ibW Höhere Fachschule Südostschweiz

# Diplomarbeit Technik und Wirtschaftsinformatik 2023-2024

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

## Zusammenfassung

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

## Management Summary

Diplomarbeit Michael Graber

# Inhaltsverzeichnis

## Abkürzungen

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

| | |
|---|---|
| DCS | Distributed Configuration Store |
| DQL | Data Query Language |
| DML | Data Manipulation Language |
| ACID | Atomicity, Consistency, Isolation und Durability |

# 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

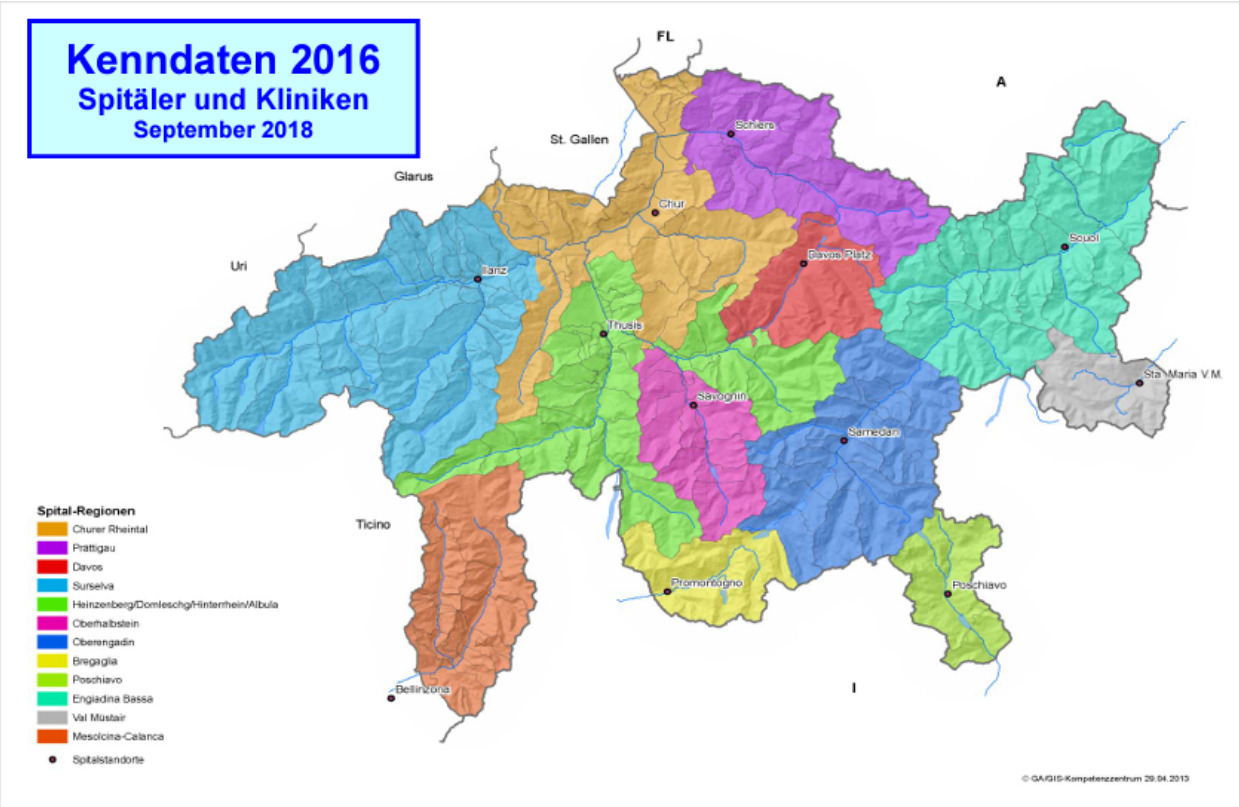



Abbildung 1.1: Spitalregionen Kanton Graubünden[30]

