fre 23.02.24	NV	NV	16 Std.	0 Std.													
17		Vorbereitung Benchmarking	1 Tag	16		Nein Mon 26.02.24	Mon 26.02.24	NV	NV	4 Std.	0 Std.													
18		Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	4 Tage	16		Nein Mon 26.02.24	Fre 01.03.24	NV	NV	16 Std.	0 Std.													
19		Gegenüberstellung	2 Tage	16;17;18		Nein Mon 04.03.24	Die 05.03.24	NV	NV	8 Std.	0 Std.													
20		Variantenentscheid	1 Tag?	19		Ja Mit 06.03.24	Mit 06.03.24	NV	NV	4 Std.	0 Std.													
21		Aufbau und Implementation Testsystem	8 Tage?	20		Nein Fre 08.03.24	Mit 20.03.24	NV	NV	27 Std.	0 Std.													
22		Basisinfrastruktur	2 Tage			Nein Fre 08.03.24	Mon 11.03.24	NV	NV	4 Std.	0 Std.													
23		Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster	5 Tage	22		Nein Die 12.03.24	Die 19.03.24	NV	NV	20 Std.	0 Std.													
24		Technical Review	1 Tag?	23		Ja Mit 20.03.24	Mon 16.09.24	NV	NV	3 Std.	0 Std.													
25		Testing	4 Tage?	24		Nein Fre 22.03.24	Mit 27.03.24	NV	NV	14 Std.	0 Std.													
26		Testing Testsystem	1 Tag	24		Nein Fre 22.03.24	Fre 22.03.24	NV	NV	8 Std.	0 Std.													
27		Protokollierung	2 Tage	26		Nein Mon 25.03.24	Die 26.03.24	NV	NV	4 Std.	0 Std.													
28		Review und Auswertung	1 Tag?	27		Ja Mit 27.03.24	Mit 27.03.24	NV	NV	2 Std.	0 Std.													
29		Troubleshooting und Lösungsfindung	1 Tag?	25		Nein Die 02.04.24	Die 02.04.24	NV	NV	8 Std.	0 Std.													
30		Resultate	6 Tage?	25		Nein Die 02.04.24	Mit 10.04.24	NV	NV	7 Std.	0 Std.													
31		Zielüberprüfung	4 Tage			Nein Die 02.04.24	Mon 08.04.24	NV	NV	2 Std.	0 Std.													
32		Schlussfolgerung	1 Tag?	31		Nein Die 09.04.24	Die 09.04.24	NV	NV	2 Std.	0 Std.													
33		Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten	1 Tag?			Nein Die 02.04.24	Die 02.04.24	NV	NV	1 Std.	0 Std.													
34		Persönliches Fazit	1 Tag	31;32		Nein Mit 10.04.24	Mit 10.04.24	NV	NV	2 Std.	0 Std.													
35		1. Expertengespräch	1 Tag?			Ja Mit 14.02.24	Mit 14.02.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
36		2. Expertengespräch	1 Tag?			Ja 15.03.24	Fre 15.03.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
37		Letztes Expertengespräch	1 Tag?			Ja Mit 15.05.24	Mit 15.05.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
38		Dokumentation	55.75 Tage			Nein Mit 14.02.24	Fre 24.05.24	NV	NV	80 Std.	0 Std.													
39		Puffer	9 Tage			Nein Die 16.04.24	Die 30.04.24	NV	NV	16 Std.	0 Std.													
40		Abgabe Diplomarbeit	1 Tag?	13;30;37		Ja Fre 24.05.24	Fre 24.05.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
41		Vorbereitung Präsentation	5 Tage	40		Nein Die 28.05.24	Mon 03.06.24	NV	NV	20 Std.	0 Std.													
42		Präsentation und Fachgespräch	1 Tag?	40;41		Nein Die 04.06.24	Die 04.06.24	NV	NV	1 Std.	0 Std.													
43		Diplomausstellung	1 Tag?	42		Nein Mit 05.06.24	Mit 05.06.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													
44		Diplomfeier	1 Tag?	42;43		Nein Don 06.06.24	Don 06.06.24	NV	NV	0 Std.	0 Std.													

Projekt: Diplomarbeit - Postgre  
Datum: Die 06.02.24

1.9        Status-Reports

1.9.1      Status Reports

### 1.9.1.1 Initialer Statusbericht

PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation		ICT Projektstatusbericht 13.02.2024																
Projektbeschreibung	Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster	Priorität	-															
ICT veratw. Person	Michael Graber	PMA	-															
Status	Ampel	Tendenz	Begründung															
<b>Gesamtprojekt</b>																		
Zeitplanung	■	↓	Projekt ist umfangreich und hat viele Teilspekte, die es zu planen und berücksichtigen gilt.															
Ressourcen	▲	↓	Parallel läuft das Grossprojekt "Erneuerung HP UX Plattform", wo die bestehende HP-UX Plattform durch eine Oracle Exadata Cloud@Customer Plattform abgelöst wird. Ab dem Zeitpunkt der Lieferung der Hardware werden die Oracle Datenbanken der Kernapplikation auf die neue Plattform migriert. Dies über das gesamte Jahr und auch während der Diplomarbeit sehr viele Ressourcen binden.															
Kosten	●	➡	Kosten sind noch im Soll-Bereich															
<b>Tätigkeiten vergangene Berichtsperiode</b>		<b>Tätigkeiten nächste Berichtsperiode</b>																
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dokumentenstruktur erstellt</li> <li>- Projektplanung erstellt</li> <li>- Vernissage vorbereitet</li> <li>- Statusbericht erstellt</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anforderungskatalog erarbeiten</li> <li>- Vorbereitung Benchmarking</li> </ul>																
# nächste Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Status</th><th>Erledigungsgrad</th><th>Soll Datum</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>in arbeit</td><td><div style="width: 60%;">60%</div></td><td>23.02.2024</td></tr> <tr> <td>in arbeit</td><td><div style="width: 0%;">0%</div></td><td>26.02.2024</td></tr> </tbody> </table>		Status	Erledigungsgrad	Soll Datum	in arbeit	<div style="width: 60%;">60%</div>	23.02.2024	in arbeit	<div style="width: 0%;">0%</div>	26.02.2024						
Status	Erledigungsgrad	Soll Datum																
in arbeit	<div style="width: 60%;">60%</div>	23.02.2024																
in arbeit	<div style="width: 0%;">0%</div>	26.02.2024																
LO-001 Anforderungskatalog																		
LO-002 Vorbereiten Benchmarking																		
LO-003																		
LO-004																		
LO-005																		
# Risiken		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Auswirkungsgrad</th><th>Massnahmen</th><th>Verantw.</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■</td><td>Organisation und Selbstmanagement</td><td></td></tr> <tr> <td>■</td><td>Ressourcen reservieren</td><td></td></tr> <tr> <td>■</td><td>Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren</td><td></td></tr> <tr> <td>■</td><td>Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Auswirkungsgrad	Massnahmen	Verantw.	■	Organisation und Selbstmanagement		■	Ressourcen reservieren		■	Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren		■	Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen	
Auswirkungsgrad	Massnahmen	Verantw.																
■	Organisation und Selbstmanagement																	
■	Ressourcen reservieren																	
■	Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren																	
■	Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen																	
R-001 Fehlende Ressourcen																		
R-002 HP-UX Ablöseprojekt																		
R-003 Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden																		
R-004 Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstoprganisation																		
Kostenübersicht		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Abhängigkeiten zu anderen Projekten</th><th>Massnahmen</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Erneuerung HP UX Plattform 60002201</td><td>Ressourcen reservieren</td></tr> <tr> <td>KSGR Provisioning System (KPS) =&gt; Foreman Umgebung</td><td>Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten</td></tr> </tbody> </table>		Abhängigkeiten zu anderen Projekten	Massnahmen	Erneuerung HP UX Plattform 60002201	Ressourcen reservieren	KSGR Provisioning System (KPS) => Foreman Umgebung	Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten									
Abhängigkeiten zu anderen Projekten	Massnahmen																	
Erneuerung HP UX Plattform 60002201	Ressourcen reservieren																	
KSGR Provisioning System (KPS) => Foreman Umgebung	Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten																	
Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt: $100 \text{ CHF} * 200h = 24000 \text{ CHF}$																		
Bemerkungen / Informationen		Anträge																
Eingereicht	Geprüft	Bemerkungen/Auftrag PMO																
PL:	PMO:																	
Datum:	Datum:																	
# erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links)																		

Tabelle 1.12: Initialer Statusbericht

## 2 Umsetzung

### 2.1 Evaluation

#### 2.1.1 Exkurs Architektur

##### 2.1.1.1 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

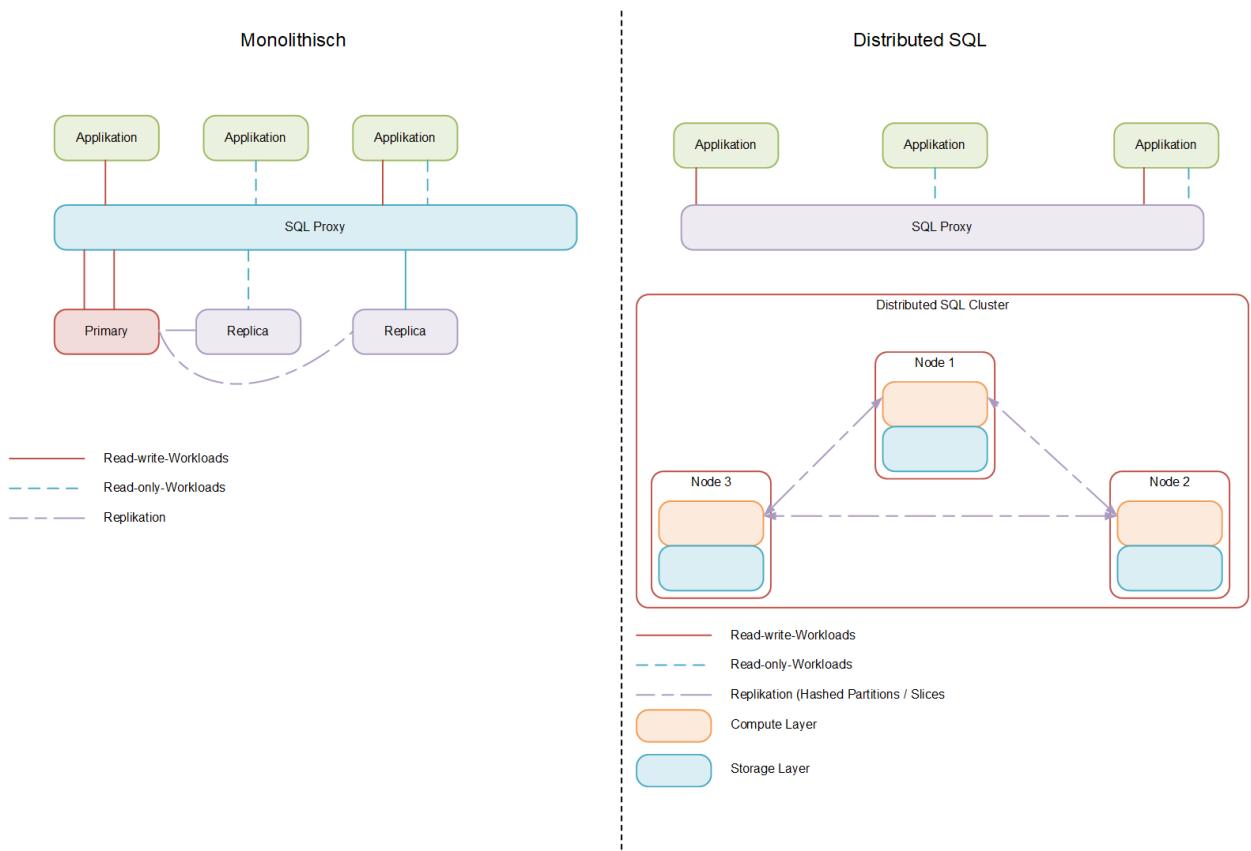


Abbildung 2.1: Monolithische vs. verteilte SQL Systeme

#### 2.1.1.2 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[42]. Dabei wird zwischen den folgenden beiden Replikationen unterschieden:

## Synchrone Replikation

Wenn bei einer Synchronen Replikation eine Transaktion abgesetzt wird, wird der Commit auf der primären Seite erst gesetzt, wenn die Änderung auf der sekundären Seite oder den sekundären Seiten ebenfalls eingetragen und Committed ist. Bis zu diesem Moment ist die Transaktion nicht als Committed.

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

## Asynchrone Replikation

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

### 2.1.1.3 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 [40, 51, 36] 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 2.1: Quorum Beispiele

#### 2.1.1.4 CAP Theorem

Das CAP Theorem besagt, dass nur zwei der drei folgenden drei Merkmale von verteilten Systemen gewährleistet werden können[26].

##### Konsistenz - Consistency

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

##### Verfügbarkeit - Availability

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

##### Ausfalltoleranz / Partitionstoleranz - Partition tolerance

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



Abbildung 2.2: CAP-Theorem

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

#### 2.1.1.5 Skalierung

Datenbanken müssen skalierbar sein. Dabei wird unterschieden zwischen einer vertikalen Skalierung (scale-up) und horizontaler Skalierung (scale-out). Bei der vertikalen Skalierung werden den DB-Servern mehr CPU-Cores und Memory sowie zum Teil Storage hinzugefügt, wobei der Storage in jedem Fall wachsen wird. Beim horizontalen Skalieren werden weitere DB-Nodes in den Cluster eingehängt[38]:

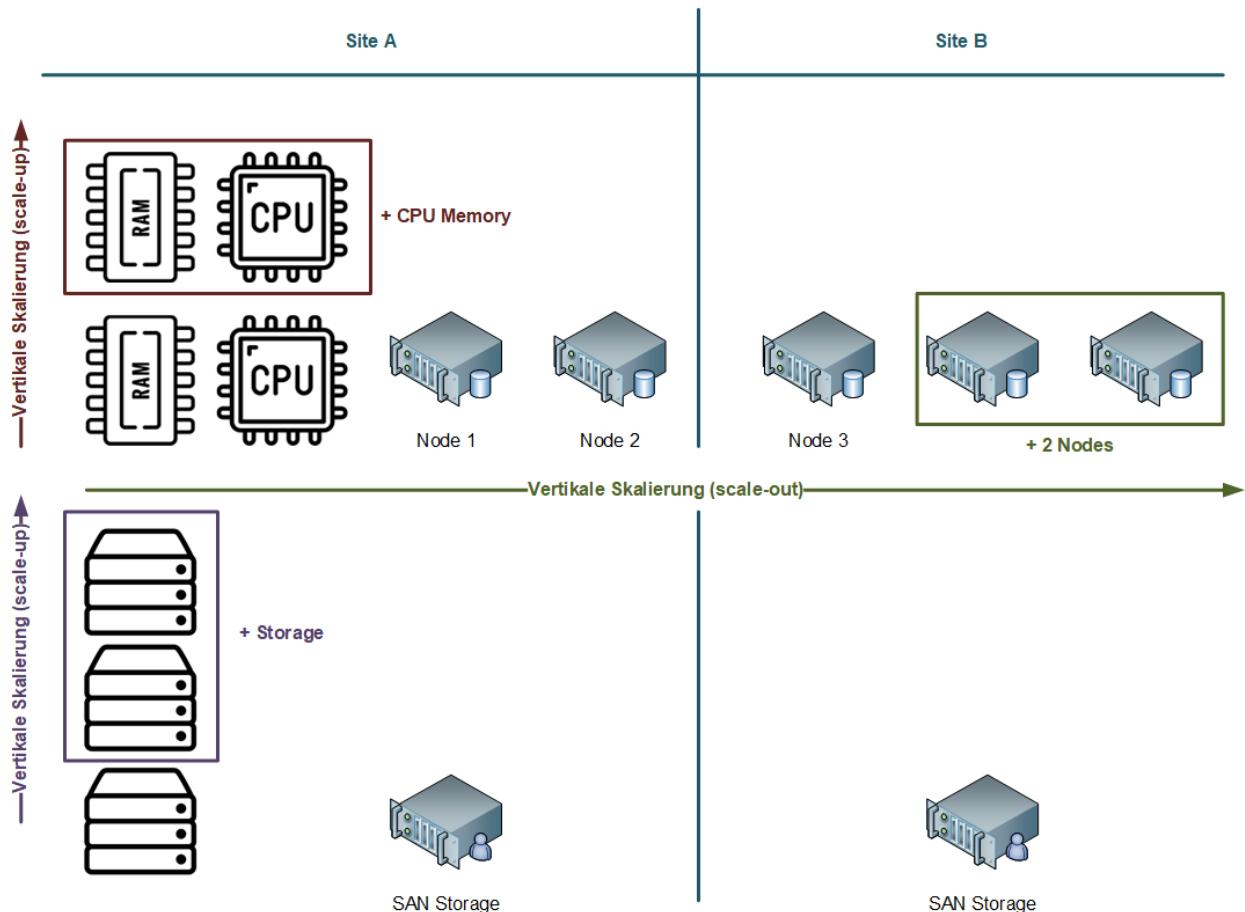


Abbildung 2.3: Datenbankskalierung

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

## 2.1.2 Erheben und Gewichten der Anforderungen

### 2.1.2.1 Anforderungen

Das KSGR hat eine Cloud First Strategie.

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

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



Nr.	Anforderung	Bezeichnung	Beschreibung	System	Muss / Kann
1	Systemvielfalt		Es muss mindestens eine Monolithisches und mindestens 2 zwei Distributed SQL Cluster ermittelt werden	Beides	MUSS
2	Synergien		Skripte und APIs des Monolithisches Systems müssen auch in einem Distributed SQL System verwendet werden können	Beides	MUSS
3	Failover	Automatismus	Das Clustersystem muss bei einem Nodeausfall automatisch auf einen anderen Node umstellt	Beides	MUSS
4	Failover	Connection - Stabilität	Beim Failover dürfen bestehende Connections nicht getrennt werden oder sofort Wiederhergestellt werden	Beides	MUSS
5	Failover	Geschwindigkeit	Das umstellen auf den nächsten Node muss so schnell ausgeführt werden, das ein Disconnect mittels Client-Konfiguration (Timeout) verhindert wird.	Beides	MUSS
6	Switchover	Skript / API	Das System muss ein Skript oder eine API liefern, welche einen geordneten Switchover auf einen anderen Node erlaubt	Beides	MUSS
7	Switchover	Connection - Stabilität	Beim Switchover dürfen bestehende Connections nicht getrennt werden oder sofort Wiederhergestellt werden	Beides	MUSS
8	Switchover	Geschwindigkeit	Das umstellen auf den nächsten Node muss so schnell ausgeführt werden, das ein Disconnect mittels Client-Konfiguration (Timeout) verhindert wird.	Beides	MUSS
9	Restore	Skript / API	Das Clustersystem muss ein Skript oder eine API liefern, welche das einfache und ggf. automatisierte Restore eines oder mehreren Nodes ermöglichen	Beides	MUSS
10	Restore	Datensicherheit	Beim Wiederherstellen des Ursprungszustands darf es zu keinem Datenverlust kommen	Beides	MUSS
11	Restore	Connection - Stabilität	Bei der Wiederherstellung einzelner Nodes darf es zu keinen Unterbrechungen auf den Applikationen kommen	Beides	MUSS
12	Restore	Geschwindigkeit	Das Wiederherstellen des Ursprungszustands muss innert weniger Stunden für alle Datenbanken aus dem Backup Wiederhergestellt und im Clustersystem Synchronisiert werden	Beides	MUSS
13	Replikation	Synchrone Replikation	Es muss eine Synchrone Replikation sichergestellt werden	Monolithisch	MUSS
14	Replikation	Failover / Switchover Garantie	Die Replikation muss sicherstellen, das es bei einem Failover/Switchover zu keinem Fehler kommt	Monolithisch	MUSS
15	Replikation	Throughput	Beschreibt, wie viele Transaktionen pro Zeiteinheit vom Primary an die Replikas gesendet und Committed werden. Dieser Wert ist bei Synchrone Replikation entscheidend da Commits auf allen Replicas abgesetzt sein müssen.	Beides	MUSS
16	Sharding	Datenschutz- und integrität	Die Datenkonsistenz und Datenintegrität auf den Shards muss sichergestellt werden	Distributed SQL	MUSS
17	Sharding	Schutz vor Datenverlust	Die Synchronisation der Shards muss sicherstellen, dass es zu keinem Datenverlust kommt	Distributed SQL	MUSS
18	Quorum	Quorum-System vorhanden	Das Clustersystem muss über ein Quorum-System besitzen	Beides	MUSS
19	Quorum	Robustheit	Das Quorum des Clustersystems muss robust genug sein, um eine Split-Brain-Situation zu verhindern	Beides	MUSS
20	Connection		Das Clustersystem muss sicherstellen, dass eine Applikation ohne Entwicklungsaufwand mittels dem PostgreSQL Wired Connector zugreifen kann	Beides	MUSS
21	Management-API	Management-API vorhanden	Das Clustersystem muss Skripte oder eine API liefern, mit dem das System zu konfigurieren, verwalten oder überwachen zu können. Zudem müssen mit geringen Arbeitsaufwand	Beides	MUSS
22	Management-API	Authentifizierung & Autorisierung	damit Nodes hinzugefügt oder entfernt werden können	Beides	MUSS
23	Management-API	Aufwand	Es müssen gängige Standards für Authentifizierung und Autorisierung mitgebracht werden Der Aufwand,	Beides	MUSS
24	Backup	Backup mit PostgreSQL Standards	der benötigt wird um die DB zu verwalten, Nodes hinzuzufügen oder zu entfernen usw. muss gegeneinander verglichen werden.	Beides	MUSS
25	Backup	Restore mit PostgreSQL Standards	Backups müssen mittels PostgreSQL Standards angezogen werden	Beides	MUSS
26	Housekeeping - Log Rotation		Backups müssen mittels PostgreSQL Standards restored werden können	Beides	MUSS
27	Self Healing		Das Clustersystem muss die möglichkeit zur Log Rotation bieten	Beides	KANN
28	Monitoring - Node Failure		Das Clustersystem muss im Fehlerfall Nodes selber wiederherstellen können Läuft ein Node auf einen Fehler,	Beides	MUSS
29	Maintenance Quality		muss das Clustersystem dies erkennen und Melden resp. eine Schnittstelle liefern die abgefragt werden kann	Beides	MUSS
30	Performance	tps - Read-Only	Da die meisten PostgreSQL HA Lösungen Open-Source sind, muss sichergestellt werden, dass die gewählte Lösung auch aktiv gepflegt wird.	Beides	MUSS
31	Performance	tps - Read-Writes	Als Basis dienen hier Informationen wie z.B. GitHub Insights.	Beides	MUSS
32	Performance	Ø Latenz - Read-Only	Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DQL Transaktionen	Beides	MUSS
33	Performance	Ø Latenz - Read-Write	Die Transaktionsrate (transactions per second / tps) für DML Transaktionen	Beides	MUSS
			Die Latenzzeit bei DQL Transaktionen	Beides	MUSS
			Die Latenzzeit bei DML Transaktionen	Beides	MUSS

Tabelle 2.2: Anforderungskatalog

### Kostenrechnung

Für die Kostenberechnung des Zeitaufwands wird im KSGR intern mit  $120CHF/h$  gerechnet.