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

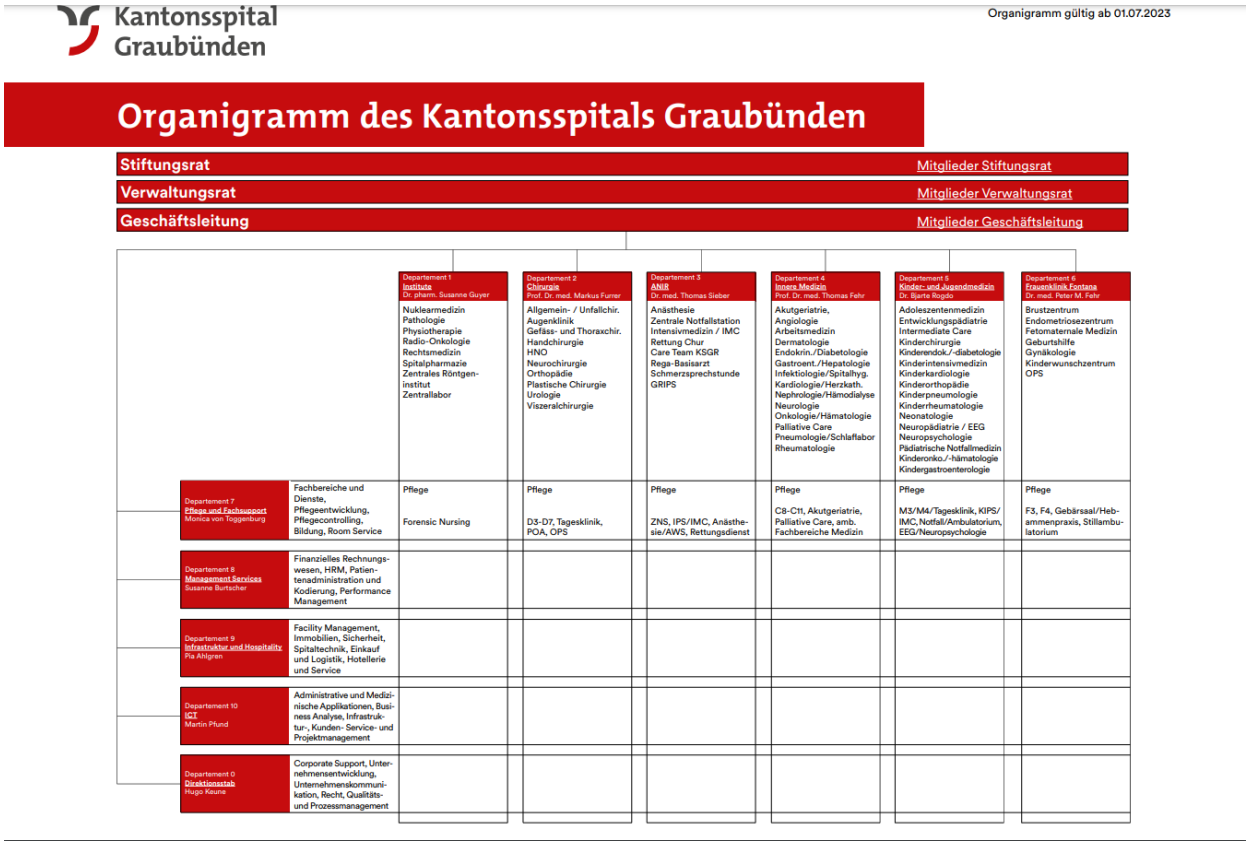

Abbildung 1.2: Wahlkreise Kanton St. Gallen[53]

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.



Kantonsspital Graubünden

Organigramm gültig ab 01.07.2023

## Organigramm des Kantonsspitals Graubünden

| | |
|---|---|
| Stiftungsrat | Mitglieder Stiftungsrat |
| Verwaltungsrat | Mitglieder Verwaltungsrat |
| Geschäftsleitung | Mitglieder Geschäftsleitung |