Jeder Arbeitstag hat dabei  $8.4h$  und pro Jahr wird mit  $220Tage$ n gerechnet.

### Messung des Zeitaufwands

Der Zeitaufwand in der Evaluationsphase kann nur mit manueller Ausführung gemessen werden, da die Automatisierung nicht in der Evaluationsphase umgesetzt werden kann.

In die Evaluation einfließen wird aber die Schätzung, wie viel Aufwand betrieben werden muss um die wichtigsten Tasks automatisieren zu können.

Folgende Messgrössen werden gestellt:

#### Quorum

#### Zeitaufwand Quorum erweitern

Bemessen wird, wie lange man braucht um einen neuen Node dem Quorum hinzuzufügen.

#### Zeitaufwand Failover und Recovery

Bemessen wird, wie lange ein Failover und ein anschliessender Recover auf den normalen Zustand dauert.

#### Failover Funktionsfähigkeit

Misst, ob der Failover bei korrekter Konfiguration funktionsfähig ist wie er vom entsprechenden System spezifiziert wurde.

#### Failover Reaktionszeit

Gemessen und bemessen wird, wie lange es im Failoverszenario dauert, bis auf einen Standby-Node umgeschaltet wird und wie lange es dauert bis offene Connections wieder voll funktionsfähig sind.

#### Recoverydauer

Bemisst, wie lange es nach einem Failover-Szenario dauert, bis der Normalzustand Wiederhergestellt werden kann.

### 2.1.2.2 Stakeholder

### 2.1.2.3 Gewichtung

Die Gewichtung wurde mittels einer Präferenzmatrix ermittelt.

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

# Diplomarbeit



Failover

Switchover

Restore

Replikation

Sharding

Quorum

Management-IP

Backup

Performance

Die Grundlegende Gewichtung wurde folgendermassen vorgenommen:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele	Systemvielfalt	1	Synergien	2	Failover	3	Switchover	4	Restore	5	Replikation	6	Sharding	7	Quorum	8	Connection	9	Management-API	10	Backup	11	Housekeeping - Log Rotation	12	Self Healing	13	Monitoring - Node Failure	14	Maintenance Quality	15
13	15	1	1	Systemvielfalt																														
12	14	2	2	Synergien			1																											
11	13	3	3	Failover		1	2																											
10	12	4	4	Switchover		1	2	3																										
9	11	5	5	Restore		1	2	3	4																									
8	10	6	6	Replikation		1	2	3	4	5																								
3	3	13	7	Sharding		1	2	3	4	5	6																							
7	8	8	8	Quorum		1	2	3	4	5	6	8																						
6	7	8	9	Connection		1	2	3	4	5	6	9	8																					
3	4	12	10	Management-API		1	2	3	4	5	6	10	8	9																				
6	7	8	11	Backup		1	2	3	4	5	6	11	8	9	11																			
1	1	14	12	Housekeeping - Log Rotation		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																		
1	1	14	13	Self Healing		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13																	
5	6	11	14	Monitoring - Node Failure		1	2	3	4	5	6	14	8	9	14	11	14	14																
1	1	14	15	Maintenance Quality		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	14															
6	7	8	16	Performance		1	2	3	4	5	6	16	16	16	16	11	16	16	14	16														
100	120																																	

## Legende

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.4: Präferenzmatrix

Die Gewichtung der Failover-Anforderungen setzt sich wie folgt zusammen:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele		
5	3	1	1	Automatismus		
4	2	2	2	Connection-Stabilität	1	
2	1	3	3	Geschwindigkeit	1	2
<b>11</b>	<b>6</b>					

**Legende**

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.5: Präferenzmatrix - Failover

Beim Switchover wurde die Gewichtung wie folgt aufgeteilt:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele			Skript / API	1	2
5	3	1	1	Skript / API					
3	2	2	2	Connection - Stabilität			1		
2	1	3	3	Geschwindigkeit			1	2	
<b>10</b>	<b>6</b>								

**Legende**

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.6: Präferenzmatrix - Switchover

Die Gewichtung und Aufteilung der Restore-Anforderungen sieht wie folgt aus:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele		1	2	3
					Skript / API	Datensicherheit	Connection - Stabilität	
5	3	1	1	Skript / API				
2	1	2	2	Datensicherheit	1			
2	1	2	3	Connection - Stabilität	1	2		
2	1	2	4	Geschwindigkeit	1	4	3	
9	6							

**Legende**

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.7: Präferenzmatrix - Restore

Die Replikationsanforderungen resp. deren Gewichtung ist wie folgt aufgebaut:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele		
4	3	1	1	Synchrone Replikation		
3	2	2	2	Failover / Switchover Garantie	1	
1	1	3	3	Throughput	1	2
<b>8</b>	<b>6</b>					

**Legende**

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.8: Präferenzmatrix - Replikation

Das Sharding setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele	
2	2	1	1	Datenkonsistenz- und Integrität	
1	1	2	2	Schutz vor Datenverlust	1
3	3				

**Legende** Eingabefelder Zellbezüge berechnete Felder

Abbildung 2.9: Präferenzmatrix - Sharding

Die Quorum-Anforderung ist folgendermassen zusammengesetzt:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele	Quorum-System vorhanden
4	2	1	1	Quorum -System vorhanden	
2	1	2	2	Robustheit	1
7	3				

**Legende** Eingabefelder Zellbezüge berechnete Felder

Abbildung 2.10: Präferenzmatrix - Quorum

Bei der Management-API gibt es mehrere Sub-Anforderungen:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele	Management-API vorhanden	Authentifizierung & Autorisierung
1	2	1	1	Management-API vorhanden		
1	2	1	2	Authentifizierung & Autorisierung	1	
1	2	1	3	Aufwand	3	2
<b>3</b>	<b>6</b>					

**Legende**

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.11: Präferenzmatrix - Management-API

Anforderungen zum Backup wurden nachfolgend aufgeteilt und gewichtet:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele	
4	2	1	1	Backup mit PostgreSQL Standards	
2	1	2	2	Restore mit PostgreSQL Standards	1
6	3				

**Legende**

-  Eingabefelder
-  Zellbezüge
-  berechnete Felder

Abbildung 2.12: Präferenzmatrix - Backup

Performance-Benchmarking lässt sich in nachfolgende Teile unterteilen:

Gewicht	Nennungen	Rang	Nr.	Ziele	1 tps - Read-Only	2 tps - Read-Writes	3 Ø Latenz - Read-Only
2	4	1	1	tps - Read-Only			
2	3	2	2	tps - Read-Writes	1		
1	2	3	3	Ø Latenz - Read-Only	1	2	
1	1	4	4	Ø Latenz - Read-Write	1	2	3
<b>6</b>	<b>10</b>						

### Legende

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.13: Präferenzmatrix - Performance

2.1.3 Testziele erarbeiten

2.1.4 PostgreSQL Benchmarking

PostgreSQL bietet ein Benchmarking-Tool,[34, 1] mit dem die DB Vermessen werden kann.

2.1.5 Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen

2.1.5.1 PostgreSQL Replikation

PostgreSQL bietet von Haus aus Möglichkeiten, um Replikationen durchzuführen. Dabei ist nicht jede gleich gut für jedes Szenario geeignet[33].

### Shared Disk Failover

**File System (Block Device) Replication**

**Write-Ahead Log Shipping**

**Logical Replication**

**Trigger-Based Primary-Standby Replication**

**Data Partitioning**

**Multiple-Server Parallel Query Execution**

### 2.1.5.2 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[52]. 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.

### 2.1.5.3 pgpool-II

pgpool-II ist eine Middleware die zwischen einem PostgreSQL Cluster und einem PostgreSQL Client gesetzt wird. pgpool-II bietet folgende Funktionen[49, 31]:

**High Availability**

pgpool-II bietet einen automatic Failover genannten Service an, den Watchdog. Dieser schwenkt auf einen Standby-Server und entfernt den Defekten Server. Um false positive Events und Split-brains zu verhindern setzt pgpool-II auf einen eigens entwickelten Quorum-Algorithmus.

### **Connection Pooling**

Bestehende Connections werden wiederverwendet um die Anzahl gleichzeitig offener Connections zu reduzieren. Der Pool wird dabei anhand von Username, Database, Protocol und weiteren Verbindungsparametern zugeordnet.

### **Replikation**

Nebst dem Standard PostgreSQL bietet pgpool-II sein eigenes Replikationssystem an.

### **Load Balancing**

Ähnlich wie Oracle Active Data Guard [17] bietet auch pgpool-II die Möglichkeit, SELECT-Queries und Backup-Jobs auf die Secondary-Nodes umzuleiten um den Primary Node zu entlasten.

### **Limiting Exceeding Connections**

Die Anzahl an concurrent Connections, also gleichzeitiger Verbindungen, ist bei PostgreSQL begrenzt (Systemparameter wird dabei vom DBA gesetzt). pgpool-II speichert alle Connections, die über dem Limit sind, in einer Queue und somit nicht sofort fehlerhaft abgelehnt.

### **Watchdog**

Der Watchdog koordiniert mehrere pgpool-II Nodes und verhindert ein Split-brain.

### **In Memory Query Caching**

pgpool-II speichert SELECT-Queries in einem Cache und verwendet die ResultSets wieder, wenn eine identische Abfrage eingeht.

### **Online Recovery**

pgpool-II bietet die möglichkeit, einen Online Recovery resp. eine Online Synchronisation eines Nodes durchzuführen, auch kann ein neuer Standby-Node synchronisiert werden. Dafür muss der Node aber im Detached Mode stehen, unabhängig ob der Detach manuell oder von pgpool-II ausgeführt wurde.

#### **2.1.5.4 pg\_auto\_failover**

##### **2.1.5.4.1 Replikation**

##### **2.1.5.4.2 Replikation**

##### **2.1.5.4.3 Proxy**

pg\_auto\_failover benötigt einen HAProxy, um Load Balancing usw. [9]

#### 2.1.5.4.4 API / Skripte

#### 2.1.5.4.5 Architektur

Die Dokumentation von pg\_auto\_failover [3] zeigt auf, wie der Failover funktioniert:

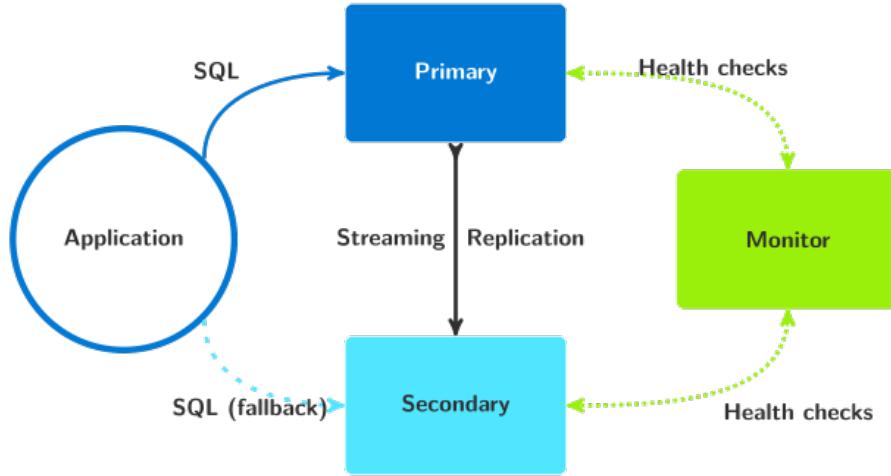


Abbildung 2.14: pg\_auto\_failover-Architektur - Single Standby

Aber auch Multi-Nodes können eingebunden werden[11]:

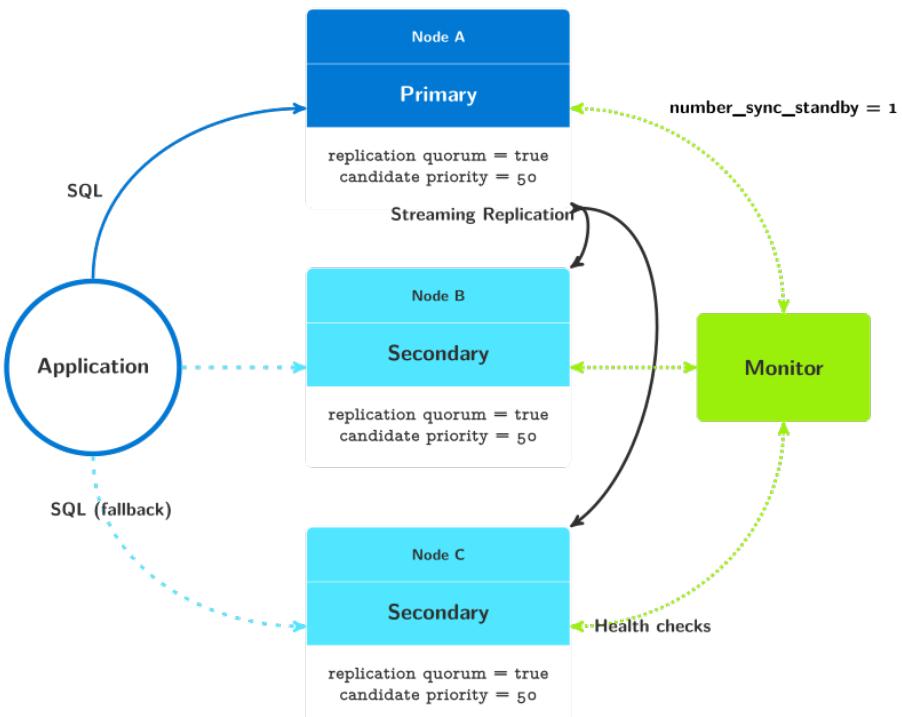


Abbildung 2.15: pg\_auto\_failover-Architektur - Multi-Node Standby

pg\_auto\_failover kann Citus einbinden[5]. Allerdings bleibt die Architektur im Kern immer Monolithisch.

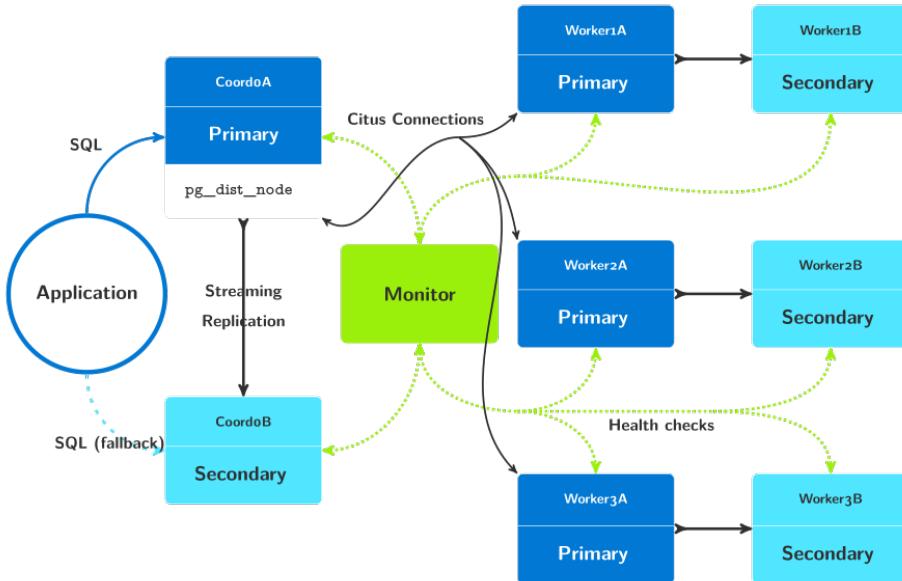


Abbildung 2.16: pg\_auto\_failover-Architektur - Citus

### 2.1.5.5 Patroni

#### 2.1.5.5.1 Replikation

#### 2.1.5.5.2 Proxy

Patroni benötigt einen HAProxy, um Load Balancing usw. [9]

#### 2.1.5.5.3 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.

#### 2.1.5.5.4 etcd

Patroni benötigt etcd als key-value-store

### 2.1.5.5.5 Architektur

Das Architektur-Schaubild sieht folgendermassen aus:

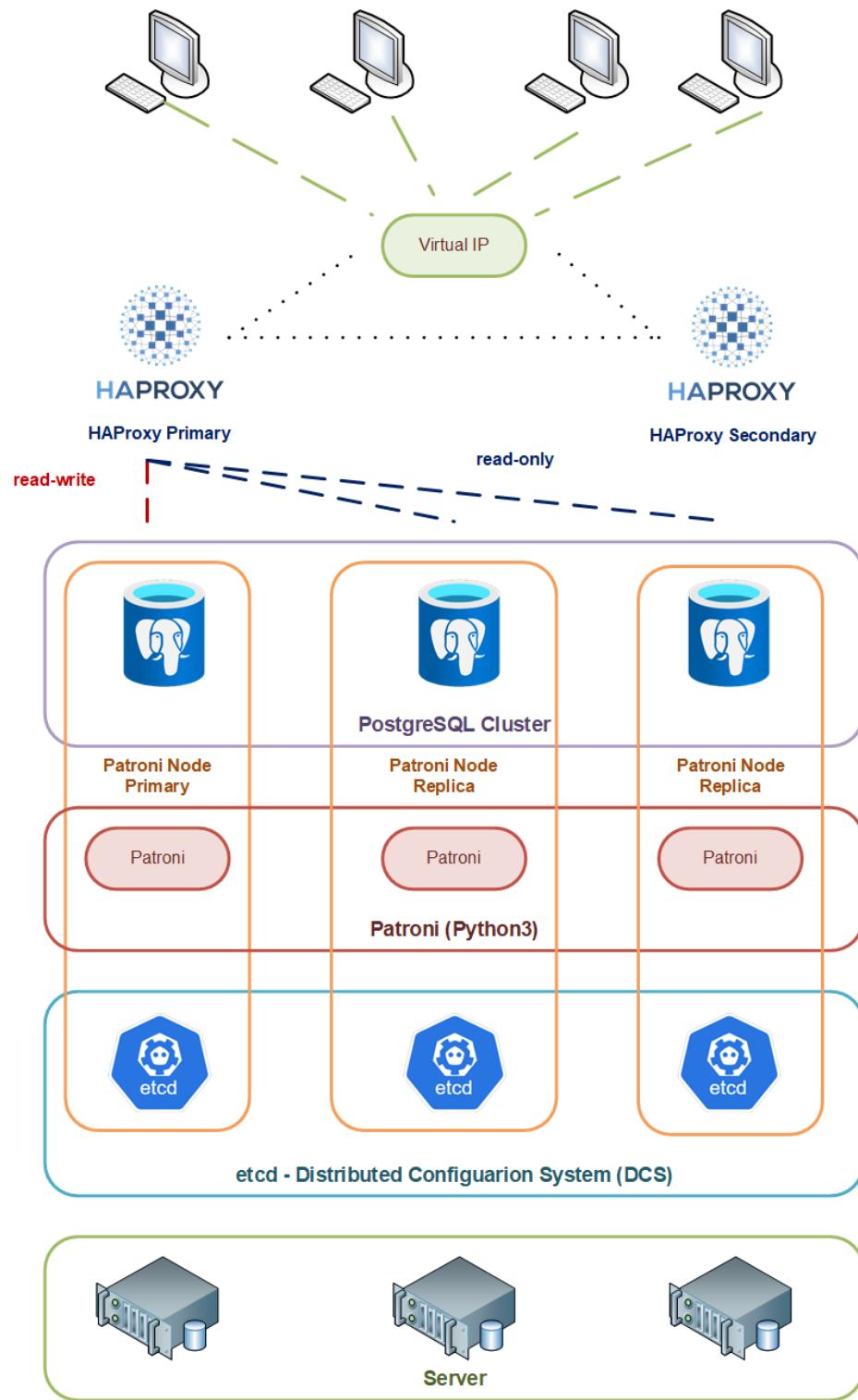


Abbildung 2.17: Patroni-Architektur

## 2.1.5.5.6 Maintenance

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

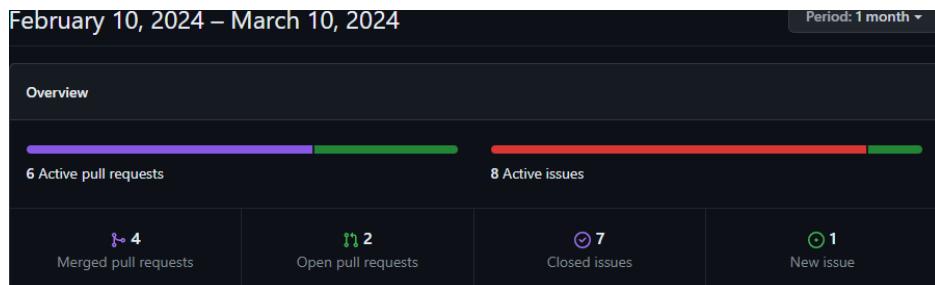


Abbildung 2.18: Patroni - Pulse

Code wird Regelmässig hinzugefügt und entfernt:

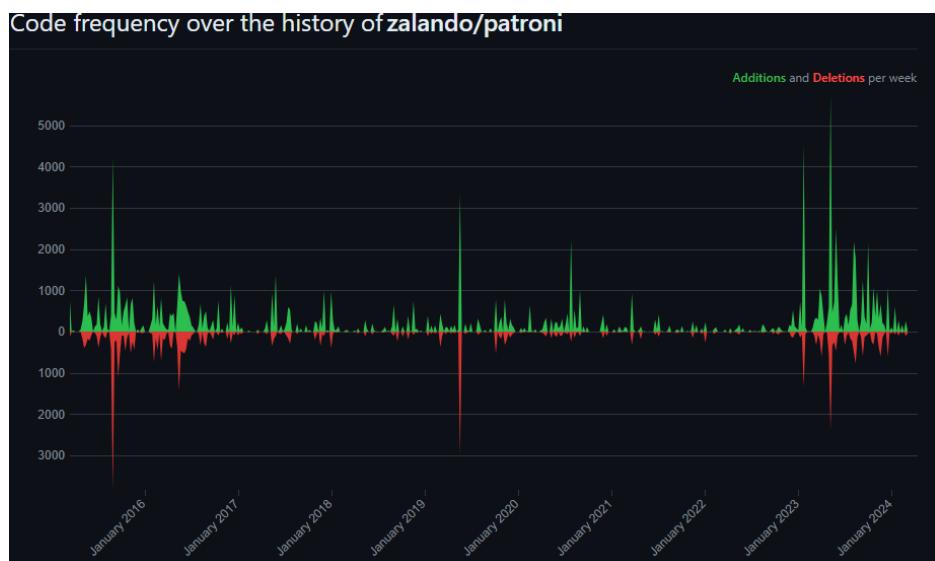


Abbildung 2.19: Patroni - Code Frequency

Das Projekt hält auch die gängigen Standards auf Github ein:

Community Standards

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

**Checklist**

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

[Set up a security policy](#) [Propose](#)

Abbildung 2.20: Patroni - Community Standards

Die Contributors commiten, löschen und erweitern Patroni Regelmässig:

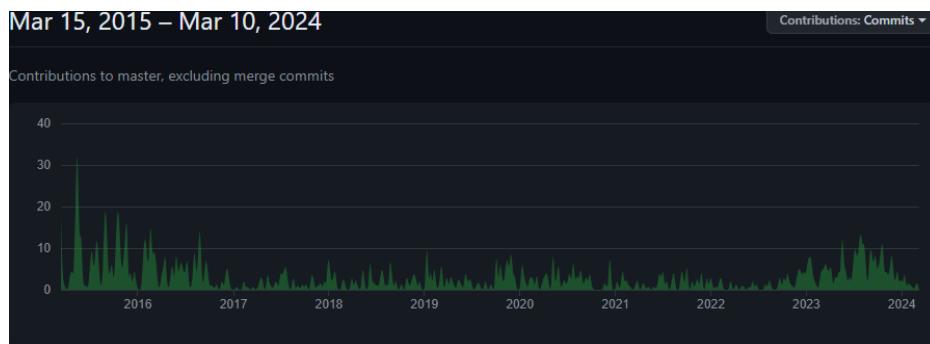


Abbildung 2.21: Patroni - Contributors Commits

# Diplomarbeit

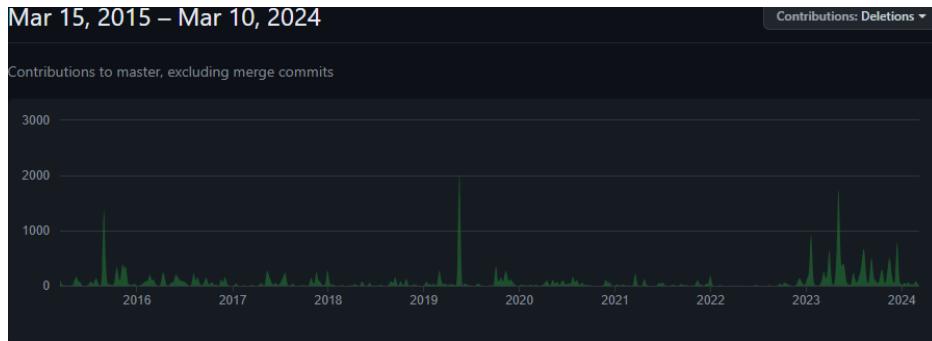


Abbildung 2.22: Patroni - Contributors Deletations



Abbildung 2.23: Patroni - Contributors Additions

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

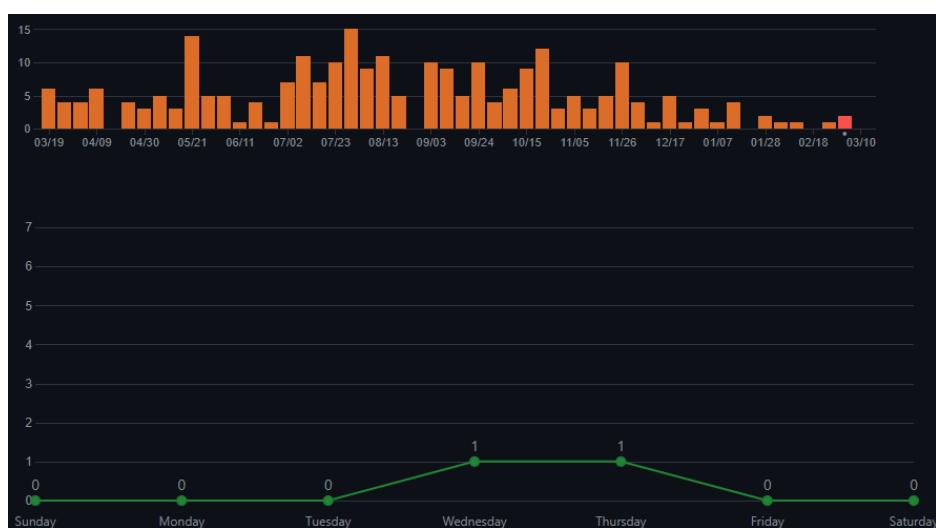


Abbildung 2.24: Patroni - Commit Activity

Nebst Zalando selbst, hat auch EnterpriseDB[19] ein grösseres Repository eingebunden. Dies weil EnterpriseDB stark auf Patroni setzt.

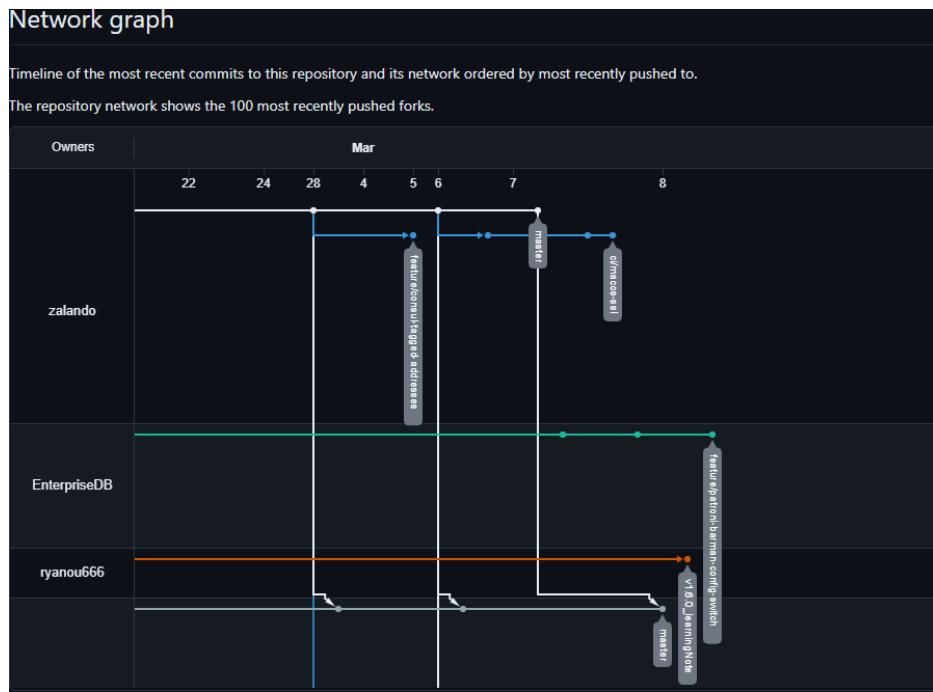


Abbildung 2.25: Patroni - Network Graph

### 2.1.5.6 CloudNativePG

### 2.1.5.7 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[62].

### 2.1.5.8 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 wiederum ist in den Microsoft Konzern eingebettet

#### 2.1.5.8.1 Architektur

##### 2.1.5.8.1.1 Citus Coordinator und Workers

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

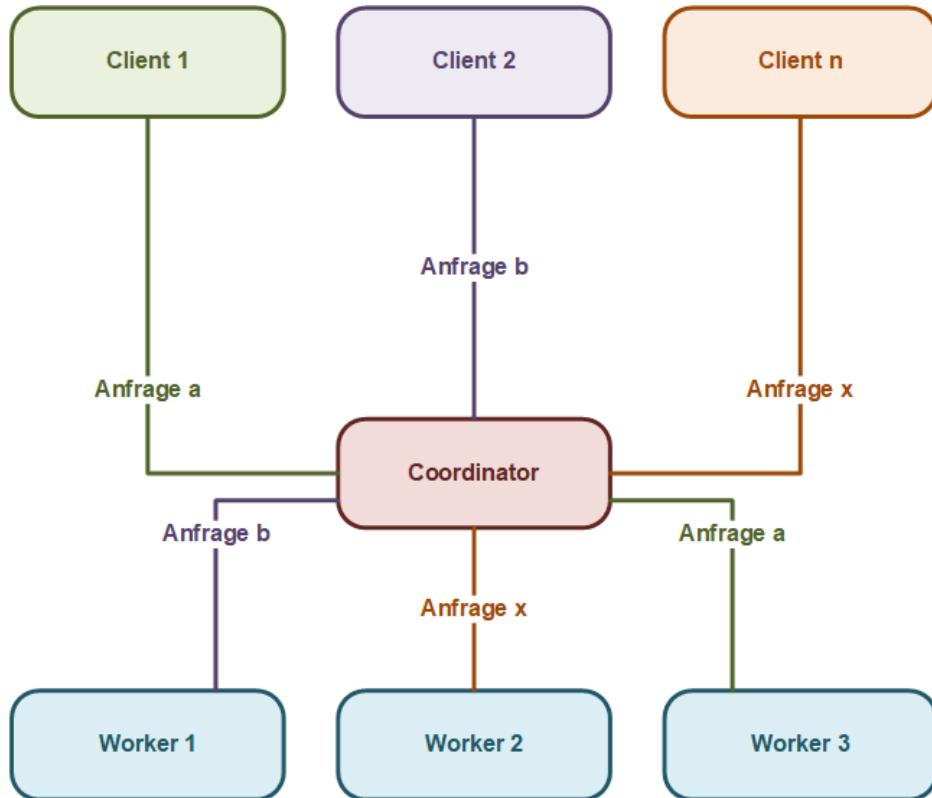


Abbildung 2.26: Citus - Coordinator und Workers

#### 2.1.5.8.1.2 Citus Sharding

Citus bietet zwei Sharding-Modelle an.

**Row-based sharding** Beim diesen sharding werden Tabellen anhand einer Distribution Column aufgeteilt. [7, 4]



Abbildung 2.27: Citus - Row-Based-Sharding

#### Schema-based sharding

**Schlussfolgerung** Beide Sharding-Methoden haben eine grosse Schwäche. Sie sind nicht vollständig ACID-Konform (??) da Datenverlust entstehen kann, wenn ein Node wegfällt. Die Shards müssen mit entsprechenden mit Replikation gesichert werden[6]. Dies muss aber bei der evaluation mittels Tests noch bestätigt werden.

## 2.1.5.8.2 Maintenance

Bei Stackgres gab es im letzten Monat keine wirkliche Bewegung:

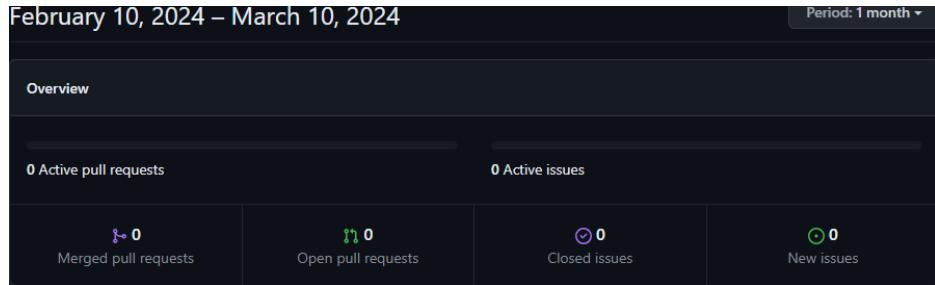


Abbildung 2.28: Stackgres - Pulse

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

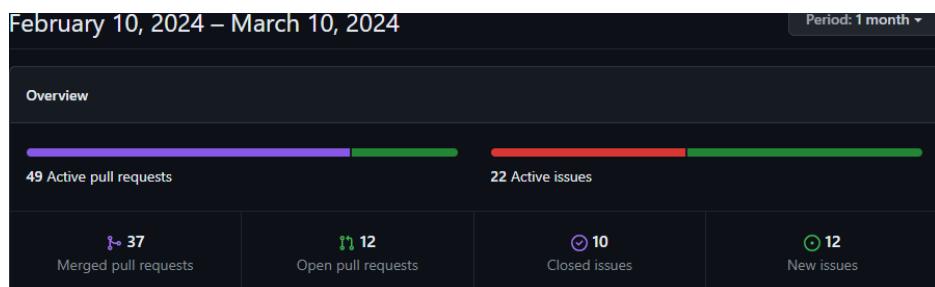


Abbildung 2.29: Citus - Pulse

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

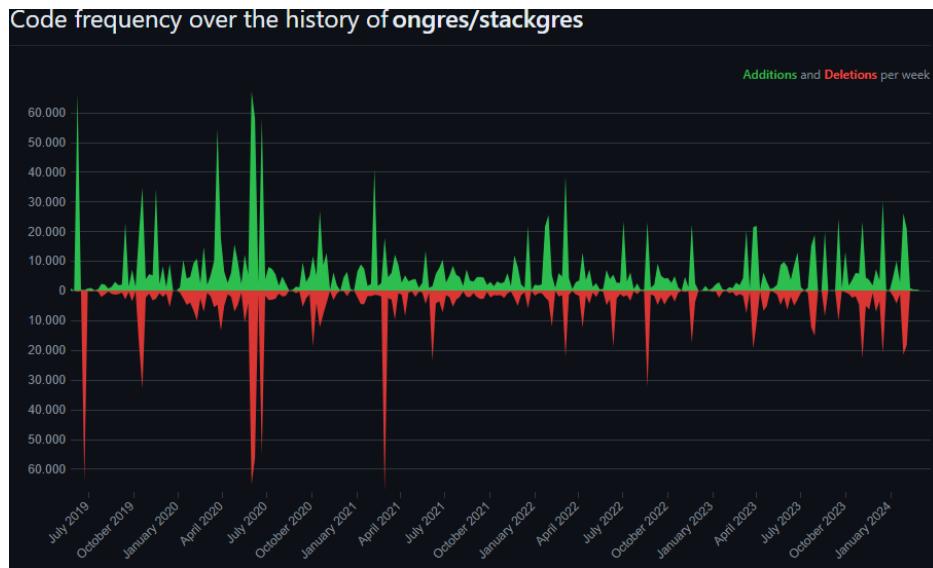


Abbildung 2.30: Stackgres - Code Frequency

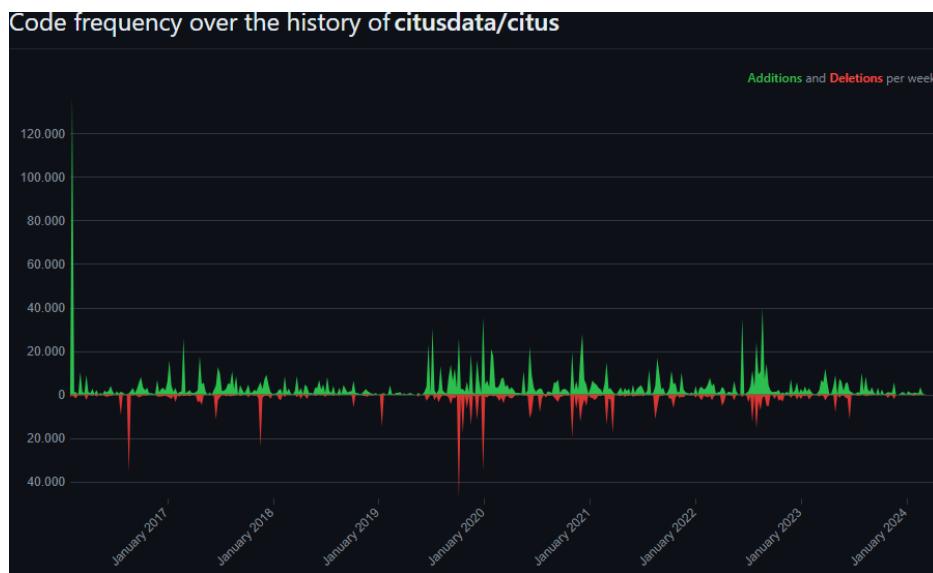


Abbildung 2.31: Citus - Code Frequency

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

Community Standards

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

**Checklist**

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

Abbildung 2.32: Stackgres - Community Standards

Community Standards

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

**Checklist**

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

Abbildung 2.33: 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.

# Diplomarbeit



Abbildung 2.34: Stackgres - Contributors Commits

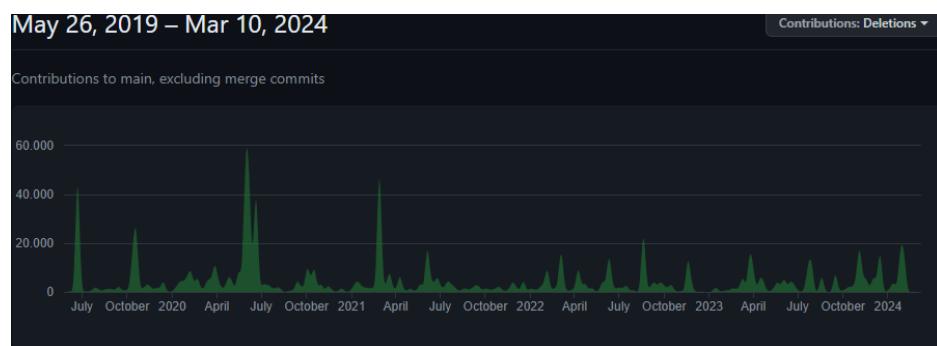


Abbildung 2.35: Stackgres - Contributors Deletations

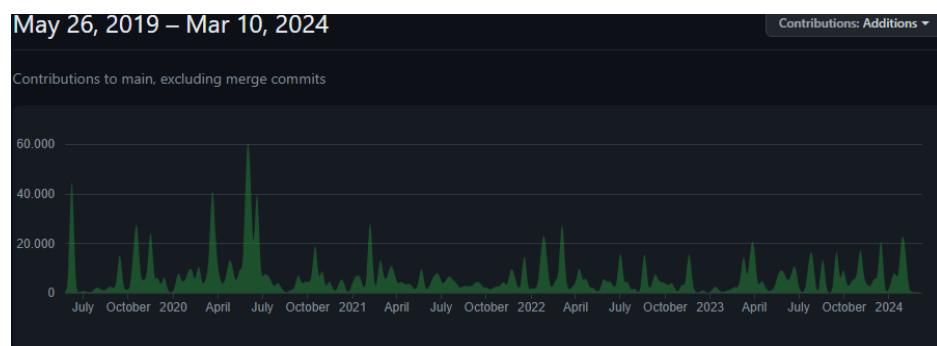


Abbildung 2.36: Stackgres - Contributors Additions

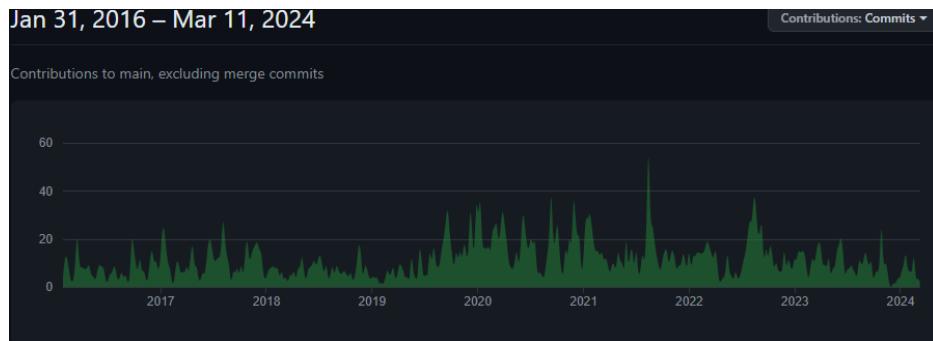


Abbildung 2.37: Citus - Contributors Commits

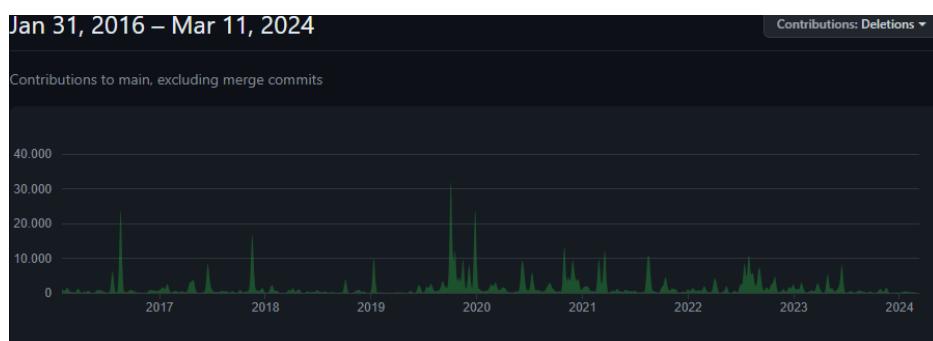


Abbildung 2.38: Citus - Contributors Deletations

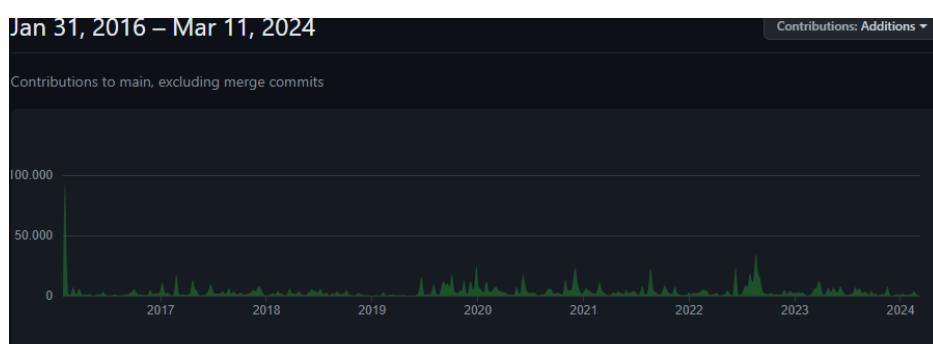


Abbildung 2.39: Citus - Contributors Additions

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:

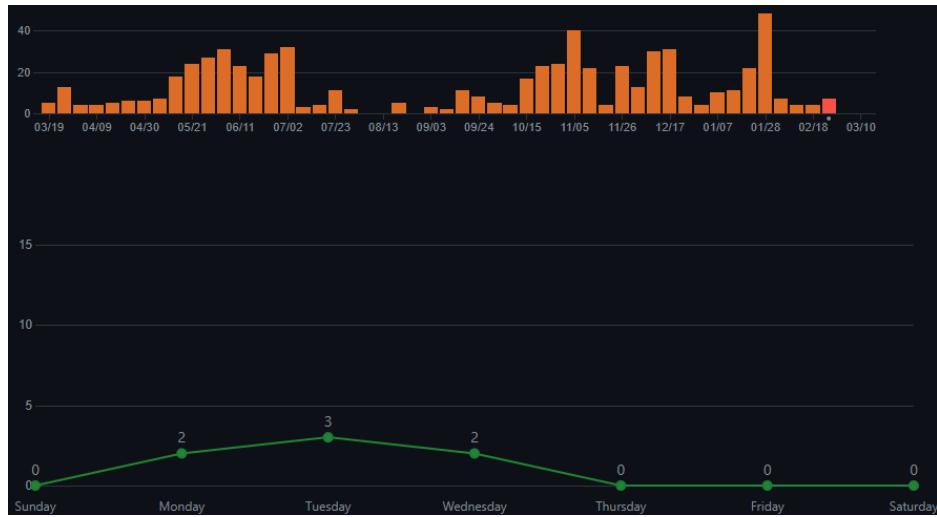


Abbildung 2.40: Stackgres - Commit Activity



Abbildung 2.41: 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.

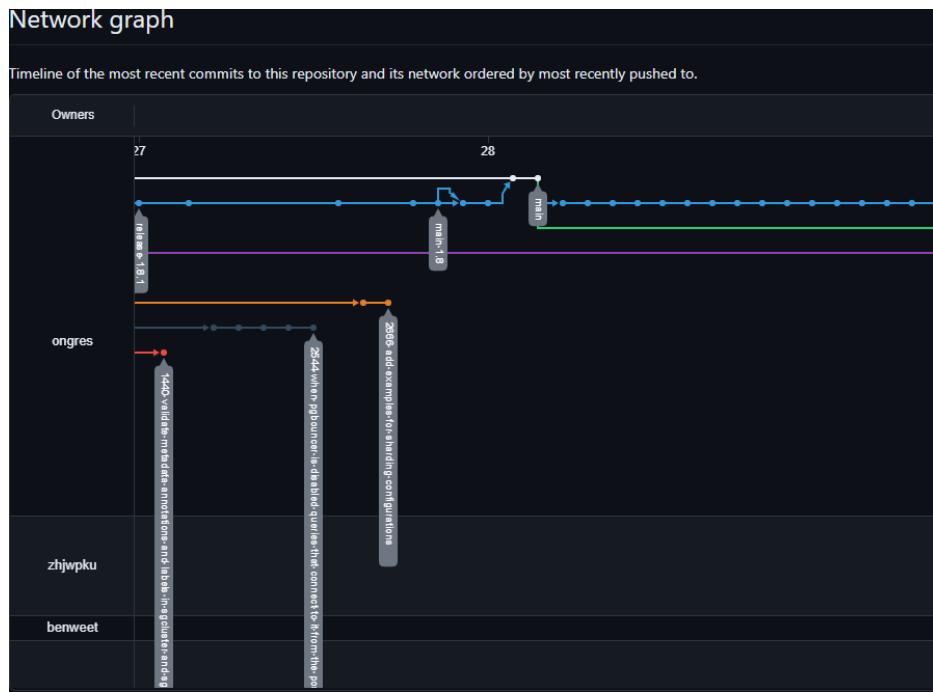


Abbildung 2.42: Stackgres - Network Graph

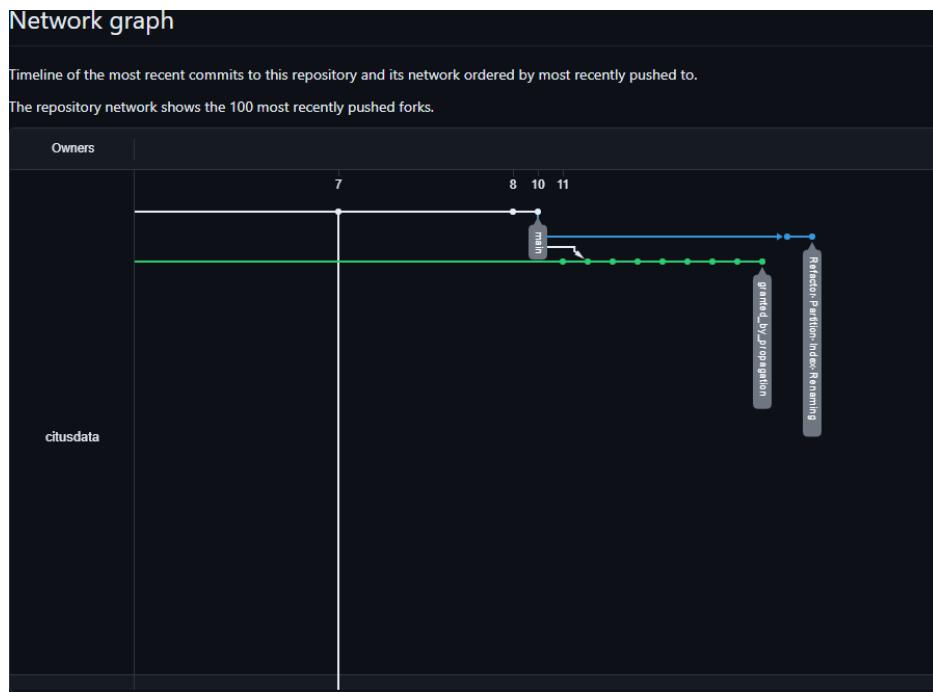


Abbildung 2.43: Citus - Network Graph

### 2.1.6 Vorauswahl

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

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

Tabelle 2.3: Vorauswahl - Ausgeschieden

Entsprechend werden nur noch nachfolgende Lösungen genauer betrachtet:

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

Tabelle 2.4: Vorauswahl - Evaluation

## 2.1.7 Installation verschiedener Lösungen

Entsprechend wurden folgende Server bereitgestellt:

Server	Typ	Funktion	Full Qualified Device Name	IP
sks1183	Distributed SQL	Server	sks1183.ksgr.ch	10.0.20.97
sks1184	Distributed SQL	Agent	sks1184.ksgr.ch	10.0.20.104
sks1185	Distributed SQL	Agent	sks1185.ksgr.ch	10.0.20.105
vks0032	Distributed SQL	Virteulle IP	vks0032.ksgr.ch	10.0.20.106

Tabelle 2.5: Evaluationssysteme

### 2.1.7.1 rke2 - Evaluationsplattform

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

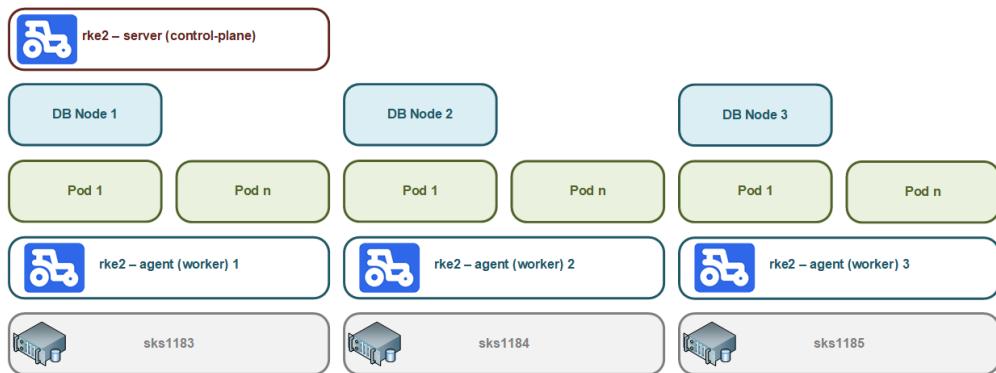


Abbildung 2.44: Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards

Die Konfiguration der rke2-Nodes sieht folgendermassen aus:

<b>Kubernetes Runtime</b>	rke2
<b>Container-Enviroment</b>	containerd
<b>Container Network Interface (CNI)</b>	cilium
<b>loud Native Storage (CNS)</b>	local-path-provisioner

Tabelle 2.6: Evaluationssysstem - Distributed SQL / Sharding

### 2.1.7.2 Patroni

### 2.1.7.3 StackGres - Citus

### 2.1.7.3.1 Architektur

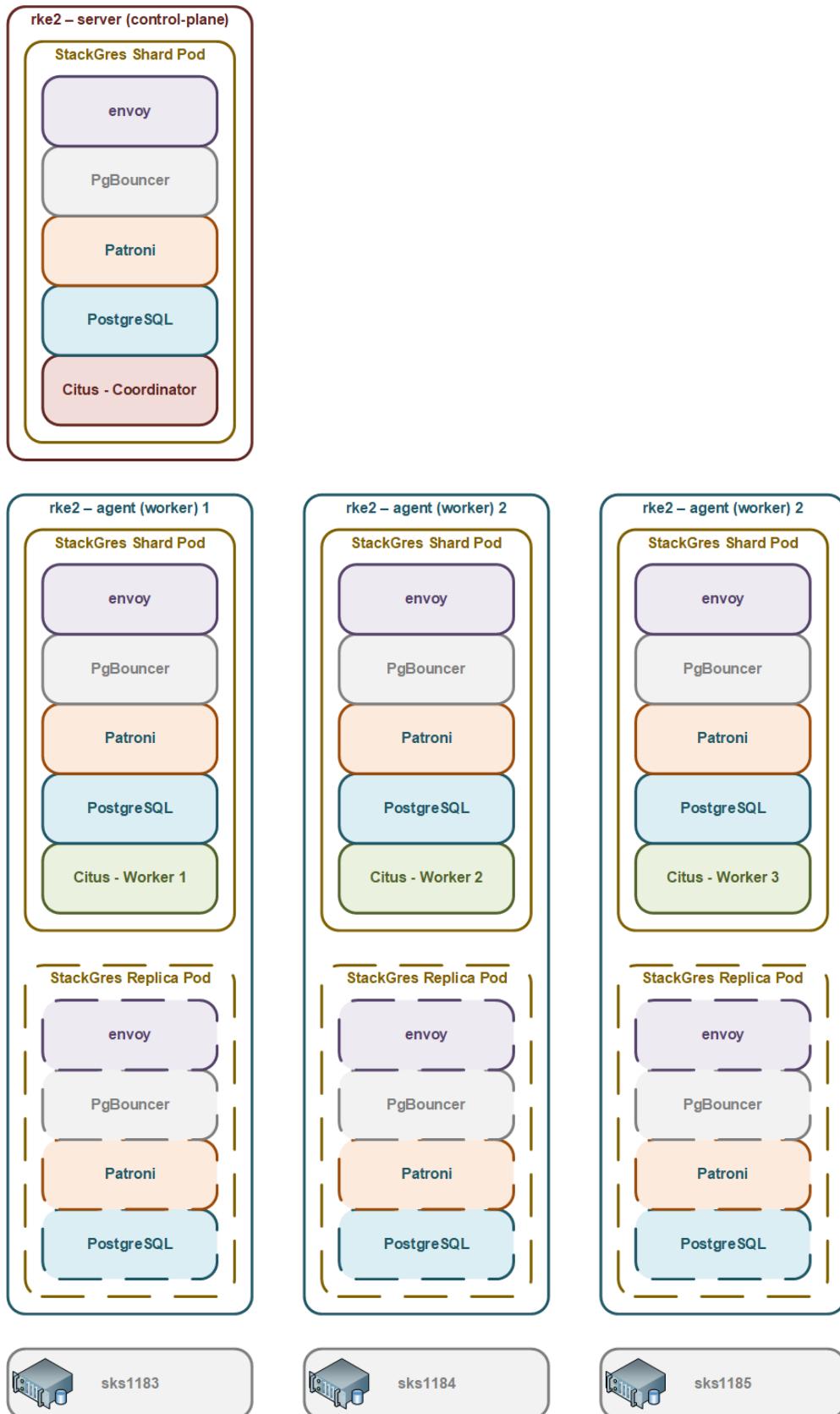


Abbildung 2.45: Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur

2.1.7.4      [yugabyteDB](#)

2.1.8      [Gegenüberstellung der Lösungen](#)

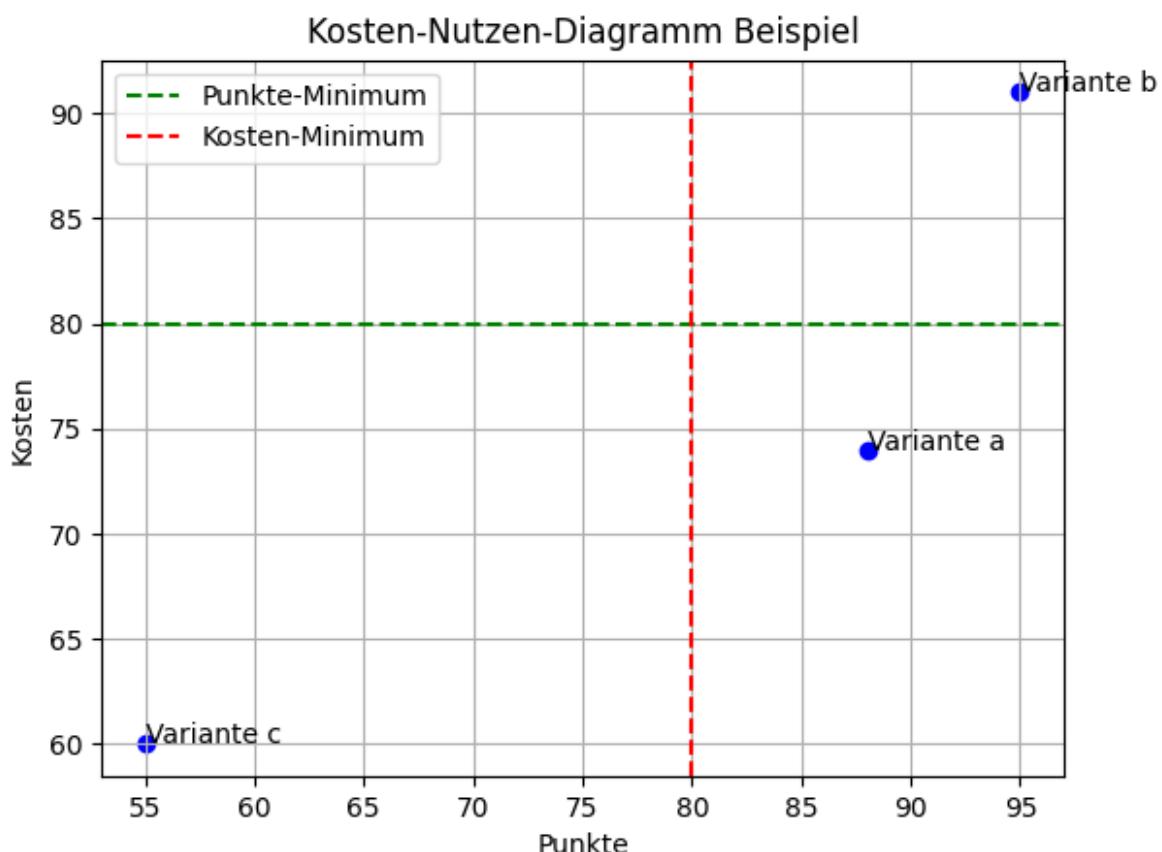


Abbildung 2.46: Kosten-Nutzen-Analyse

2.1.9      [Entscheid](#)

2.2      [Aufbau und Implementation Testsystem](#)

2.2.1      [Bereitstellen der Grundinfrastruktur](#)

2.2.2      [Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster](#)

2.2.3      [Technical Review der Umgebung](#)

- 2.3 Testing
- 2.3.1 Testing
- 2.3.2 Protokollierung
- 2.3.3 Review und Auswertung
- 2.4 Troubleshooting und Lösungsfindung

### **3**

#### **Resultate**

**3.1**

**Zielüberprüfung**

**3.2**

**Schlussfolgerung**

**3.3**

**Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten**

**3.4**

**Persönliches Fazit**

## Abbildungsverzeichnis

1.1	Spitalregionen Kanton Graubünden[30]	1
1.2	Wahlkreise Kanton St. Gallen[53]	2
1.3	Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[24]	3
1.4	Organigramm Kantonsspital Graubünden	4
1.5	Organigramm Departement 10 - ICT	5
1.6	Risiken bestehende Lösung	11
1.7	Risiken bestehende Lösung mit Massnahmen	12
1.8	Systemabgrenzung	17
1.9	Projektrisiken	21
1.10	Projektrisiken mit Massnahmen	23
2.1	Monolithische vs. verteilte SQL Systeme	30
2.2	CAP-Theorem	33
2.3	Datenbankskalierung	34
2.4	Präferenzmatrix	38
2.5	Präferenzmatrix - Failover	39
2.6	Präferenzmatrix - Switchover	40
2.7	Präferenzmatrix - Restore	41
2.8	Präferenzmatrix - Replikation	42
2.9	Präferenzmatrix - Sharding	43
2.10	Präferenzmatrix - Quorum	44
2.11	Präferenzmatrix - Management-API	45
2.12	Präferenzmatrix - Backup	46
2.13	Präferenzmatrix - Performance	47
2.14	pg_auto_failover-Architektur - Single Standby	50
2.15	pg_auto_failover-Architektur - Multi-Node Standby	50
2.16	pg_auto_failover-Architektur - Citus	51
2.17	Patroni-Architektur	52
2.18	Patroni - Pulse	53
2.19	Patroni - Code Frequency	53
2.20	Patroni - Community Standards	54
2.21	Patroni - Contributors Commits	54
2.22	Patroni - Contributors Deletations	55
2.23	Patroni - Contributors Additions	55
2.24	Patroni - Commit Activity	55

2.25 Patroni - Network Graph . . . . .	56
2.26 Citus - Coordinator und Workers . . . . .	57
2.27 Citus - Row-Based-Sharding . . . . .	57
2.28 Stackgres - Pulse . . . . .	58
2.29 Citus - Pulse . . . . .	58
2.30 Stackgres - Code Frequency . . . . .	59
2.31 Citus - Code Frequency . . . . .	59
2.32 Stackgres - Community Standards . . . . .	60
2.33 Citus - Community Standards . . . . .	60
2.34 Stackgres - Contributors Commits . . . . .	61
2.35 Stackgres - Contributors Deletations . . . . .	61
2.36 Stackgres - Contributors Additions . . . . .	61
2.37 Citus - Contributors Commits . . . . .	62
2.38 Citus - Contributors Deletations . . . . .	62
2.39 Citus - Contributors Additions . . . . .	62
2.40 Stackgres - Commit Activity . . . . .	63
2.41 Citus - Commit Activity . . . . .	63
2.42 Stackgres - Network Graph . . . . .	64
2.43 Citus - Network Graph . . . . .	64
2.44 Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards . . . . .	66
2.45 Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur . . . . .	67
2.46 Kosten-Nutzen-Analyse . . . . .	68
1 Disposition . . . . .	lxv

## Tabellenverzeichnis

1.1	Inventarisierte Datenbanksysteme . . . . .	7
1.2	Datenbankinventar . . . . .	8
1.3	Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt . . . . .	8
1.4	Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken . . . . .	10
1.5	Administrative Aufgaben . . . . .	13
1.6	Automatisierung Administrativer Aufgaben . . . . .	14
1.7	Ziele . . . . .	15
1.8	Gegebene Systeme . . . . .	16
1.9	Abhängigkeiten . . . . .	18
1.10	Risiko-Matrix der Diplomarbeit . . . . .	20
1.11	Projektcontrolling . . . . .	25
1.12	Initialer Statusbericht . . . . .	29
2.1	Quorum Beispiele . . . . .	32
2.2	Anforderungskatalog . . . . .	36
2.3	Vorauswahl - Ausgeschieden . . . . .	65
2.4	Vorauswahl - Evaluation . . . . .	65
2.5	Evaluationssyssteme . . . . .	65
2.6	Evaluationssysstem - Distributed SQL / Sharding . . . . .	66
I	Arbeitsrapport . . . . .	ii
II	Kommentare - Anmerkung . . . . .	iii

## Listings

1	Proxy Settings . . . . .	iv
2	Downlaod rke2 server . . . . .	iv
3	rke2 server installieren . . . . .	iv
4	Downlaod rke2 agent . . . . .	iv
5	rke2 agent aktivieren . . . . .	iv
6	rke2 server proxy . . . . .	v
7	rke2 server proxy kopieren . . . . .	v
8	rke2 server cilium installieren . . . . .	v
9	rke2 server cilium aktivieren . . . . .	v
10	rke2 server starten . . . . .	v
11	iptables entries server . . . . .	vi
12	rke2 server token . . . . .	vii
13	Python LaTex - zotero - Zotero BibLaTex Importer . . . . .	vii
14	Python LaTex - riskmatrix - Risxikomatrizen . . . . .	xiii

## 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. *Architecture Basics — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/architecture.html>.
- [4] unknown author. *Choosing Distribution Column - Citus 12.1 documentation*. [https://docs.citusdata.com/en/v12.1/sharding/data\\_modeling.html#distributed-data-modeling](https://docs.citusdata.com/en/v12.1/sharding/data_modeling.html#distributed-data-modeling).
- [5] unknown author. *Citus Support — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/citus.html>.
- [6] unknown author. *Cluster Management - Citus 12.1 documentation - worker-node-failure*. [https://docs.citusdata.com/en/v12.1/admin\\_guide/cluster\\_management.html#worker-node-failure](https://docs.citusdata.com/en/v12.1/admin_guide/cluster_management.html#worker-node-failure).
- [7] unknown author. *Concepts - Citus 12.1 documentation - row-based-sharding*. [https://docs.citusdata.com/en/v12.1/get\\_started/concepts.html#row-based-sharding](https://docs.citusdata.com/en/v12.1/get_started/concepts.html#row-based-sharding).
- [8] unknown author. *etcd*. <https://etcd.io/>.
- [9] unknown author. *HAProxy Documentation Converter*. <https://docs.haproxy.org/>.
- [10] unknown author. *HAProxy version 2.9.6 - Starter Guide*. <https://docs.haproxy.org/2.9/intro.html#3.2>.
- [11] unknown author. *Multi-node Architectures — pg\_auto\_failover 2.0 documentation*. <https://pg-auto-failover.readthedocs.io/en/main/architecture-multi-standby.html>.
- [12] GitLab B.V. und GitLab Inc. *The DevSecOps Platform | GitLab*. <https://about.gitlab.com/>.
- [13] Alexandre Cassen und Read the Docs. *Introduction — Keepalived 1.2.15 documentation*. <https://keepalived.readthedocs.io/en/latest/introduction.html>. 2017.
- [14] Microsoft Corporation. *Azure SQL-Datenbank – ein verwalteter Clouddatenbankdienst | Microsoft Azure*. <https://azure.microsoft.com/de-de/products/azure-sql/database>. 2023.
- [15] Microsoft Corporation. *Datenbank-Software und Datenbankanwendungen | Microsoft Access*. <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/access>. 2023.
- [16] Microsoft Corporation. *Microsoft Data Platform | Microsoft*. <https://www.microsoft.com/de-ch/sql-server>.

- [17] ORACLE CORPORATION. „Oracle (Active) Data Guard 19c“. In: (2019), S. 14.
- [18] Varun Dhawan und data-nerd.blog. *PostgreSQL-Diagnostic-Queries – data-nerd.blog*. <https://data-nerd.blog/2018/12/30/postgresql-diagnostic-queries/>.
- [19] EDB: Open-Source, Enterprise Postgres Database Management. <https://www.enterprisedb.com/>.
- [20] Elektronik-Kompendium.de und Schnabel Schnabel. SAN - Storage Area Network. <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0906071.htm>. 2023.
- [21] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *DB-Engines Ranking*. <https://db-engines.com/en/ranking>.
- [22] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *relationale Datenbanken - DB-Engines Enzyklopädie*. <https://db-engines.com/de/article/relationale+Datenbanken?ref=RDBMS>.
- [23] The Linux Foundation. *Harbor*. <https://goharbor.io/>. 2023.
- [24] 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>.
- [25] Git. *About - Git*. <https://git-scm.com/about>.
- [26] IBM Deutschland GmbH. *Was ist das CAP-Theorem? / IBM*. <https://www.ibm.com/de-de/topics/cap-theorem>. 2023.
- [27] IBM Deutschland GmbH. *Was ist OLAP? / IBM*. <https://www.ibm.com/de-de/topics/olap>.
- [28] Jedox GmbH. *Was ist OLAP? Online Analytical Processing im Überblick*. <https://www.jedox.com/de/blog/was-ist-olap/>. Section: Knowledge.
- [29] 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>.
- [30] Gesundheitsamt Graubünden, Uffizi da sanadad dal Grischun und Ufficio dell'igiene pubblica dei Grigioni. *Kenndaten 2016 Spitäler und Kliniken September 2018*. <https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/djsg/ga/InstitutionenGesundheitswesens/Spitaeler/Dok%20Spitler/Kenndaten%202016%20Spit%C3%A4ler.pdf>.
- [31] The Pgpool Global Development Group. *What is Pgpool-II?* <https://www.pgpool.net/docs/44/en/html/intro-whatis.html>. 2023.
- [32] The PostgreSQL Global Development Group. *25.1. Routine Vacuuming*. <https://www.postgresql.org/docs/16/routine-vacuuming.html>. 2023.
- [33] The PostgreSQL Global Development Group. *27.1. Comparison of Different Solutions*. <https://www.postgresql.org/docs/16/different-replication-solutions.html>. 2023.

- [34] The PostgreSQL Global Development Group. *pgbench*. <https://www.postgresql.org/docs/16/pgbench.html>. 2023.
- [35] Inc. HashiCorp. *Terraform by HashiCorp*. <https://www.terraform.io/>.
- [36] Patrick Hunt, Mahadev Konar, Flavio P Junqueira und Benjamin Reed. „ZooKeeper: Wait-free coordination for Internet-scale systems“. In: (2010).
- [37] Splunk Inc. *Splunk / Der Schlüssel zu einem resiliентen Unternehmen*. [https://www.splunk.com/de\\_de](https://www.splunk.com/de_de). 2023.
- [38] Sebastian Insausti. *Scaling PostgreSQL for Large Amounts of Data*. <https://severalnines.com/blog/scaling-postgresql-large-amounts-data/>. 2019.
- [39] Shiv Iyer und MinervaDB. *PostgreSQL DBA Daily Checklist*. <https://minervadb.xyz/postgresql-dba-daily-checklist/>. 2020.
- [40] Unmesh Joshi. *Quorum*. <https://martinfowler.com/articles/patterns-of-distributed-systems/quorum.html>. 2020.
- [41] Martin Keen und IBM Deutschland GmbH. *IBM Db2*. <https://www.ibm.com/de-de/products/db2>.
- [42] Pasha Kostohrys. *Database replication — an overview*. <https://medium.com/@pkostohrys/database-replication-an-overview-f7ade110477>. 2020.
- [43] Anatoli Kreyman. *Was ist eigentlich Splunk?* <https://www.kreyman.de/index.php/splunk/76-was-ist-eigentlich-splunk-big-data-platform-monitoring-security>.
- [44] 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>.
- [45] Red Hat Limited. *Was ist Ansible?* <https://www.redhat.com/de/technologies/management/ansible/what-is-ansible>.
- [46] 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>.
- [47] Switzerland Linuxfabrik GmbH Zurich. *Keepalived — Open Source Admin-Handbuch der Linuxfabrik*. <https://docs.linuxfabrik.ch/software/keepalived.html>. 2023.
- [48] Nico Litzel, Stefan Luber und Vogel IT-Medien GmbH. *Was ist Elasticsearch?* <https://www.bigdata-insider.de/what-is-elasticsearch-a-939625/>. 2020.
- [49] SRA OSS LLC. *pgpool Wiki*. [https://www.pgpool.net/mediawiki/index.php/Main\\_Page](https://www.pgpool.net/mediawiki/index.php/Main_Page). 2023.
- [50] Hewlett Packard Enterprise Development LP. *Was ist SAN-Speicher? / Glossar*. <https://www.hpe.com/ch/de/what-is-san-storage.html>.
- [51] Diego Ongaro. „Consensus: Bridging Theory and Practice“. In: (2014).

- [52] Bruno Queirós und LinkedIn Ireland Unlimited Company. *Postgresql replication with automatic failover*. <https://www.linkedin.com/pulse/postgresql-replication-automatic-failover-bruno-queiros/>. 2020.
- [53] 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>.
- [54] Ed Reckers und SnapLogic Inc. *Was ist die Snowflake-Datenplattform?* <https://www.snaplogic.com/de/blog/snowflake-data-platform>. 2023.
- [55] IONOS SE. *Apache Cassandra: Verteilte Verwaltung großer Datenbanken*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/apache-cassandra-vorgestellt/>. 2021.
- [56] IONOS SE. *Datenbankmanagementsystem (DBMS) erklärt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/datenbankmanagementsystem-dbms-erklaert/>. 2020.
- [57] IONOS SE. *MongoDB – die flexible und skalierbare NoSQL-Datenbank*. <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/mongodb-vorstellung-und-vergleich-mit-mysql/>. 2019.
- [58] IONOS SE. *SQLite: Die bekannte Programmzbibliothek im Detail vorgestellt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/sqlite/>. 2023.
- [59] IONOS SE. *Terraform*. <https://www.ionos.de/digitalguide/server/tools/was-ist-terraform/>. 2020.
- [60] IONOS SE. *Was ist Redis? Die Datenbank vorgestellt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/was-ist-redis/>. 2020.
- [61] IONOS SE. *Was ist SIEM (Security Information and Event Management)?* <https://www.ionos.de/digitalguide/server/sicherheit/was-ist-siem/>. 2020.
- [62] Sami Ahmed Siddiqui. *Distributed SQL 101*. <https://www.yugabyte.com/distributed-sql/>.
- [63] Inc. Snowflake. *Datenbanken, Tabellen und Ansichten – Überblick | Snowflake Documentation*. <https://docs.snowflake.com/de/guides-overview-db>.
- [64] Thomas-Krenn.AG. *Git Grundlagen – Thomas-Krenn-Wiki*. [https://www.thomas-krenn.com/de/wiki/Git\\_Grundlagen](https://www.thomas-krenn.com/de/wiki/Git_Grundlagen).
- [65] Rainer Züst. „Einstieg ins Systems Engineering“. In: (2002).

## 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[45].. 16

**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[32].. 14, 15

**Cassandra** Cassandra ist eine Spaltenorganisierte NoSQL-Datenbank die 2008 veröffentlicht[55] wurde.. 7

**CI/CD** Continuous Integration/Continuous Delivery bedeutet, dass Anpassungen kontinuierlich in die Entwicklungsumgebungen integriert und auf die Zielplattformen verteilt werden[46].. 4

**DBMS** Ein Database Management System regelt und organisiert die Datenbasis einer Datenbank[56].. 4

**Debian** Debian gehört neben 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.. 16

**Elasticsearch** Elasticsearch ist eine 2010 veröffentlichte Open-Source Suchmaschine die auf Basis von JSON-Dokumenten und einer NoSQL-Datenbank arbeitet[48].. 7

**etcd** etcd ist [8]. 51

**Failover** In einem Fehlerfall wird in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary ungeplant geswitched.. 15, 30, 31, 48, 80

**Foreman** Foreman ist ein Lifecycle Management und Provisioning System für Virtuelle und Physische Server. Ab Version 6 basierte der Red Hat Satellite auf Foreman. 16, 20

**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[25, 64].. 80

**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[12].. 15, 48

**HAProxy** HAProxy [10]. 49, 51

**Harbor** Harbor ist ein Open-Source-Tool zur Registrierung von Richtlinien rollenbasierten Zugriffssteuerung[23]. Harbor wird beim KSGR zur Verwaltung der Kubernetes-Plattform verwendet.. 15, 48

**HP-UX** Dieses UNIX-Derivat ist ein abkömmling von System III, System V R3 und System V R4 und wurde von HP zum ersten Mal 1982 veröffentlicht.. 4, 5, 8, 20

**IBM DB2** IBM DB2 ist eine Relationale Datenbank[41] deren Vorläufer System-R von IBM zwischen 1975 und 1979 entwickelt wurde. DB2 selber wurde 1983 von IBM veröffentlicht.. 7, 33

**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[47, 13].. 48

**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.. 4, 8, 16, 80

**Linux** Linux ist ein Open-Source Betriebssystem, welches von Linus Torvalds 1991 in seiner frühesten Form entwickelt wurde und lose vom UNIX Derivat MINIX inspiert war. Linux besteht heute aus einer enorm grossen Anzahl an Distributionen und läuft auf einer grossen Anzahl von Plattformen.. 5, 81

**MariaDB** MariaDB ist ein MySQL Fork des ehemaligen MySQL Mitbegründers Michael Widenius, wobei sich der Name Maria aus dem VOrnamen einer seiner Töchter ableitet. NAch dem Fork 2009 blieb MariaDB für eine Zeitlang sehr ähnlich mit MySQL und behielt ein ähnliches Versionierungsschema bei. Dies änderte sich 2012 wo dann direkt mit der Version 10 weitergefahren wurde. Beide Datenbanken entfernen sich im Lauf eder Zeit immer mehr voneinander und sind nicht mehr in jedem Fall kompatibel oder beliebig austauschbar. Auf

den Linux Distributionen trat MariaDB die Nachfolge von MySQL als Standard Datenbank an.. 5, 7, 8

**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[14].. 7

**Microsoft Access** Access wurde 1992 veröffentlicht und ist Entwicklungsumgebung, Front- und Backend-Software und Relationale Datenbank in einem[15].. 7

**Microsoft SQL Server** MS SQL Server ist das RDBMS von Microsoft[16]. 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, 81

**MongoDB** MongoDB ist eine dokumentenorientierte NoSQL-Datenbank, die zum ersten Mal 2007 veröffentlicht wurde[57].. 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, 8

**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, 79, 81, 83

**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[28, 27]. OLAP-Systeme bieten eine Hochperformante Analyse grosser Datenmengen und sind oftmals zentraler Teil eines Data-Warehouses.. 4, 7

**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.. 16

**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, 8, 33, 81

## PKI . 4

**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, 8, 9, 13, 33, 47, 48, 49, 56, vii

**PostgreSQL HA Cluster** Der HA Cluster des PostgreSQL Clusters. 15

**PostgreSQL Cluster** Ein PostgreSQL Cluster entspricht einer Instanz bei MS SQL oder einer Container Database wie Oracle.. 3, 14, 15, 48, 82, vii

**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 vorhandenen Standard Sensoren nicht, können eigene Sensoren geschrieben werden. PRTG ist nicht Open-Source, man bezahlt anhand gewisser Sensor Packages.. 4, 5, 14, 16

**Quorum** In verteilten Systemen resp. Cluster muss sichergestellt werden, dass bei einem Ausfall oder einer Netzwerkunterbrechung zwischen den Nodes es zu keiner Split-brain-Situation kommt. Hierzu wird i.d.R. ein Quorum verwendet. I.d.R. wird jener Teil des Quorums zum Primary oder alleinigen Node, der mit der Mehrheit aller Nodes vereint. Daraus ergeben sich bestimmte Größen, mit 5 Nodes braucht es 3 Nodes um aktiv zu bleiben und mit 3 Nodes deren 2. Bei diesen Konstellationen wird daher darauf geachtet, eine ungerade Anzahl Nodes im Cluster zu halten um keine Pat-Situation zu provozieren. Im Kapitel [Unterabschnitt 2.1.1.3](#) wird genauer auf die Mechanik eines Quorums eingegangen.. . 48, 80

**RDBMS** Ein RDBMS ist ein Datenbankmanagementsystem für eine Relationale Datenbank. Relationale Datenbanken sind Tabellenorganierte Datenmodelle die auf Relationen aufbauen, deren Schematas sich Normalisieren lassen. Dabei müssen Relationale Datenbanken müssen dabei auch Mengenoperationen, Selektion, Projektion und Joins erfüllen um als Relationale Datenbanken zu gelten[22].. 4

**RedHat Enterprise Linux (RHEL)** RHEL wurde in seiner Ursprüglichen 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 aderen Linux Distributionen ab.. 16

**Redis** Redis ist eine Key-Value-orientierte NoSQL In-Memory-Datenbank, dh. die Daten liegen Primär im Memory und nicht auf dem Storage[60]. Redis wurde 2009 zum ersten Mal veröffentlicht.. 7

**Rocky Linux** Rocky Linux basierte auf der offen zugänglichen Linux Distribution CentOS welche RHEL Binärkompatibel war und gilt als inoffizieller Nachfolger von CentOS.. 16

**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[20, 50, 29]. 4, 5, 16, 20

**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[61].. 4, 16

**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[63, 54]. 7

**Split-brain** Im Kapitel ?? werden die ursachen und folgenden eines Split-brains genauer besprochen. . 31, 82

**Splunk** Splunk ist Big Data Plattform, Monitoring- und Security-Tool in einem[37, 43]. . 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[58].. 7

**Switchover** In einem Maintenance-Fall in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary geplant geswitted.. 15

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

4

**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[59, 35].. 16

**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.. 4

**VRRP** VRRP . 4, 80

**Zabbix** Das 2001 veröffentlichte Open-Source Monitoring System Zabbix gilt zwar als Netzwerk-Monitoring System, allerdings kann heute nahezu jedes IT-System damit überwacht werden. Zabbix speichert die Metriken und nicht die Auswertungen, das heisst, solange die Daten vorhanden sind können Grafiken zu jedem Zeitpunkt generiert werden. Zabbix ist grundsätzlich Open-Source, man kann allerdings Supportverträge Abschliessen.. 8, 16

## **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                    Statusbericht

I.I

## II Rapport

Datum	Von	Bis	Dauer [h]	Phase	Subphase	Tätigkeit	Bemerkung	Schwierigkeit	Lösungen
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 erweitern			
27.02.2024	13:00	16:00	3.0	Dokumentation	-	Dokumentation erweitern		Viele LaTeX Tabellen.	
28.02.2024	09:00	11:00	2.0	Dokumentation	-	Dokumentation erweitern		Viele LaTeX Tabellen.	
01.03.2024	07:00	09:00	2.0	Dokumentation	-	Dokumentation Exkurs Architektur	Um Entscheidungen Transparent zu machen, müssen Grundlegende Konzepte aufgezeigt werden.	Konzepte wie Distributed SQL sind nicht einfach zu erklären.	
08.03.2024	07:00	09:00	2.0	Evaluation	Anforderungskatalog	Anforderungskatalog erarbeiten	Nicht alle Konzepte wie z.B. Distributed SQL sind bekannt resp. das Zusammenspiel mit Kubernetes.		
11.03.2024	07:00	11:30	4.5	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Informationen Sammeln	pgpool II	pgpool II hat kein GitHub Repository. Das macht es unmöglich, diese Lösung mit all den anderen zu vergleichen.	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 erweitern			
11.03.2024	16:45	17:30	0.5	Dokumentation	-	Dokumentation Stakeholder			
13.03.2024	17:45	19:45	2.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Stackgres und Citus analysieren	Citus row-based-sharding	Citus Dokumentation stark Textlastig. Wenig Abbildungen, vieles muss selber gezeichnet werden.	
14.03.2024	19:45	20:45	1.0	Evaluation	Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen	Citus row-based-sharding	Citus row-based-sharding Dokumentieren		
14.03.2024	20:45	21:30	0.8	Dokumentation	-	Citus row-based-sharding Dokumentieren			

TABLE I: Arbeitsrapport

II:

### III Kommentare / Anmerkungen

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

Woche	Beschreibung / Event / Problem
	Vier ganze Tage war ich in Thalwil für die Oracle Multitenant-Schulung für das ExaCC Projekt (Ablösung HP-UX).
KW10	Am Freitag war ich ebenfalls fast den ganzen Tag dran.
	Weitere Termine werden folgen, das Risiko durch das Projekt tritt langsam ein.