| | | Departement 1 Institute Dr. pharm. Susanne Guyer | Departement 2 Chirurgie Prof. Dr. med. Markus Furrer | Departement 3 ANIR Dr. med. Thomas Sieber | Departement 4 Innere Medizin Prof. Dr. med. Thomas Fehr | Departement 5 Kinder- und Jugendmedizin Dr. Bjarte Rogde | Departement 6 Frauenklinik Fontana Dr. med. Peter M. Fehr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nuklearmedizin<br>Pathologie<br>Physiotherapie<br>Radio-Onkologie<br>Rechtsmedizin<br>Spitalpharmazie<br>Zentrales Röntgen-institut<br>Zentrallabor | Allgemein- / Unfallchir.<br>Augenklinik<br>Gefäss- und Thoraxchir.<br>Handchirurgie<br>HNO<br>Neurochirurgie<br>Orthopädie<br>Plastische Chirurgie<br>Urologie<br>Viszeralchirurgie | Anästhesie<br>Zentrale Notfallstation<br>Intensivmedizin / IMC<br>Rettung Chur<br>Care Team KSGR<br>Rega-Basisarzt<br>Schmerzsprechstunde<br>GRIPS | Akutgeriatrie,<br>Angiologie<br>Arbeitsmedizin<br>Dermatologie<br>Endokrin./Diabetologie<br>Gastroent./Hepatologie<br>Infektiologie/Spitalhyg.<br>Kardiologie/Herzkath.<br>Nephrologie/Hämodialyse<br>Neurologie<br>Onkologie/Hämatologie<br>Palliative Care<br>Pneumologie/Schlafabor<br>Rheumatologie | Adoleszentenmedizin<br>Entwicklungspädiatrie<br>Intermediate Care<br>Kinderchirurgie<br>Kinderendok./-diabetologie<br>Kinderintensivmedizin<br>Kinderkardiologie<br>Kinderorthopädie<br>Kinderpneumologie<br>Kinderrheumatologie<br>Neonatologie<br>Neuropädiatrie / EEG<br>Neuropsychologie<br>Pädiatrische Notfallmedizin<br>Kinderonko./-hämatologie<br>Kindergastroenterologie | Brustzentrum<br>Endometriosezentrum<br>Fetomaternale Medizin<br>Geburtshilfe<br>Gynäkologie<br>Kinderwunschzentrum<br>OPS |
| Departement 7 Pflege und Fachsupport Monica von Toggenburg | Fachbereiche und Dienste, Pflegeentwicklung, Pflegecontrolling, Bildung, Room Service | Pflege<br><br>Forensic Nursing | Pflege<br><br>D3-D7, Tagesklinik, POA, OPS | Pflege<br><br>ZNS, IPS/IMC, Anästhesie/AWS, Rettungsdienst | Pflege<br><br>C8-C11, Akutgeriatrie, Palliative Care, amb. Fachbereiche Medizin | Pflege<br><br>M3/M4/Tagesklinik, KIPS/IMC, Notfall/Ambulatorium, EEG/Neuropsychologie | Pflege<br><br>F3, F4, Gebärsaal/Hebammenpraxis, Stillambulatorium |
| Departement 8 Management Services Susanne Burtscher | Finanzielles Rechnungswesen, HRM, Patientenadministration und Kodierung, Performance Management | | | | | | |
| Departement 9 Infrastruktur und Hospitality Pia Ahlgren | Facility Management, Immobilien, Sicherheit, Spitaltechnik, Einkauf und Logistik, Hotellerie und Service | | | | | | |
| Departement 10 ICT Martin Pfund | Administrative und Medizinische Applikationen, Business Analyse, Infrastruktur-, Kunden- Service- und Projektmanagement | | | | | | |
| Departement 0 Direktionsstab Hugo Keune | Corporate Support, Unternehmensentwicklung, Unternehmenskommunikation, Recht, Qualitäts- und Prozessmanagement | | | | | | |

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. Entsprechen 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.

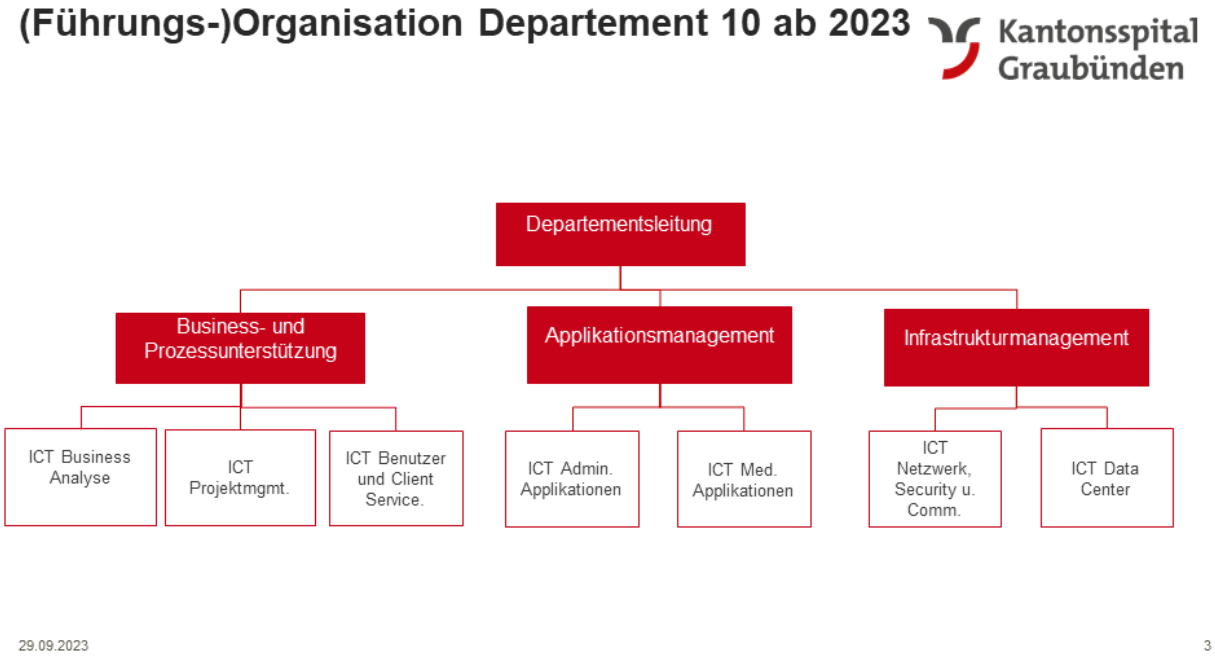



Abbildung 1.5: Organigramm Departement 10 - ICT

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 Ausgangslange

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:

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

Tabelle 1.1: Inventarisierte Datenbanksysteme

Folgende Datenbanksysteme sind demnach im KSGR im Einsatz:

| | RDBMS | Instanz | Datenbanken | Appliance |
|---|---|---|---|---|
| 0 | MariaDB | 2 | 2 | 0 |
| 1 | MongoDB | 2 | 2 | 0 |
| 2 | MySQL | 28 | 50 | 3 |
| 3 | Oracle Database | 27 | 30 | 0 |
| 4 | PostgreSQL | 20 | 20 | 4 |
| 5 | Redis | 1 | 1 | 0 |

Tabelle 1.2: Datenbankinventar

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

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

Tabelle 1.3: Datenbankinventor - Nach Betriebssystemen aufgeschlüsselt

Die Kernsysteme des Spitals werden auf Oracle Datenbanken (Oracle Database)betrieben, die aktuell auf einer HP-UX betrieben werden. Stand heute gibt es kein Clustersystem für die Open-Source Datenbanken wie MariaDB/MySQL oder PostgreSQL.
Durch die Einführung von Kubernetes als Containerplattform wird der Bedarf an PostgreSQL Datenbanken immer grösser. Es werden in naher Zukunft auch verschiedene Oracle Datenbanken sowie MySQL Datenbanken auf PostgreSQL migriert werden.
Aktuell werden die Daten des Zabbix 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 | | | | | | Abschätzung | | Behandlung | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Massnahmen | Zielwert | | |
| ID | Schutzziel | Referenz BSI 200-3 | Risiko | Beschreibung / Ursache | Auswirkung | WS | SM | ergreifen? | WS | SM | Massnahme |
| 1 | I | G0.22 | Manipulation von Informationen | Durch veraltete Systeme die zudem unterschiedlich gut gehärtet und gesichert sind (z.B. durch Verschlüsselung des Verkehrs oder der Daten auf dem Storage), besteht das Risiko das Daten manipuliert werden | 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.<br>Redundanzen einführen |
| 2 | A | G0.25 | Ausfall von Geräten oder Systemen | Manche Datenbanken und deren Betriebssysteme sind sehr alt und sehr lange im Einsatz.<br>Einige dieser Systeme sind schon so alt, das keine Hotfixes, Patches und Updates mehr erhältlich sind.<br>Hierdurch entsteht das Risiko, das Systeme Ausfallen | Sofern keine HA-Architektur aufgebaut wurde, ist die Verfügbarkeit ernsthaft gefährdet resp. die Applikation steht nicht mehr zur Verfügung. | 4 | 4 | Ja | 2 | 2 | Redundanzen einführen |
| 3 | C, I, A | G0.26 | Fehlfunktion von Geräten oder Systemen | Manche Datenbanken und deren Betriebssysteme sind sehr alt und sehr lange im Einsatz.<br>Einige dieser Systeme sind schon so alt, das keine Hotfixes, Patches und Updates mehr erhältlich sind.<br>Hierdurch entsteht das Risiko, das Systeme Fehlfunktionen erleiden.<br><br>Allerdings versuchen Datenbanksysteme, die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten. | Fehlfunktionen können innerhalb von Datenbanksystemen die Datenkonsistenz verletzen, Daten können verloren gehen oder ungewollt von Dritten und unberechtigten Personen eingesehen werden. Systeme könnten nicht mehr oder nur noch eingeschränkt verfügbar werden.<br><br>Daher sind sowohl Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit gefährdet. | 2 | 4 | Ja | 2 | 2 | Systeme zentralisieren<br>Lifecycle etablieren |
| 4 | C, I, A | G0.27-1 | Ressourcenmangel (personelle Ressourcen) | 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.<br><br>Dadurch bleiben Fehler länger unentdeckt, Hotfixes, Patches, Updates und Upgrades können nicht oder nicht zur richtigen Zeit eingespielt werden.<br><br>Bei einem akuten Problemfall ist nicht garantiert, das die Leute erreichbar sind, die notwendig sind | Die Auswirkungen können vielfältig sein, abhängig davon welcher Aspekt unter dem Ressourcenmangel leidet.<br><br>Grundsätzlich wird aber sowohl die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit gefährdet. | 3 | 3 | Ja | 2 | 3 | Systeme zentralisieren |
| 5 | A | G0.27-2 | Ressourcenmangel (technische Ressourcen) | Kann auftreten wenn Ressorucenwachstum zu spät bemerkt wird. So kann die CPU Usage oder das Memory Usage schnell anwachsen. Auch der Storage eines Betriebssystems kann nicht mehr ausreichend für ein System werden. | Wenn die CPU- und Memory-Usage über einen gewissen Schwellwert geht, fängt das Betriebssystem an zu Priorisieren. Dies wird primär der Endanwender in form von Performance Einbussen bemerken. Im schlimmsten Fall steht eine Anwendung nicht mehr zur Verfügung.<br><br>Gefährlicher sind Storage Overflows, besonders wenn die Datenbank nicht mehr alle Informationen schreiben konnte, die sie für einen korrekten Neustart benötigte. | 2 | 2 | Ja | 1 | 2 | Monitoring verschärfen |
| 6 | C, I, A | G0.31 | Fehlerhafte Nutzung oder Administration von Geräten und Systemen | Durch die Vielfalt an Datenbankversionen und Betriebssystemen und Plattformen worauf diese betrieben werden, besteht allen voran das Risiko einer Fehlerhafter Administration und Konfiguration. | Doch die folgen bleiben nichtsdesto trotz 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.<br><br>Daraus erschliesst sich das auch bei diesem Risiko die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit gefährdet ist. | 4 | 3 | Ja | 2 | 3 | Systeme zentralisieren |
| 7 | C, I, A | G0.32 | Missbrauch von Berechtigungen | Obwohl das Microsoft Active Directory die Zentrale Benutzerverwaltung ist, sind die wenigsten Datenbanken an dieses angeschlossen. Hinzu kommt der umstand, das in der Vergangenheit jeder Softwarelieferant sein eigenes Benutzerkonzept mitgebracht hat, auch bei den Datenbankzugängen.<br><br>Multipliziert mit der Anzahl der unterschiedlichsten Datenbanken, Betriebssystemen und Applikationen entsteht das Risiko, das Berechtigungen Wissendlich oder Unwissendlich missbraucht werden. Verschiedene Datenbanken sind Standalone Cluster (Instanzen) welche über keinen Failover-Mechanismus verfügen. | 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<br><br>Übergreifendes Berechtigungskonzept einführen<br>Monitoring der Zugriffe |
| 8 | A, I | G0.45 | Datenverlust | Zudem wurden die meisten Datenbanken nur mittels Snapshots oder einem Filesystem Backup gesichert, nicht über eine eigentliche Sicherung mittels WAL. Gerade die fehlende WAL-Archivierung führt im Backupfall dazu, das alle Transaktionen die zwischen dem letzten Backup nicht mehr vorhanden sind.<br><br>Hinzu kommt, das für die meisten Datenbanken hohe Sicherungsintervalle von einmal pro Stunde oder gar nur einmal am Tag gewählt wurde.<br><br>Ein weiterer Aspekt des Risikos besteht in der tatsache, das aufgrund der grossen Anzahl Datenbanken und deren Heterogenität nur wenige Backups auch wirklich regelmässig geprüft werden. | Aus dem Risiko ergeben sich zwei Auswirkungen, die aber beide ein hohes Mass an Schaden verursachen können.<br><br>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<br>Einheitliches Backupkonzept<br>Regelmässige Restore-Tests |