TABLE II: Kommentare - Anmerkung

## IV rke2

### IV.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

### IV.II Installation

#### IV.II.I server

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

```
1 sudo curl -sfL https://get.rke2.io | sh -
```

Listing 2: Downlaod rke2 server

Anschliessend muss das Package installiert werden:

```
1 sudo curl -sfL https://get.rke2.io | sh -
```

Listing 3: rke2 server installieren

#### IV.II.II agents

Der Agent muss direkt heruntergeladen werden:

```
1 curl -sfL https://get.rke2.io | INSTALL_RKE2_TYPE="agent" sh -
```

Listing 4: Downlaod rke2 agent

Anschliessend muss der Dienst aktiviert werden:

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

Listing 5: rke2 agent aktivieren

## IV.III Cluster Konfiguration

### IV.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 6: rke2 server proxy

Dieses File muss entsprechend in das Homeverzeichnis gespeichert werden:

```
1 mkdir /home/itgramic/.kube
2 cp /etc/rancher/rke2/rke2.yaml /home/itgramic/.kube/config
```

Listing 7: rke2 server proxy kopieren

Für den Netzwerkteil muss nun Cilium installiert werden:

```
1 nano /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 8: rke2 server cilium installieren

Cilium muss nun aktiviert werden:

```
1 /var/lib/rancher/rke2/bin/kubectl apply -f /var/lib/rancher/rke2/server/manifests/
   rke2-cilium-config.yaml
```

Listing 9: 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:

```
1 /var/lib/rancher/rke2/bin/kubectl cluster-info --kubeconfig /etc/rancher/rke2/rke2
   .yaml
2 nano /etc/rancher/rke2/config.yaml
```

```

3 cni:
4 - cilium
5
6 systemctl restart rke2-server.service

```

Listing 10: 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 11: iptables entries server

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

```
1 cni:  
2 - cilium  
3 token: <password safe>
```

Listing 12: rke2 server token

IV.III.II agents

V pgpool-II

V.I PostgreSQL Cluster Installation

## PostgreSQL Package Repository in Debian einbinden

V.II YugabyteDB

V.II.I minikube

V.II.II YugabyteDB Konfiguration

VI Stackgres mit Citus

VII 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  
9 def load_configuration():  
10     zotero_bibtex_config = dict()  
11     zotero_conf_filename = 'zotero_bibtex_configuration.json'  
12     zotero_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', 'configuration')  
13     # zotero_conf_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')  
14     json_path = os.path.join(zotero_conf_dir, zotero_conf_filename)  
15  
16     with open(json_path) as json_string:  
17         zotero_bibtex_config = json.load(json_string)  
18  
19     return zotero_bibtex_config  
20 def download_zotero_datas(URL, API_KEY):  
21     zotero_result = list()  
22     response = requests.get(URL, headers={'Zotero-API-Key': API_KEY})  
23     response = response.json()
```

```
24 zotero_raw = json.dumps(response, ensure_ascii=False) # json.loads(response)
25 zotero_result = json.loads(zotero_raw)
26 return zotero_result
27
28 def get_data(zotero_bibtex_config):
29     # result_limit = 100
30     # access_type = 'groups'
31     # zotero_access_id = '5245833',
32     # collection_id = 'USSFDFCEH'
33     result_limit = int(zotero_bibtex_config.get('result_limit'))
34     access_type = zotero_bibtex_config.get('access_type')
35     zotero_access_id = zotero_bibtex_config.get('zotero_access_id')
36     collection_id = zotero_bibtex_config.get('collection_id')
37     API_KEY = zotero_bibtex_config.get('api_key')
38     zotero_data = list()
39     URL = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(
40 zotero_access_id) + '/collections/' + str(
41         collection_id) + '/items?limit=1?format=json?sort=dateAdded?direction=asc'
42
43     # API_KEY = '6Xgb3XhGjQXwA8NuZgu3bw3s'
44     response = requests.get(URL, headers={'Zotero-API-Key': API_KEY})
45
46     header_dict = response.headers
47     total_elemets = int(header_dict.get('Total-Results'), 0)
48
49     if total_elemets < result_limit:
50         URL_ALL_ITEMS = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(
51             zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?
52     limit=' + str(
53         result_limit) + '?format=json?sort=dateAdded?direction=asc',
54     zotero_result = downlaod_zotero_datas(URL_ALL_ITEMS, API_KEY)
55
56     zotero_data.extend(zotero_result)
57 else:
58     runs = int(math.ceil(total_elemets / result_limit))
59     index = 0
60     start_index = 0
61     while index < runs:
62         URL_Separated = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(
63             zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?
64     limit=' + str(
65         result_limit) + '?format=json?sort=dateAdded?direction=asc' + '&
66     start=' + str(start_index)
67     zotero_result = downlaod_zotero_datas(URL_Separated, API_KEY)
68
69     zotero_data.extend(zotero_result)
```

```
67         start_index += result_limit
68         index += 1
69
70     return zotero_data
71
72 def convert_to_datetime(input_str, parserinfo=None):
73     return parse(input_str, parserinfo=parserinfo)
74 def get_dates(date, bibtex_item_type, bibtex_month_attributes):
75     dated_date = convert_to_datetime(date)
76     return_value = dict()
77     if bibtex_item_type in bibtex_month_attributes:
78         year = dated_date.year
79         month = dated_date.month
80         return_value = {'year': year, 'month': month}
81     else:
82         year = dated_date.year
83         return_value = {'year': year}
84
85     return return_value
86
87 def split_creators(creators):
88     if creators != []:
89
90         creatorlist = ''
91         for index, creator in enumerate(creators):
92             type = creator.get('creatorType')
93             firstname = creator.get('firstName')
94             lastname = creator.get('lastName')
95             name = creator.get('name')
96             if type == 'author':
97
98                 if name and not (firstname or lastname):
99                     creatorlist = creatorlist + name
100                    if index != len(creators) - 1:
101                        creatorlist = creatorlist + ' and '
102                    else:
103                        creatorlist = creatorlist + lastname + ', ' + firstname
104                        if index != len(creators) - 1:
105                            creatorlist = creatorlist + ' and '
106            else:
107                creatorlist = 'unknown author'
108
109    bib_entry = 'author=' + '"' + creatorlist + '"'
110
111    return bib_entry
112
113
114 def write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config):
```

```
115     # file_json = 'keystore.json'
116     file_json = 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()), 'source', 'configuration')
119     tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), keystore_path)
120     # tex_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')
121     json_path = os.path.join(tex_dir, file_json)
122
123     with open(json_path) as json_string:
124         zotero_bibtex_keys = json.load(json_string)
125
126     zotero_bibtex_keys_specials = {
127         'thesis': {'phdthesis': ['dissertation', 'phd', 'doctorial', 'doctor', 'doktor', 'doktorarbeit'],
128                     'masterthesis': ['ma', 'master', 'masters']},
129     }
130     zotero_bibtex_attributes_special = {
131         'date': 'get_dates',
132         'creators': 'split_creators',
133     }
134     bibtex_month_attributes = ['booklet', 'masterthesis', 'phdthesis', 'techreport']
135
136     # Bibliography
137     # tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source')
138     bibtex_path = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filepath')
139     tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), bibtex_path)
140     # tex_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')
141     # file_name = 'Datenbank_Projektauftrag_Michael_Graber.bib'
142     file_name = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filename')
143
144     file_path = os.path.join(tex_dir, file_name)
145
146     # bib_datas = BibliographyData()
147     listKeys = list()
148     bib_data = ''
149     for zotero_items in zotero_data:
150         biblio_item = zotero_items.get('data')
151         itemkeys = biblio_item.keys()
152         listKeys.extend(biblio_item.keys())
153         zotero_item_key = biblio_item.get('key')
154         zotero_item_title = biblio_item.get('title')
155         zotero_item_nameofact = biblio_item.get('nameOfAct')
156         zotero_item_nameofcase = biblio_item.get('caseName')
157         zotero_item_subject = biblio_item.get('subject')
158         zotero_item_type = biblio_item.get('itemType')
159
160         # 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_nameoffact
166             bibtex_item_titel = zotero_item_nameoffact
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')
177             phd_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get('
178             phdthesis')
179
179             # First Master thesis
180             if any(item in bibtex_item_titel for item in master_list):
181                 bibtex_item_key = 'masterthesis'
182             # Second PHD Thesis
183             elif any(item in bibtex_item_titel for item in phd_list):
184                 bibtex_item_key = 'phdthesis'
185             else:
186                 bibtex_item_key = 'masterthesis'
187             else:
188                 if zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('key'):
189                     bibtex_item_key = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('
190                     key')
191                 else:
192                     bibtex_item_key = 'misc'
193
194             # get all Keys for the zotero item type
195             entryset = '\n'
196             entry = ''
197
198             zotero_item_attributes = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('
199             attributes').keys()
200             item_attributes = sorted(zotero_item_attributes, reverse=True)
201
202             for index, item_attribute in enumerate(item_attributes):
203                 bibtex_item_attribute = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('
204                 attributes').get(item_attribute)
205                 zotero_item_value = biblio_item.get(item_attribute)
206                 zotero_item_value_extra = '

```

```

203     bibtex_item_attribute_extra = ''
204
205     # Special Cases
206     if bibtex_item_attribute == 'SPECIALCHECK' and zotero_item_value not
207     in ['', None]:
208         bibtex_special_attribute = zotero_bibtex_attributes_special.get(
209             item_attribute)
210
211         match bibtex_special_attribute:
212             case 'get_dates':
213                 zotero_item_value = get_dates(zotero_item_value,
214                     bibtex_item_key, bibtex_month_attributes)
215                 if zotero_item_value.get('month'):
216                     zotero_item_value_extra = zotero_item_value.get('month')
217
218             bibtex_item_attribute_extra = 'month'
219
220             zotero_item_value = zotero_item_value.get('year')
221             bibtex_item_attribute = 'year'
222             case 'split_creators':
223                 authors = split_creators(zotero_item_value)
224                 entryset = entryset + authors
225             elif bibtex_item_attribute == 'howpublished':
226                 if zotero_item_value not in ['', None, []]:
227                     zotero_item_value = '\url{' + zotero_item_value + '}'
228
229             if bibtex_item_attribute not in ['', 'None', 'author', 'SPECIALCHECK']
230             and zotero_item_value not in ['', None, []]:
231                 if zotero_item_value_extra:
232
233                     if type(zotero_item_value_extra) == "string":
234                         entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute_extra) +
235                         ='"' + str(zotero_item_value_extra) + '"',
236                     else:
237                         entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute_extra) +
238                         =' + str(zotero_item_value_extra)
239
240             if index != len(item_attributes) - 1:
241                 entryset = entryset + ',\n'
242             else:
243                 entryset = entryset + '\n'
244
245             if type(zotero_item_value) == str and not zotero_item_value.
246             isnumeric():
247                 entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=\"' + str
248                 (zotero_item_value) + '\"',
249             else:

```

```

241         entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=' + str(
242             zotero_item_value)
243
244         if index != len(item_attributes) - 1:
245             entryset = entryset + ',\n'
246         else:
247             entryset = entryset + '\n'
248
249     # create the Entry
250     entry = '@' + bibtex_item_key + '{' + zotero_item_key + ',\n'
251     entry = entry + entryset + '}'
252     bib_data = bib_data + '\n' + entry
253
254     # parse String to pybtex.database Object
255     # bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex",
256     # encoding='ISO-8859-1')
257     bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex",
258     encoding='Iutf-8')
259     # Save pybtex.database to file
260     # BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding
261     # ='ISO-8859-1')
262     BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding='
263     utf-8')
264
265     zotero_bibtex_config = load_configuration()
266     zotero_data = get_data(zotero_bibtex_config)
267     write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config)

```

Listing 13: Python LaTex - zotero - Zotero BibLaTex Importer

## VIII riskmatrix.py

```

1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3 import pip as pd
4 import os
5 import csv
6 import pandas as pd
7
8 def riskmatrix(risk, conf, matrix):
9     # get the risk datas
10    risk_conf = conf.get(risk)
11    startpath = risk_conf.get('startpath')
12    destination = risk_conf.get('destination')
13    imagename = risk_conf.get('imagename')
14    datafilename = risk_conf.get('datafilename')

```

```

15     itemname = risk_conf.get('itemname')
16     x_axis_title = risk_conf.get('x-axis-title')
17     y_axis_title = risk_conf.get('y-axis-title')
18     title = risk_conf.get('title')
19     bubble_standard_size = int(risk_conf.get('bubble-standard-size'))
20
21     if startpath == 'homedir':
22         directory = os.path.join(os.getcwd(), destination)
23     else: # parentdir
24         directory = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), destination)
25
26     print(directory)
27
28 # get the Datas as dict
29 data_path = os.path.join(directory, datafilename)
30 image_path = os.path.join(directory, imagename)
31
32 # load datas from csv into dict
33 with open(data_path) as f:
34     csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]
35
36 (_, *header), *data = csv_list
37 datas = {}
38 for row in data:
39     key, *values = row
40     datas[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}
41
42 # fig_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'src', 'source')
43 fig = plt.figure()
44 plt.subplots_adjust(wspace=0, hspace=0)
45 plt.xticks([])
46 plt.yticks([])
47 plt.xlim(0, 5)
48 plt.ylim(0, 5)
49 plt.xlabel(x_axis_title)
50 plt.ylabel(y_axis_title)
51 plt.title(title)
52
53 #This example is for a 5 * 5 matrix
54 nrows=5
55 ncols=5
56 axes = [fig.add_subplot(nrows, ncols, r * ncols + c + 1) for r in range(0,
57 nrows) for c in range(0, ncols) ]
58
59 # remove the x and y ticks
60 for ax in axes:
61     ax.set_xticks([])
62     ax.set_yticks([])
```

```
62     ax.set_xlim(0,5)
63     ax.set_ylim(0,5)
64
65 #Add background colors
66 #This has been done manually for more fine-grained control
67 #Run the loop below to identify the indice of the axes
68
69 #Identify the index of the axes
70 green = [10, 15, 16, 20 , 21] #Green boxes
71 yellow = [0, 5, 6, 11, 17, 22, 23] #yellow boxes
72 orange = [1 , 2, 7, 12, 13, 18, 19, 24] # orange boxes
73 red = [3, 4, 8, 9, 14] #red boxes
74
75 for _ in green:
76     axes[_].set_facecolor('green')
77
78 for _ in yellow:
79     axes[_].set_facecolor('yellow')
80
81 for _ in orange:
82     axes[_].set_facecolor('orange')
83
84 for _ in red:
85     axes[_].set_facecolor('red')
86
87
88 #Add labels to the Green boxes
89 # axes[10].text(0.1,0.8, '4')
90 # axes[15].text(0.1,0.8, '2')
91 # axes[20].text(0.1,0.8, '1')
92 # axes[16].text(0.1,0.8, '5')
93 # axes[21].text(0.1,0.8, '3')
94
95 #Add labels to the Yellow boxes
96 # axes[0].text(0.1,0.8, '11')
97 # axes[5].text(0.1,0.8, '7')
98 # axes[6].text(0.1,0.8, '12')
99 # axes[11].text(0.1,0.8, '8')
100 # axes[17].text(0.1,0.8, '9')
101 # axes[22].text(0.1,0.8, '6')
102 # axes[23].text(0.1,0.8, '10')
103
104 #Add lables to the Orange boxes
105 # axes[1].text(0.1,0.8, '16')
106 # axes[2].text(0.1,0.8, '20')
107 # axes[7].text(0.1,0.8, '17')
108 # axes[12].text(0.1,0.8, '13')
109 # axes[13].text(0.1,0.8, '18')
```

```

110     # axes[18].text(0.1,0.8, '14')
111     # axes[19].text(0.1,0.8, '19')
112     # axes[24].text(0.1,0.8, '15')
113
114     #Add lables to the Red Boxes
115     # axes[3].text(0.1,0.8, '23')
116     # axes[8].text(0.1,0.8, '21')
117     # axes[4].text(0.1,0.8, '25')
118     # axes[9].text(0.1,0.8, '24')
119     # axes[14].text(0.1,0.8, '22')
120
121     # run throuh datas and generate axis datas
122     dict_bubble_axis = dict()
123     bubble_axis = list()
124     for datasets in datas:
125         # get the datas
126         riskid = datas.get(datasets).get('risk-id')
127         x_axis = int(datas.get(datasets).get('x-axis'))
128         y_axis = int(datas.get(datasets).get('y-axis'))
129         axis_point = matrix.get((x_axis, y_axis))
130         x_axis_text = float(datas.get(datasets).get('x-axis-text'))
131         y_axis_text = float(datas.get(datasets).get('y-axis-text'))
132         x_axis_bubble = float(datas.get(datasets).get('x-axis-bubble'))
133         y_axis_bubble = float(datas.get(datasets).get('y-axis-bubble'))
134         bubble_axis.append(axis_point)
135
136         # merge riks if two or more risks share the same axispoint
137         if dict_bubble_axis.get(axis_point):
138             risktag = dict_bubble_axis.get(axis_point).get('risk')
139             risktag = risktag + '/' + riskid
140             x_axis_text = x_axis_text + 0.25
141             y_axis_text = y_axis_text - 0.5
142             bubble_size = bubble_standard_size * 2
143         else:
144             risktag = itemname + riskid
145             bubble_size = bubble_standard_size
146             dict_axis_value = dict()
147
148             dict_axis_value['risk'] = risktag
149             dict_axis_value['x-axis-text'] = x_axis_text
150             dict_axis_value['y-axis-text'] = y_axis_text
151             dict_axis_value['x-axis-bubble'] = x_axis_bubble
152             dict_axis_value['y-axis-bubble'] = y_axis_bubble
153             dict_axis_value['size'] = bubble_size
154             dict_bubble_axis[axis_point] = dict_axis_value
155
156         # cleanup the list, remove duplicated entries
157         bubble_axis = set(bubble_axis)

```

```

158     # plot the bubbles and texts in the bubbles
159     for axispoint in bubble_axis:
160         axes[axispoint].scatter(dict_bubble_axis[axispoint]['x-axis-bubble'],
161             dict_bubble_axis[axispoint]['y-axis-bubble'], dict_bubble_axis[axispoint][
162             'size'], alpha=1)
163         axes[axispoint].text(dict_bubble_axis[axispoint]['x-axis-text'],
164             dict_bubble_axis[axispoint]['y-axis-text'], s=dict_bubble_axis[axispoint][
165             'risk'], va='bottom', ha='center')
166
167     # save the plot as image
168     plt.savefig(image_path)
169
170 """
171 Config File:
172     1. Name
173     2. Startpoint Directory
174     3. Destination Dir
175     4. Alternate Path
176     5. Data File Name
177 Data File:
178     1. Spalte: Nummer
179     2. x-achse
180     3. x-achse
181 """
182
183 Matrix
184 This Matrix translate the x/y axis from a given risk matrix csv to the
185 axispoint.
186
187 The key of each axispoint is an integer tupel (x, y)
188 So, you can access the axis point this way:
189 <axispoint> = matrix.get((<x_axis>, <y_axis>))
190 """
191 matrix = {
192     # first column
193     (1, 1):20,
194     (1, 2):15,
195     (1, 3):10,
196     (1, 4):5,
197     (1, 5):0,
198     # second column
199     (2, 1):21,
200     (2, 2):16,
201     (2, 3):11,
202     (2, 4):6,
203     (2, 5):1,
204 }
```

```

201     # third column
202     (3, 1): 22,
203     (3, 2): 17,
204     (3, 3): 12,
205     (3, 4): 7,
206     (3, 5): 2,
207     # fourth column
208     (4, 1): 23,
209     (4, 2): 18,
210     (4, 3): 13,
211     (4, 4): 8,
212     (4, 5): 3,
213     # fifth column
214     (5, 1): 24,
215     (5, 2): 19,
216     (5, 3): 14,
217     (5, 4): 9,
218     (5, 5): 4
219 }
220
221 # load the configuration file
222 riskmatrix_conf_filename = 'conf.csv'
223 riskmatrix_conf_dir = 'source/configuration/'
224 conf_riskmatrix_path = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()),
225                                     riskmatrix_conf_dir)
226 conf_csv_path = os.path.join(conf_riskmatrix_path, riskmatrix_conf_filename)
227 with open(conf_csv_path) as f:
228     csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]
229
230 _, *header, *data = csv_list
231 conf = {}
232 for row in data:
233     key, *values = row
234     conf[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}
235
236 for risks in conf:
237     riskmatrix(risks, conf, matrix)
238 # data = pd.read_csv('/home/itgramic/LaTex/riskmatrix/src/source/riskmatrixproblem
239 .csv', header=None, dtype={0: str}).set_index(0).squeeze().to_dict()

```

Listing 14: Python LaTex - riskmatrix - Risikomatrizen

IX Disposition



ibW Höhere Fachschule Südostschweiz

## Disposition Diplomarbeit Technik und Wirtschafts-informatik 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.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen</b>	<b>3</b>
<b>1 Ausgangslage und Problemstellung</b>	<b>1</b>
1.1 Das Kantonsspital Graubünden . . . . .	1
1.2 Die ICT des Kantonsspital Graubünden . . . . .	3
1.3 Rolle in der ICT vom Kantonsspital Graubünden . . . . .	5
1.4 Ausgangslänge . . . . .	5
1.5 Problemstellung . . . . .	9
<b>2 Ziele und Nutzen</b>	<b>13</b>
<b>3 Abgrenzungen</b>	<b>19</b>
<b>4 Abhängigkeiten und Risiken</b>	<b>22</b>
4.1 Abhängigkeiten . . . . .	22
4.2 Risiken . . . . .	24
<b>5 Geplante Vorgehensweise</b>	<b>28</b>
5.1 Arbeitsmethodik . . . . .	28
5.2 Arbeitsschritte . . . . .	28
5.3 Instrumente und Werkzeuge . . . . .	28
<b>6 Provisorisches Inhaltsverzeichnis der DA</b>	<b>29</b>
<b>7 Bewilligung (wird durch die Schulleitung ausgefüllt)</b>	<b>31</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>32</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>33</b>
<b>Literatur</b>	<b>34</b>
<b>Glossar</b>	<b>37</b>

### **Abkürzungen**

ICT	information and communications technology
ibW	ibW Höhere Fachschule Südostschweiz
KSGR	Kantonsspital Graubünden
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

## 1 Ausgangslage und Problemstellung

### 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

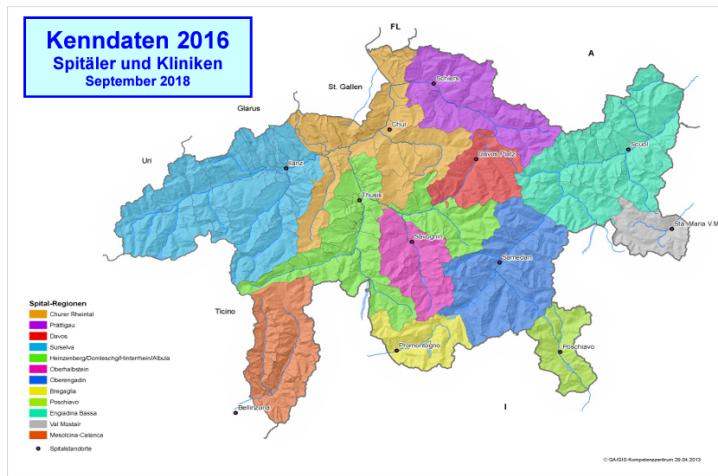


Abbildung 1.1: Spitalregionen Kanton Graubünden[16]

## Disposition Diplomarbeit



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

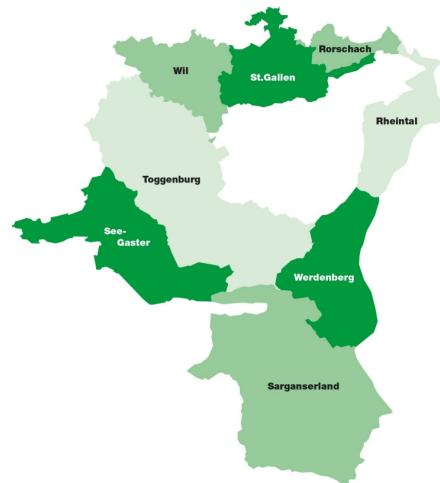


Abbildung 1.2: Wahlkreise Kanton St. Gallen[28]

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

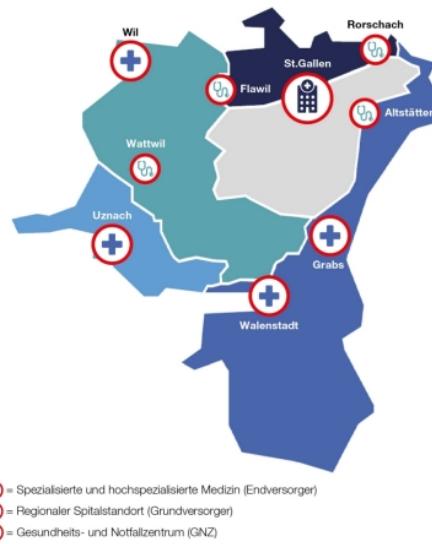


Abbildung 1.3: Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[11]

## 1.2 Die ICT des Kantonsspital Graubünden

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

## Disposition Diplomarbeit



Organigramm gültig ab 01.07.2023



### Organigramm des Kantonsspitals Graubünden

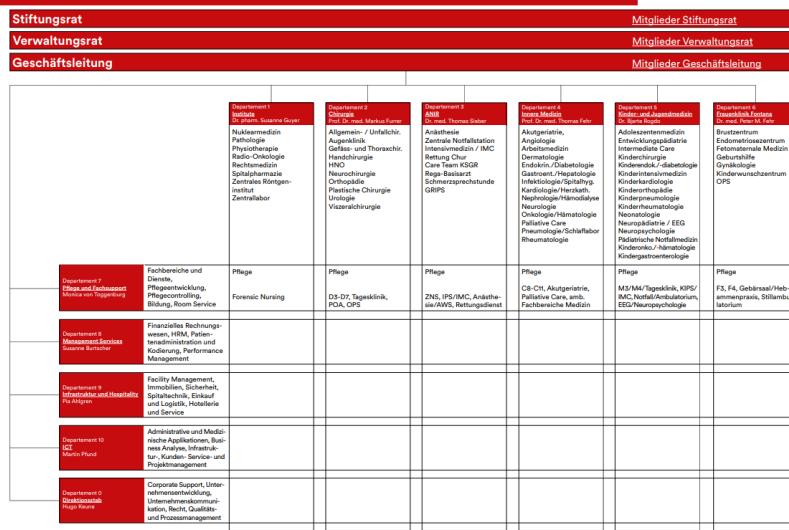
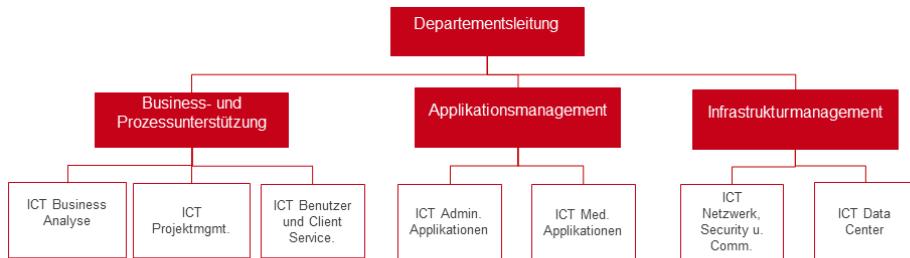


Abbildung 1.4: Organigramm Kantonsspital Graubünden

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.



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.

### 1.3 Rolle in der ICT vom Kantonsspital Graubünden

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

Da die Kernsysteme auf Oracle Datenbanken und HP-UX laufen, bin ich primär Oracle Database DBA und manage das HP-UX in Zusammenarbeit mit HPE. Die administrative Tätigkeit bei HP-UX besteht primär im Betrieb der HP-UX Cluster Packages (einer sehr rudimentären Art von Containern), überwachen und erweitern des Filesystems, erweitern von SAN Storage Lunes für die Filesystem Erweiterung, Erstellen von PRTG-Sensoren für das Monitoring, SAP Printerqueue Management und andere Tasks die es noch auszuführen gibt. Daneben bin ich auch für andere Datenbanken, teilweise aber nur begrenzt Microsoft SQL Server, MySQL / MariaDB und vermehrt PostgreSQL zuständig. Darüber hinaus bin ich Teilweise in die Linux-Administration involviert und betreue auch noch einige Windows Server für das Zentrale klinische Informationssystem.

### 1.4 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.

## **Disposition Diplomarbeit**



Basierend auf der Liste *DB-Engines Ranking*[8] der Top-Datenbanksysteme . Allerdings werden nicht alle Datenbanksysteme berücksichtigt, entweder weil das Datenbanksystem keine Client/Server Architektur hat oder nicht im Scope der IT oder des Projekts ist.

Folgende Datenbanken sind inventarisiert:

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

Tabelle 1.1: Inventarisierte Datenbanksysteme



## Disposition Diplomarbeit



Folgende Datenbanksysteme sind demnach im KSGR im Einsatz:

RDBMS	Summe RDBMS / Cluster / CDB / Instance	Summe Databases
MariaDB	2	2
MongoDB	2	2
MySQL	28	50
Oracle Database	27	30
PostgreSQL	20	20
Redis	1	1
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>80</b>	<b>105</b>

Tabelle 1.2: Datenbankinventar

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

OS / RDBMS	Summe RDBMS / Cluster / CDB / Instance	Summe Databases
<b>HP-UX</b>	<b>21</b>	<b>24</b>
Oracle Databases	21	24
<b>Linux</b>	<b>26</b>	<b>48</b>
MariaDB	2	2
MySQL	14	36
Oracle Database	1	1
PostgreSQL	8	8
Redis	1	1
<b>Windows Server</b>	<b>33</b>	<b>33</b>
MongoDB	2	2
MySQL	14	14
Oracle Databases	5	5
PostgreSQL	12	12
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>80</b>	<b>105</b>

Tabelle 1.3: Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt

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

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

## Disposition Diplomarbeit



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.

### 1.5 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:

## Disposition Diplomarbeit

Identifikation	ID Schutzziel BSI 200-3	Referenz G0	Risiko	Beschreibung / Ursache	Auswirkung	Abschaltung		Behandlung		Zielwert	Maßnahmen ergriffen?			WS SM	WS SM	Maßnahme
						WS	SM	WS	SM							
1 I	G0.22		Möglichkeit von Informationen	Durch veraltete Systeme die Zudem unterschiedlich gut gehärtet und gesichert sind (z.B. durch Verschlüsselung des Verkehrs oder der Daten auf dem Storage), bestehen Risiken bezüglich der Sicherheit der Daten.	Die Auswirkungen reichen von einer Fehlfunktion des Systems bis hin zum vollständigen Verlust der Integrität der Daten.	2	4	Ja	1	2	Best Practice bei Härtung der Systeme, Redundanzen einführen					
2 A	G0.25		Ausfall von Geräten oder Systemen	Manche Datenbanken und deren Benutzersysteme sind sehr alt und sehr lange im Einsatz. Einige dieser Systeme sind schon so alt, dass keine Hoffnungen mehr auf eine Wiederherstellung bestehen.	Systeme keine HA-Architektur aufgebaut wurde, ist die Verfügbarkeit ernsthaft gefährdet resp. die Applikation steht nicht mehr zur Verfügung.	4	4	Ja	2	2	Redundanzen einführen					
3 C, L A	G0.26		Fehlfunktion von Geräten oder Systemen	Hierdurch entsteht das Risiko, das Systeme Ausfallen.	Fehlerhafte Wiederherstellung von Datenbankesystemen führen können zu Datenverlusten.	2	4	Ja	2	2	Systeme zentralisieren, Lifecycle etablieren					
4 C, L A	G0.27.1		Ressourcenmangel (personelle Ressourcen)	Manche Datenbanken und deren Benutzersysteme sind sehr alt und sehr lange im Einsatz. Einige dieser Systeme sind schon so alt, dass keine Hoffnungen mehr auf eine Wiederherstellung bestehen.	Daten können verloren gehen oder ungesucht von Dritten und unberechtigten Personen eingesieht werden.	2	4	Ja	2	2	Systeme zentralisieren					
5 A	G0.27.2		Ressourcenmangel (technische Ressourcen)	Durch steilen Fehler langer unzureichender Hoffnungs-, Patches, Upgrades und Upgrades können nicht oder nur zu einem Zeit engpassiert werden.	Datenbanken können nicht mehr oder nur noch eingeschränkt verfügbar werden.	3	3	Ja	2	3	Systeme zentralisieren					
6 C, L A	G0.31		Fehlerhafte Nutzung oder Administration von Geräten und Systemen	Allerdings versuchen Datenbankesysteme, die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten. Aufgrund der sehr heterogenen Landschaft ist der Administrationsaufwand für die jetzigen Systeme sehr gross.	Daher sind sowohl Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit gefährdet.											
7 C, L A	G0.32		Misbrauch von Berechtigungen	Zu einem akuten Problemfall ist nicht gerichtet, das die Laufe erleichtert sind, die notwendig sind.	Die Auswirkungen können vielfältig sein, abhängig davon welcher Aspekt unter dem Ressourcenmangel leidet.											
8 A, I	G0.45		Datenverlust	Offenbart das Microsoft Active Directory als Zentrale Benutzerverwaltung ist, sind die wenigen Datenbanen an dieses angepasst.	Grundsätzlich wird aber sowohl die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit gefährdet.	2	2	Ja	1	2	Monitoring verschärfen					
				Hinzu kommt der Umstand, dass in der Vergangenheit jeder Schweselerferiant sein eigenes Benutzerkonzept mitgebracht hat, auch wenn es sich um verschiedene Firmen handelt.	Wenn die CPU- und Memory-Usage über einen gewissen Schwellwert geht, fängt das Betriebssystem an zu Prozessen.											
				Zudem wurden die meisten Datenbanken nur mittels Snapshots oder einem Fliesystem Backup gesichert, nicht über eine eigentliche Sicherung mittels WAL.	Dies wird primär der Endnutzer in Form von Performance Embussen bemerkbar.											
				Gemeinde die leitende WAL-Archivierung führt im Backuplauf dazu, dass alle Transaktionen die zwischen dem letzten Backup nicht mehr vorhanden sind.	Im schlimmsten Fall steht eine Anwendung nicht mehr zur Verfügung.											
				Hinzu kommt, dass für die meisten Datenbanken hohe Sicherungsintervalle von einmal pro Stunde oder gar nur einmal am Tag gewählt wurde.	Gefährlicher sind Storage Overflows, besonders wenn die Datenbank nicht mehr alle Informationen speichern konnte.											
				Ein weiterer Aspekt des Risikos besteht in der tatsächlichen, die aufgetretenen Sicherheitslücken, die nicht ausgenutzt werden.	Die sie für einen korrekten Nutzen benötigt.											
				Heterogenität nur wenige Backups auch wirklich regelmässig geprüft werden.	Abhängig davon welche Fehler gemacht werden können die Auswirkungen auch stark variieren.											
					Unter andern können Daten missbräuchlich abgelesen werden, Daten manipuliert oder das ganze System komplett zerstört werden.											
					Aus dem Risiko ergänzen sich zwei Auswirkungen, die aber beide ein hohes Maß an Schaden verursachen können.											
					Erstens können Backups gar nicht mehr Wiederhergestellt werden, dies hätte dann einen Totalsystemausfall zur Folge.											
					Die zweite Ursache erwächst auf der leitenden WAL-Archivierung, dadurch können zwar die Daten bis zu einem Zeitpunkt X wiederhergestellt werden allerdings wird diese dann nicht zwingend korrekt.											

Tabelle 1.4: Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken



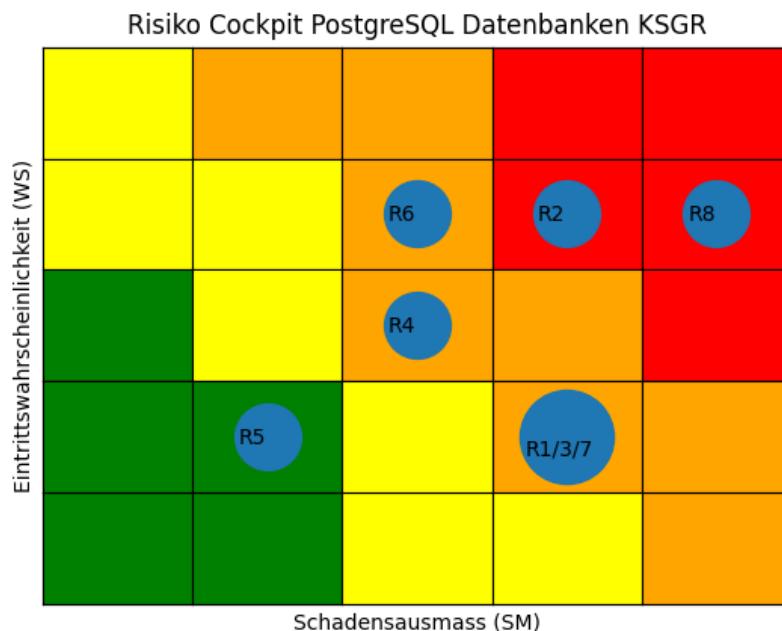


Abbildung 1.6: Risiken bestehende Lösung

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 gesenkt werden:

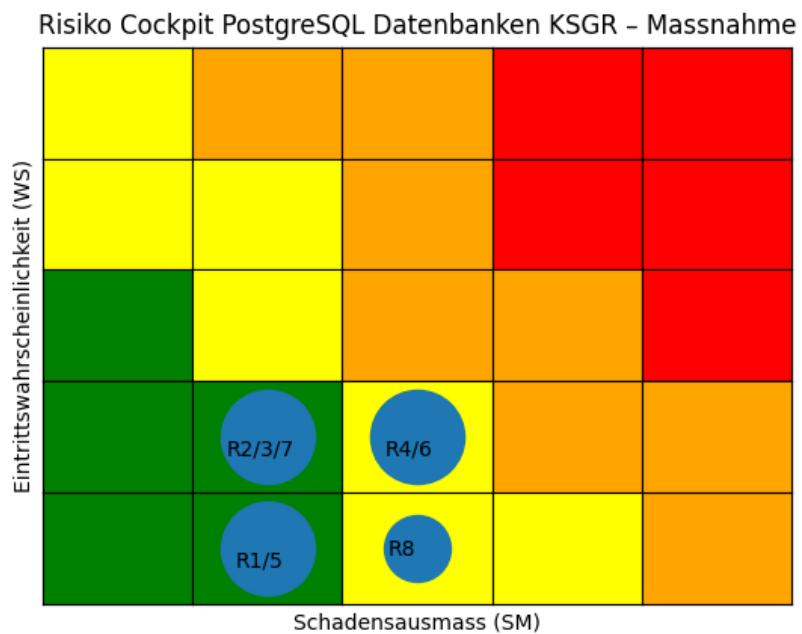


Abbildung 1.7: Risiken bestehende Lösung mit Massnahmen

## **2 Ziele und Nutzen**

Das administrieren einer PostgreSQL Datenbank umfasst i.d.R. [20, 23] 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. Zudem wird im Rahmen des gleichen Scheduled Tasks ein Cleanup Vorgenommen,	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 inperformante SQL Statements ausgelesen werden und zum Teil werden auch Informationen zum Tuning geliefert[6]. 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[1]. Während der Hauptarbeitszeit muss dies mindestens alle 90 Minuten geprüft und ggf. reagiert werden.	Hoch
8	Housekeeping	Mit Housekeeping Jobs werden regelmäßige 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 2.1: Administrative Aufgaben

## **Disposition Diplomarbeit**



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.	1	Muss	
3	Filesystem Management	Hoch	Das Filesystem muss beim erreichen von 95% Usage automatisch vergrößert werden. 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[6]. Tabellen und Indizes können sich aufblättern (bloated table / bloated index)	2	Muss	
7	Health Checks und Aktionen (Maintenance)	Hoch	Ist ein Index aufgeblättert, kann dies mittels eines REINDEX mit geringem Impact auf die Datenbank gelöst werden[1].	2	Muss	
8	Housekeeping	Mittel	Log Rotation muss aktiviert werden und alte Logs regelmäßig gelöscht werden.	3	Muss	
9	Verwalten von DB Objekten	Tief	Keine Automatisierung möglich	5		
10	User Management	Tief	Regelmäßige Reports sollen User anzeigen, die seit mehr als einer Woche nicht mehr aktiv waren.	4	Kann	

Tabelle 2.2: Automatisierung Administrativer Aufgaben

## **Disposition Diplomarbeit**



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:

## Disposition Diplomarbeit

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. Die wichtigsten Parameter für das Monitoring des PostgreSQL Clusters (ready, Locks, bloated Tables), die Replication (Replay Lag, Standby alive) und des PostgreSQL HA Clusters müssen überwacht werden.	Hoch
5	Monitoring - Cluster Healthcheck	Die wichtigsten Parameter für das Monitoring des PostgreSQL Clusters (ready, Locks, bloated Tables), die Replication (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 aufgebäumte 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 Failover 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 2.3: Ziele



### 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	
Sekundäre Linux Distributionen	Rocky Linux Oracle Linux	RedHat Enterprise Linux (RedHat Enterprise Linux (RHEL)), Rocky Linux oder Oracle Linux wird nur eingesetzt, wenn es nicht anders möglich ist
Primäres Monitoring System	Paessler Router Traffic Grapher (PRTG)	Monitoring System für alle außer dem Netzwerkbereich
Sekundäres Monitoring System	Zabbix	Wird nur vom Netzwerkbereich verwendet
Container-Plattform	Kubernetes	
Infrastructure as code (IaC) System	Ansible und Terraform	Ansible wird von Foreman verwendet, Terraform wird für die Steuerung der Kubernetes-Plattform verwendet
Logplattform / SIEM System		Wird neu Ausgeschrieben.
Usermanagement	Microsoft Active Directory	Produkt zurzeit nicht definiert

Tabelle 3.1: Gegebene Systeme

## Disposition Diplomarbeit



Daraus ergeben sich nach nach Züst, Troxler 2002[39] folgende Abgrenzungen:

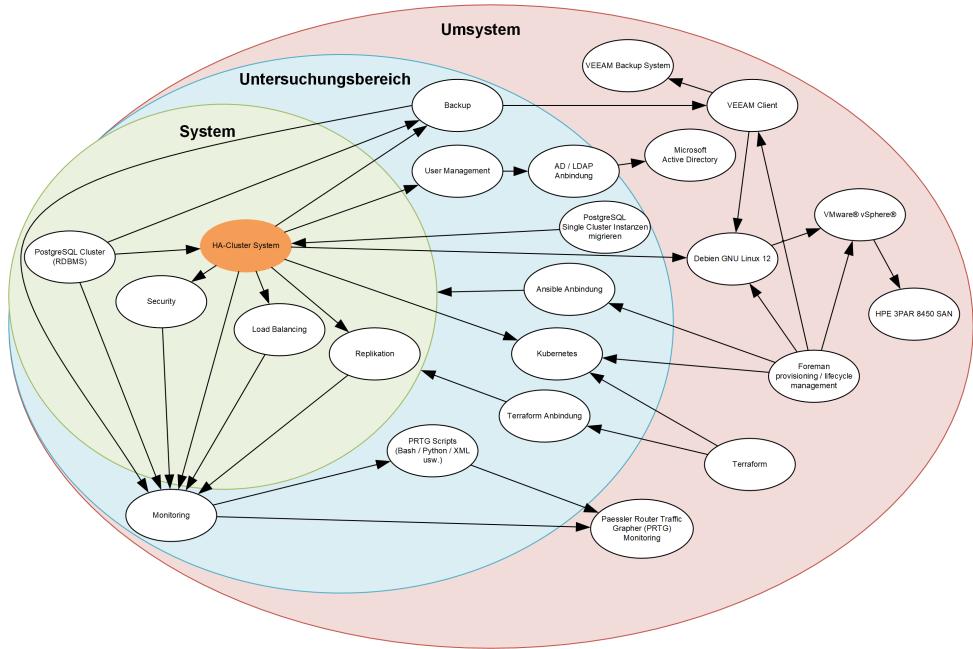


Abbildung 3.1: Systemabgrenzung

**4 Abhängigkeiten und Risiken**

**4.1 Abhängigkeiten**

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



Objekt	Abhängigkeit	Beschreibung	Status	Risiko	Impact
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.
Storage	Speicher für VMs / Daten	Es muss genügend Kapazität auf dem Storage vorhanden sein, um die VMs und deren Daten zu speichern und zu bereitstellen.	Storage wurde bereits erworben, neue Data für den SAN Storage wurden bestellt.	Auf dem SAN ist keine Kapazität mehr vorhanden.	Es können keine VMs oder Datenbanken mehr eingespielt werden.
Log Management / SIEM System	Speichern der Logfiles für Log Rotation	Ein Log Management System / SIEM muss vorhanden sein, um Logfiles langfristig sichern zu können.	Die bestehenden Plattformen für Log Management und das SIAM werden abgelebt. Die Auslastung ist sehr hoch.	Die neue Log Management Platform ist noch nicht betriebsbereit.	Log Rotation muss stark erhöht werden. Dies wird mehr Storage in Anspruch nehmen.
HP-UX Abkömmlingsprojekt	Ressourcen	Das Projekt zur Ablösung der HP-UX Plattform für die Oracle Datenbanken geht in die Konzeptions- und Umsetzungsphase.	Das Projekt geht in die Konzeptions- und Umsetzungsphase.	Als Oracle DBA bin ich stark in das Projekt eingebunden. Es besteht, dass Risiko eines Ressourceneingusses	Projekt kann nicht zeitgemäß abgeschlossen werden.
GitLab	Sicherung	Sicherung von Konfigurationen, Scripts usw.	GitLab ist implementiert und betriebsbereit.	GitLab steht nicht mehr zur Verfügung	Keine Versionierung und Teils Sicherungen mehr von Konfigurationsfiles, Scripts usw.