Tabelle 1.4: Risiko-Matrix aktuelle Situation PostgreSQL Datenbanken

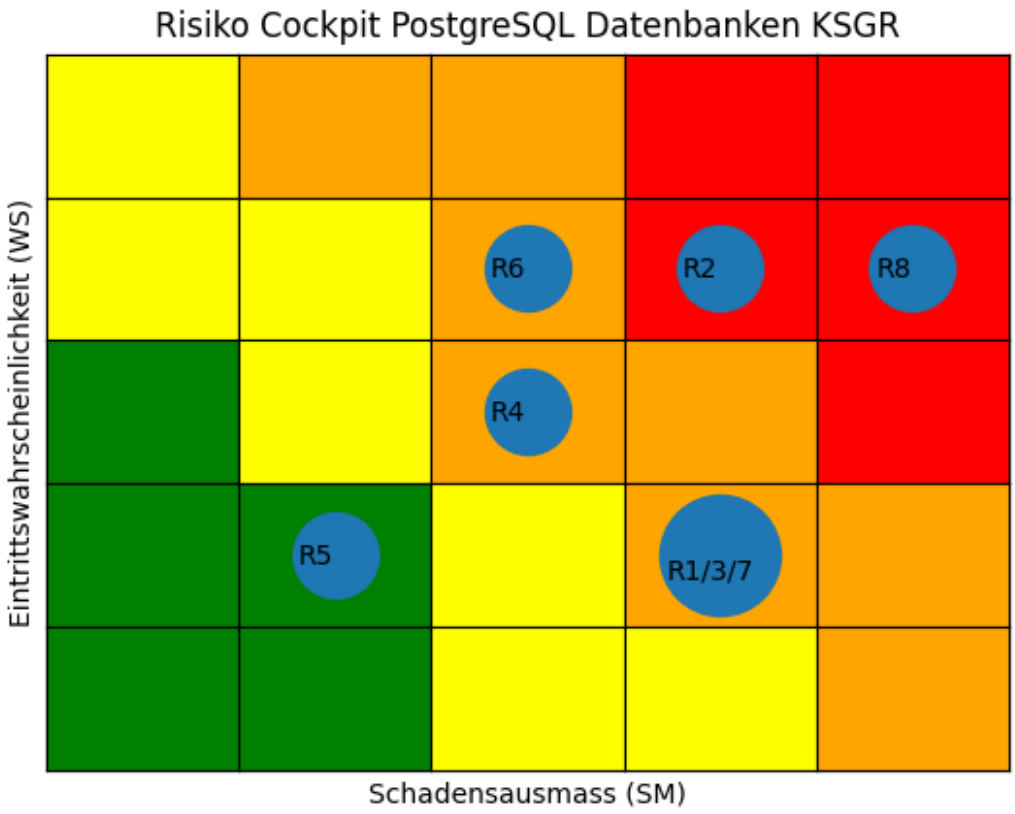



Abbildung 1.6: Risiken bestehende Lösung

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:

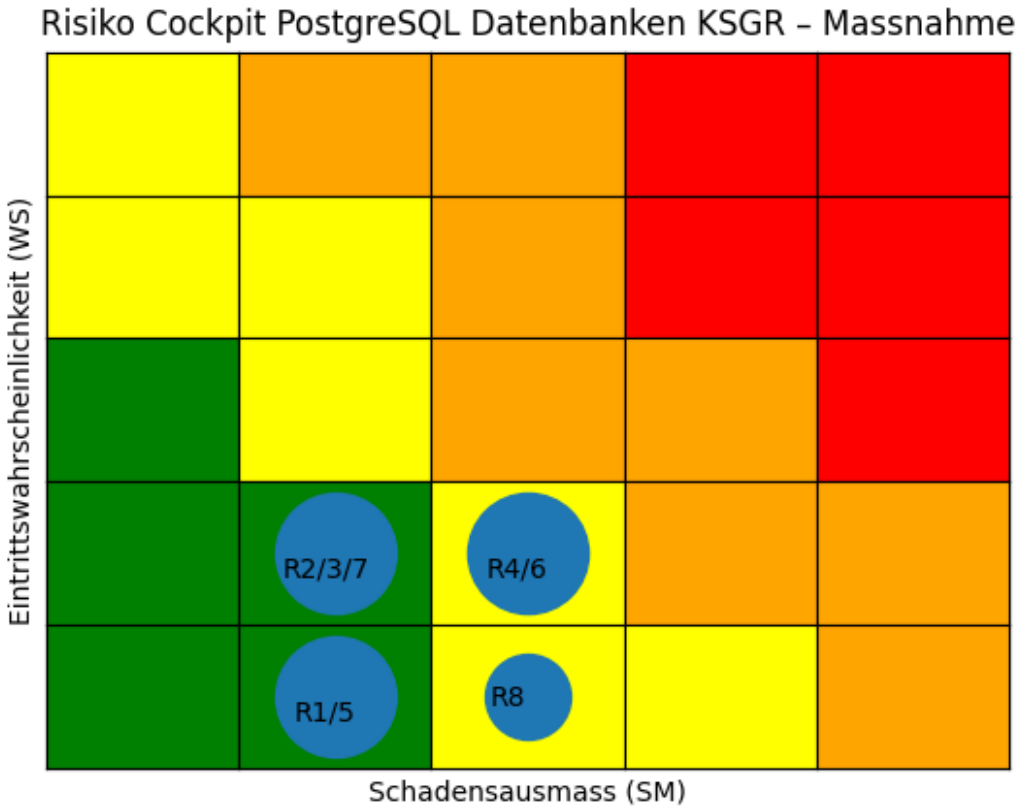



Abbildung 1.7: Risiken bestehende Lösung mit Massnahmen

## 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. | Hoch |
| 2 | Failover Restore | Nach einem Failover muss der DB-Node wieder vom Standby-Node auf den Primären Node zurückgesetzt werden.<br>Dabei darf es zu keinem Datenverlust kommen, also alle Daten die auf dem Standby-Node erfasst wurden,<br>müssen auf den Primären DB-Node zurückgeschrieben werden beim Failover Restore | Hoch |
| 3 | Filesystem Management | Die Datenmenge von Datenbanken wachsen in der Regel beständig.<br>Die Belegung von Tablespaces und Filesystem muss deshalb Überwacht und ggf. erweitert werden.<br>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.<br>Zum Beispiel ob es zu verzögerungen bei der Replikation kommt oder die Tablespaces genügend Platz haben.<br>Dazu gehört auch das Überwachen des Logs und entsprechende Schritte im Fehlerfall. | Mittel |
| 5 | Statistiken / Cleanup Jobs justieren | PostgreSQL sammelt Statistiken um SQL Queries optimaler ausführen zu können.<br>Zudem wird im Rahmen des gleichen Sheduled Tasks ein Cleanup Vorgenommen,<br>so dass z.B. gelöschte Datensätze den Disk Space nicht sinnlos belegen.<br>Die Konfiguration dieser Jobs muss an der Metrik der Datenbank angepasst werden,<br>weil gewisse Tasks dann entweder viel zu oft oder viel zu wenig bis gar nicht mehr ausgeführt werden. | Mittel |
| 6 | SQL optimierungen | In PostgreSQL können inperfomante SQL Statements ausgelesen werden und zum Teil werden auch informationen zum Tuning geliefert[18].<br>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 aufgebläht haben oder ob Locks vorhanden sind[2].<br>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,<br>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.<br>Dies richtet sich nach den Bedürfnis der Kunden resp. deren Applikationen. | Tief |
| 10 | User Management | Die Zugriffe der User müssen Überwacht, angepasst, erfasst oder gesperrt werden.<br>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,<br>muss automatisch auf den Primären DB-Node zurückgesetzt werden. | 1 | Muss | |
| 3 | Filesystem Management | Hoch | Das Filesystem muss beim erreichen von 95% Usage automatisiert vergrössert werden.<br>Die Vergrösserung muss anhand der Wachstumsrate (die mittels Linux Commands zu ermitteln ist),<br>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<br>das Configfile postgresql.conf automatisch angepasst werden | 2 | Muss | |