Tabelle 4.1: Abhängigkeiten

## Disposition Diplomarbeit



### 4.2 Risiken

Zusätzlich wurde eine SWOT-Analyse-Analyse für das Projekt erstellt, um weitere Risiken und Gefahren für das Projekt aufzudecken. Dabei bezieht sich die Externe Betrachtung auf die Umsysteme und die ICT des KSGR und die Interne Betrachtung auf mich und das Team um mich herum.



Abbildung 4.1: SWOT-Analyse Projekt

Aus den Abhängigkeiten und der SWOT-Analyse-Analyse wurden folgende Risiken identifiziert:

## Disposition Diplomarbeit

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

Tabelle 4.2: Risiko-Matrix der Diplomarbeit

Daraus ergibt sich folgende Risikomatrix

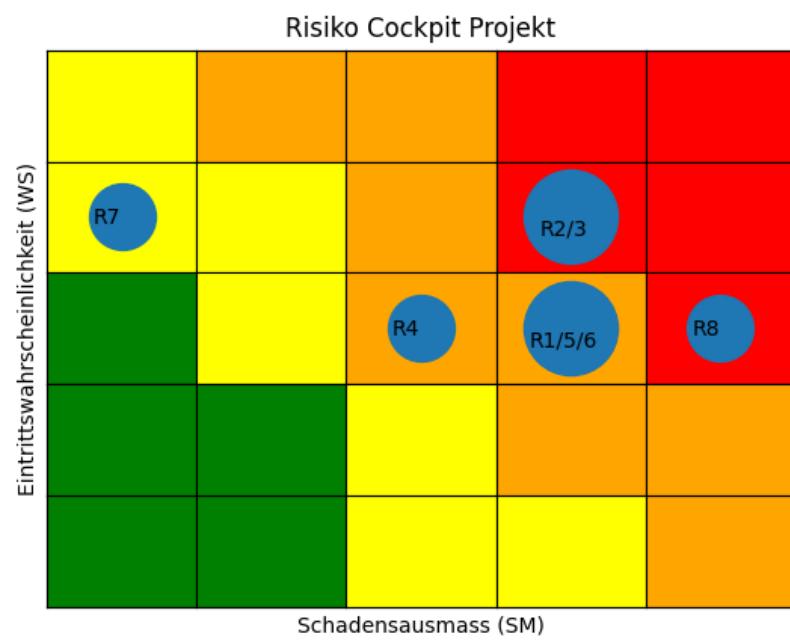


Abbildung 4.2: Projektrisiken

Mit den entsprechenden Massnahmen können die Risiken gesenkt werden:

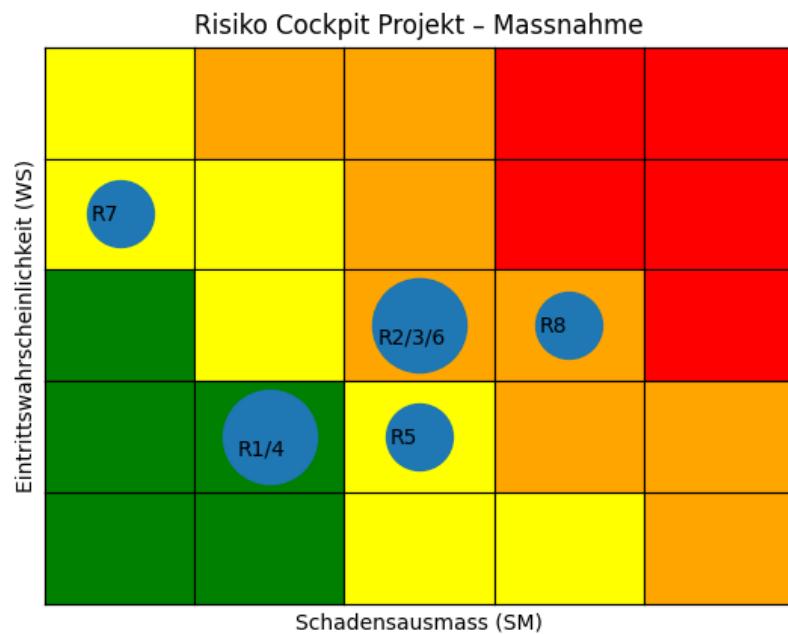


Abbildung 4.3: Projektrisiken mit Massnahmen

## 5 Geplante Vorgehensweise

### 5.1 Arbeitsmethodik

Als Arbeitsmethodik soll IPERKA verwendet werden.

### 5.2 Arbeitsschritte

Die Umsetzung des Projekts sind die Evaluation, Installation einer Testumgebung und anschliessend das Testing zentrale bestandteile. Innerhalb der Evaluation sollen die Lösungen analysiert und anschliessend auch in Development-Umgebungen installiert werden, sofern sich die Eignung nicht bereits bei der analyse ausschliessen lässt, um Erfahrungen zu sammeln um Vergleichswerte sammeln zu können.

Die Testumgebung muss anschliessend installiert und konfiguriert werden. Vor dem Testing muss die Konfiguration reviewed werden.

In der Testphase muss die Lösung anschliessend anhand der Anforderungen und Testszenarien getestet werden.

### 5.3 Instrumente und Werkzeuge

Für die Zeitplanung muss ein Gannt-Diagramm mit Microsoft Project verwendet werden. Anhand des Gannt-Diagramms muss ein Netzplan mit einem kritischen Pfad erstellt und geführt werden, um das Zeitmanagement führen zu können. Ein Arbeitsfortschrittsdiagramm kann geführt werden.

Für die Bewertungen der Lösungen ist eine Nutzwertanalyse angedacht. Die Gewichtung muss mittels der Präferenzmatrix ermittelt werden.

## **6 Provisorisches Inhaltsverzeichnis der DA**

Die Diplomarbeit soll in folgende Teile gegliedert werden:

- Titelblatt
  - Management Summary
  - Inhaltsverzeichnis
  - Abkürzungen
1. Einleitung
    - 1.1. Ausgangslage und Problemstellung
    - 1.2. Zieldefinition
    - 1.3. Abgrenzung
    - 1.4. Vorgehensweise und Methoden
    - 1.5. Risikomanagement
    - 1.6. Projektmanagement
  2. Umsetzung
    - 2.1. Evaluation
      - 2.1.1. Erheben und Gewichten der Anforderungen
      - 2.1.2. Testziele erarbeiten
      - 2.1.3. Analyse gängiger PostgreSQL HA Cluster Lösungen
      - 2.1.4. Installation verschiedener Lösungen
      - 2.1.5. Gegenüberstellung der Lösungen
      - 2.1.6. Entscheid
    - 2.2. Aufbau und Implementation Testsystem
      - 2.2.1. Bereitstellen der Grundinfrastruktur
      - 2.2.2. Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster
      - 2.2.3. Technical Review der Umgebung
    - 2.3. Testing
      - 2.3.1. Testing
      - 2.3.2. Protokollierung
      - 2.3.3. Review und Auswertung

## **Disposition Diplomarbeit**



- 2.4. Troubleshooting und Lösungsfindung
- 3. Resultate
  - 3.1. Zielüberprüfung
  - 3.2. Schlussfolgerung
  - 3.3. Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten
  - 3.4. Persönliches Fazit
    - i. Verzeichnisse
      - i.i. Literatur- und Quellverzeichnis
      - i.ii. Tabellenverzeichnis
      - i.iii. Abbildungsverzeichnis
      - i.iv. Glossar
      - i.v. Index
    - ii. Anhang

Disposition Diplomarbeit



**7** Bewilligung (wird durch die Schulleitung ausgefüllt)

Das Thema dieser Diplomarbeitsdisposition ist bewilligt.

Ort und Datum Unterschrift Fachvorsteher

Sargans, 4.12.2023

Krieger

## Anmerkungen und Hinweise zur Disposition:

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

### *Legende:*

*! Hinweis auf kleine Ungereimtheiten*

**!! Grössere Schwächen, Fehler oder Um**

**!!! gravierende Schwäche, kann so nicht verwendet werden**

## **2 Ziele und Nutzen**

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

## 3 Abrenzungen

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

## 4 Abhängigkeiten und Risiken

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

**Abbildungsverzeichnis**

1.1	Spitalregionen Kanton Graubünden[16]	1
1.2	Wahlkreise Kanton St. Gallen[28]	2
1.3	Spitalregionen / Spitalstrategie Kanton St. Gallen[11]	3
1.4	Organigramm Kantonsspital Graubünden	4
1.5	Organigramm Departement 10 - ICT	5
1.6	Risiken bestehende Lösung	11
1.7	Risiken bestehende Lösung mit Massnahmen	12
3.1	Systemabgrenzung	21
4.1	SWOT-Analyse Projekt	24
4.2	Projektrisiken	26
4.3	Projektrisiken mit Massnahmen	27

**Tabellenverzeichnis**

1.1 Inventarisierte Datenbanksysteme . . . . .	7
1.2 Datenbankinventar . . . . .	8
1.3 Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt . . . . .	8
1.4 Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken . . . . .	10
2.1 Administrative Aufgaben . . . . .	14
2.2 Automatisierung Administrativer Aufgaben . . . . .	16
2.3 Ziele . . . . .	18
3.1 Gegebene Systeme . . . . .	20
4.1 Abhängigkeiten . . . . .	23
4.2 Risiko-Matrix der Diplomarbeit . . . . .	25

## Literatur

- [1] Satyadeep Ashwathnarayana und Inc. Netdata. *How to monitor and fix Database bloats in PostgreSQL? / Netdata Blog.* <https://blog.netdata.cloud/postgresql-database-bloat/>. 2022.
- [2] GitLab B.V. und GitLab Inc. *The DevSecOps Platform / GitLab.* <https://about.gitlab.com/>.
- [3] Microsoft Corporation. *Azure SQL-Datenbank – ein verwalteter Clouddatenbankdienst / Microsoft Azure.* <https://azure.microsoft.com/de-de/products/azure-sql/database>. 2023.
- [4] Microsoft Corporation. *Datenbank-Software und Datenbankanwendungen / Microsoft Access.* <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/access>. 2023.
- [5] Microsoft Corporation. *Microsoft Data Platform / Microsoft.* <https://www.microsoft.com/de-ch/sql-server>.
- [6] Varun Dhawan und data-nerd.blog. *PostgreSQL-Diagnostic-Queries – data-nerd.blog.* <https://data-nerd.blog/2018/12/30/postgresql-diagnostic-queries/>.
- [7] Elektronik-Kompendium.de und Schnabel Schnabel. *SAN - Storage Area Network.* <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0906071.htm>. 2023.
- [8] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *DB-Engines Ranking.* <https://db-engines.com/en/ranking>.
- [9] DB-Engines und solidIT consulting & software development gmbh. *relationale Datenbanken - DB-Engines Enzyklopädie.* <https://db-engines.com/de/article/relationale+Datenbanken?ref=RDBMS>.
- [10] The Linux Foundation. *Harbor.* <https://goharbor.io/>. 2023.
- [11] 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>.
- [12] Git. *About - Git.* <https://git-scm.com/about>.
- [13] IBM Deutschland GmbH. *Was ist OLAP? / IBM.* <https://www.ibm.com/de-de/topics/olap>.
- [14] Jedox GmbH. *Was ist OLAP? Online Analytical Processing im Überblick.* <https://www.jedox.com/de/blog/was-ist-olap/>. Section: Knowledge.
- [15] 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>.
- [16] Gesundheitsamt Graubünden, Uffizi da sanadad dal Grischun und Ufficio dell'igiene pubblica dei Grigioni. *Kenndaten 2016 Spitäler und Kliniken September 2018.* <https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/djsg/ga/InstitutionenGesundheitswesens/Spitaeler/Dok%20Spitler/Kenndaten%202016%20Spit%C3%A4ler.pdf>.

- [17] The PostgreSQL Global Development Group. *25.1. Routine Vacuuming*. <https://www.postgresql.org/docs/16/routine-vacuuming.html>. 2023.
- [18] Inc. HashiCorp. *Terraform by HashiCorp*. <https://www.terraform.io/>.
- [19] Splunk Inc. *Splunk / Der Schlüssel zu einem resiliентen Unternehmen*. [https://www.splunk.com/de\\_de](https://www.splunk.com/de_de). 2023.
- [20] Shiv Iyer und MinervaDB. *PostgreSQL DBA Daily Checklist*. <https://minervadb.xyz/postgresql-dba-dai> 2020.
- [21] Martin Keen und IBM Deutschland GmbH. *IBM Db2*. <https://www.ibm.com/de-de/products/db2>.
- [22] Anatoli Kreyman. *Was ist eigentlich Splunk?* <https://www.kreyman.de/index.php/splunk/76-was-ist-eigentlich-splunk-big-data-platform-monitoring-security>.
- [23] 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>.
- [24] Red Hat Limited. *Was ist Ansible?* <https://www.redhat.com/de/technologies/management/ansible/what-is-ansible>.
- [25] 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>.
- [26] Nico Litzel, Stefan Luber und Vogel IT-Medien GmbH. *Was ist Elasticsearch?* <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-elasticsearch-a-939625/>. 2020.
- [27] Hewlett Packard Enterprise Development LP. *Was ist SAN-Speicher? / Glossar*. <https://www.hpe.com/ch/de/what-is/san-storage.html>.
- [28] 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>.
- [29] Ed Reckers und SnapLogic Inc. *Was ist die Snowflake-Datenplattform?* <https://www.snaplogic.com/de/blog/snowflake-data-platform>. 2023.
- [30] IONOS SE. *Apache Cassandra: Verteilte Verwaltung großer Datenbanken*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/apache-cassandra-vorgestellt/>. 2021.
- [31] IONOS SE. *Datenbankmanagementsystem (DBMS) erklärt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/datenbankmanagementsystem-dbms-erklaert/>. 2020.
- [32] IONOS SE. *MongoDB – die flexible und skalierbare NoSQL-Datenbank*. <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/mongodb-vorstellung-und-vergleich-mit-mysql/>. 2019.
- [33] IONOS SE. *SQLite: Die bekannte Programmzbibliothek im Detail vorgestellt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/sqlite/>. 2023.

## Disposition Diplomarbeit



- [34] IONOS SE. *Terraform*. <https://www.ionos.de/digitalguide/server/tools/was-ist-terraform/>. 2020.
- [35] IONOS SE. *Was ist Redis? Die Datenbank vorgestellt*. <https://www.ionos.de/digitalguide/hosting/hosting-technik/was-ist-redis/>. 2020.
- [36] IONOS SE. *Was ist SIEM (Security Information and Event Management)?* <https://www.ionos.de/digitalguide/server/sicherheit/was-ist-siem/>. 2020.
- [37] Inc. Snowflake. *Datenbanken, Tabellen und Ansichten – Überblick* / Snowflake Documentation. <https://docs.snowflake.com/de/guides-overview-db>.
- [38] Thomas-Krenn.AG. *Git Grundlagen – Thomas-Krenn-Wiki*. [https://www.thomas-krenn.com/de/wiki/Git\\_Grundlagen](https://www.thomas-krenn.com/de/wiki/Git_Grundlagen).
- [39] Rainer Züst. "Einstieg ins Systems Engineering". In: (2002).

## 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 so genannten Playbook geschrieben werden[24].. 20

**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[17].. 16, 18

**Cassandra** Cassandra ist eine Spaltenorganisierte NoSQL-Datenbank die 2008 veröffentlicht[30] wurde.. 7

**CI/CD** Continuous Integration/Continuous Delivery bedeutet, dass Anpassungen kontinuierlich in die Entwicklungsumgebungen integriert und auf die Zielplattformen verteilt werden[25].. 3

**DBMS** Ein Database Management System regelt und organisiert die Datenbasis einer Datenbank[31].. 3

**Debian** Debian gehört neben 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.. 20

**Elasticsearch** Elasticsearch ist eine 2010 veröffentlichte Open-Source Suchmaschine die auf Basis von JSON-Dokumenten und einer NoSQL-Datenbank arbeitet[26].. 7

**Failover** In einem Fehlerfall wird in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary ungeplant geswitched.. 18

**Foreman** Foreman ist ein Lifecycle Management und Provisioning System für Virtuelle und Physische Server. Ab Version 6 basierte der Red Hat Satellite auf Foreman. 20, 23, 25

**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[12, 38].. 37

**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[2].. 18, 23

**Harbor** Harbor ist ein Open-Source-Tool zur Registrierung von Richtlinien rollenbasierten Zugriffssteuerung[10]. Harbor wird beim KSGR zur Verwaltung der Kubernetes-Plattform verwendet..  
18

**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.. 3, 5, 8, 23, 25

**IBM DB2** IBM DB2 ist eine Relationale Datenbank[21] deren Vorläufer System-R von IBM zwischen 1975 und 1979 entwickelt wurde. DB2 selber wurde 1983 von IBM veröffentlicht.. 7

**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.. 3, 8, 20, 38

**Linux** Linux ist ein Open-Source Betriebssystem, welches von Linus Torvalds 1991 in seiner frühesten Form entwickelt wurde und lose vom UNIX Derivat MINIX inspiert war. Linux besteht heute aus einer enorm grossen Anzahl an Distributionen und läuft auf einer grossen Anzahl von Plattformen.. 5, 8, 38

**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 tritt MariaDB die Nachfolge von MySQL als Standard Datenbank an.. 5, 7, 8, 9

**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[3]..  
7

**Microsoft Access** Access wurde 1992 veröffentlicht und ist Entwicklungsumgebung, Front- und Backend-Software und Relationale Datenbank in einem[4].. 7

**Microsoft SQL Server** MS SQL Server ist das RDBMS von Microsoft[5]. 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, 39

**MongoDB** MongoDB ist eine dokumentenorientierte NoSQL-Datenbank, die zum ersten Mal 2007 veröffentlicht wurde[32].. 7, 8

**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, 8

**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, 37, 38, 40

**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[14, 13]. OLAP-Systeme bieten eine Hochperformante Analyse grosser Datenmengen und sind oftmals zentraler Teil eines Data-Warehouses.. 3, 7

**Oracle Linux** Oracle Linux ist eine RHEL-Distribution der Firma Oracle und ist mit RHL Binärkompatibel. Sie wird primär für den Betrieb von Oracle Datenbanken verwendet und kommt auf den Oracle Eigenen Appliances ODA und Exadata zum Einsatz. Für den Zweck als DB Plattform kann ein für Oracle Datenbanken optimimierter Kernel verwendet werden. Zu Oracle Linux kann ein kostenpflichtiger Support bezogen werden, allerdings ist die Distribution anders als RHEL auch ohne Lizenz erhältlich.. 20

**Oracle Database** Die erste verfügbare Version der Oracle Datenbank kam im Jahr 1979 mit Version 2 (statt Version 1) heraus, damals allerdings nur mit den Basisfunktionen. Im Laufe der Zeit wuchs der Funktionsumfang sehr stark an, die Grundlage des Client-Server-Designs kam erstmals im Jahr 1985 mit Version auf den Markt und hat sich im Prinzip bis heute gehalten. Mit der mit Version 8/8i 1997 erschienenen Optimizer und mit der Version 9i 2001 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, 8, 39

**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, 8, 9, 13, 14

**PostgreSQL HA Cluster** Der HA Cluster des PostgreSQL Clusters. 18, 29

**PostgreSQL Cluster** Ein PostgreSQL Cluster entspricht einer Instanz bei MS SQL oder einer Container Database wie Oracle.. 17, 18, 39

**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.. 3, 5, 16, 20

**RDBMS** Ein RDBMS ist ein Datenbankmanagementsystem für eine Relationale Datenbank. Relationale Datenbanken sind Tabellenorganisierte Datenmodelle die auf Relationen aufbauen, deren Schematas sich Normalisieren lassen. Dabei müssen Relationale Datenbanken müssen dabei auch Mengenoperationen, Selektion, Projektion und Joins erfüllen um als Relationale Datenbanken zu gelten[9].. 3, 8

**RedHat Enterprise Linux (RHEL)** RHEL wurde in seiner Ursprüglichen 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 aderen Linux Distributionen ab.. 20

**Redis** Redis ist eine Key-Value-orientierte NoSQL In-Memory-Datenbank, dh. die Daten liegen Primär im Memory und nicht auf dem Storage[35]. Redis wurde 2009 zum ersten Mal veröffentlicht.. 7, 8

**Rocky Linux** Rocky Linux basierte auf der offen zugänglichen Linux Distribution CentOS welche RHEL Binärkompatibel war und gilt als inoffizieller Nachfolger von CentOS.. 20

**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[7, 27, 15]. 3, 5, 20, 23, 25

**SIEM** Ein sammelt Daten aus verschiedenen Netzwerkkomponenten oder Geräten von Agents oder Logs. Diese Daten werden permanent analysiert und mit einem definierten Regelwerk gegenübergeprüft. Ziel ist es, verdächtige Events zu erkennen und einem Angriff zuvorzukommen oder ihn möglichst früh zu unterbinden[36].. 3, 20, 23

**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[37, 29]. 7

**Splunk** Splunk ist Big Data Plattform, Monitoring- und Security-Tool in einem[19, 22]. . 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[33].. 7

**Switchover** In einem Maintenance-Fall in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary geplant geswitched.. 18

**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.. 3, 24

**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[34, 18].. 20

**UNIX** Die erste Version von UNIX wurde im Jahr 1969 in den Bell Labs entwickelt und übernahm viele Komponenten aus dem gescheiterten Multics-Projekt. Aus dem Ursprünglichen UNIX entstanden im Laufe der Zeit viele offene und Proprietäre Derivate deren Einfluss weit über die Welt der Informatik reicht.. 3

**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, 20

/

Abbildung 1: Disposition