| 6 | SQL optimierungen | Tief | Es gibt SQL Abfragen, mit dem fehlende Indizes ermittelt werden können.<br>Diese Indizes sollen automatisiert erstellt werden.<br>Im gleichen Zug sollen aber auch Indizes, welche nicht verwendet werden, entfernt werden.<br>Sie tragen nicht nur nichts zu performanteren Abfragen bei<br>sondern beziehen unnötige Ressourcen bei Datenmanipulationen[18]. | 2 | Kann | |
| 7 | Health Checks und Aktionen (Maintenance) | Hoch | Tabellen und Indizes können sich aufblähen (bloaded table / bloaded index)<br>Ist ein Index aufgebläht, kann dies mittels eines REINDEX<br>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 evaluirt 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 evaluirt werden.<br>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.<br>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, bloaded Tables),<br>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<br>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 bloaded 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 | Hoch |
| 13 | Testziele | Folgende Testziele müssen erreicht werden:<br>1. Der PostgreSQL Cluster muss immer Lauffähig sein solange noch ein Node up ist, unabhängig davon welche Nodes des PostgreSQL HA Clusters down ist<br>2. Ein Switchover auf alle Secondary Nodes muss möglich sein<br>3. Der Fallback auf den Primary Node muss Erfolgreich sein, unabhängig davon ob ein Failover oder Switchover stattgefunden hat<br>4. Das Timeout bei einem Failover / Switchover muss unterhalb der Default Timeouts der Applikationen GitLab und Harbor liegen.<br>5. Das Replay Lag zwischen Primary und Secondary darf beim Initialen Start nicht über eine Minute dauern oder 1KiB nicht überschreiten | Hoch |

Tabelle 1.7: Ziele

## 1.3 Abgrenzungen

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

| | Produkt | Beschreibung |
|---|---|---|
| Storage | HPE 3PAR 8450 SAN Storage System | |
| Virtualisierungsplattform | VMware® vSphere® | |
| Primäres Backupsystem | VEEAM Backup System | |
| Provisioning / lifecycle management system | Foreman | Ist zurzeit nur für Linux angedacht |
| Primäre Linux Distribution | Debian | |
| Sekundäre Linux Distributionen | Rocky Linux<br>Oracle Linux<br>RedHat Enterprise Linux (RedHat Enterpise Linux (RHEL)) | RedHat Enterprise Linux (RedHat Enterpise 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.<br>Produkt zurzeit nicht definiert |
| Usermanagement | Microsoft Active Directory | |

Tabelle 1.8: Gegebene Systeme

Daraus ergeben sich nach nach Züst, Troxler 2002[65] folgende Abgrenzungen:

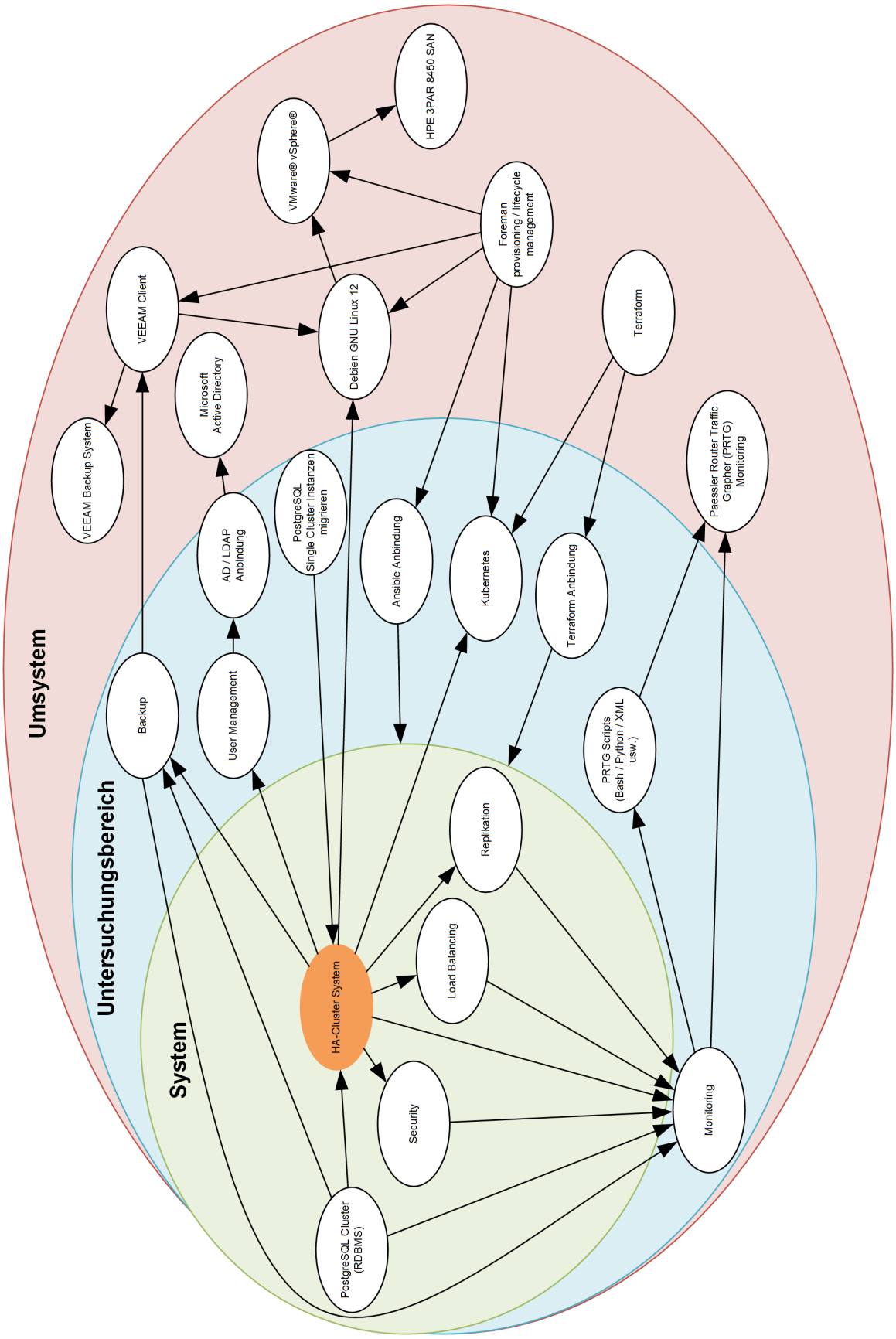



Abbildung 1.8: Systemabgrenzung

## 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 dass 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 Teils Sicherungen mehr von Konfigurationsfiles, Scripts usw. |
| 6 | PKI | Key Management | Es braucht einen PKI um Keys und Zertifikate handeln zu können | Bestehender PKI wird abgelöst. Ablösungsprojekt in der Initialisierungsphase. Bestehender PKI nicht für Zertifikate im Einsatz | Es steht kein moderner PKI im Einsatz. | Zertifikate können aus Zeitgründen nicht in der Evaluationsphase eingesetzt werden. Für die Testphase müssen Zertifikate manuell ausgestellt werden. |

Tabelle 1.9: Abhängigkeiten

## 1.5 Risikomanagement

Aus den Abhängigkeiten heraus wurden folgende Risiken identifiziert:

| Identifikation | | | | Abschätzung | | Behandlung | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Massnahmen ergreifen? | Zielwert | | Massnahme |
| ID | Risiko | Beschreibung / Ursache | Auswirkung | WS | SM | | 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 Selbstorganisation | Selbstmanagement und Organisation ist nicht meine Stärke | Das Projekt verzettelt sich, Zeit geht verloren. Auch eine folge könnte der Scope Verlust sein | 3 | 3 | Ja | 2 | 2 | Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen |
| 5 | Scope verlust während des Projekts | Der Scope kann während des Projekts verloren gehen | Verzettelung und Zeitverlust bis hin zu scheitern | 3 | 4 | Ja | 2 | 3 | Ziele klar definieren |
| 6 | Scope Creep | Der Umfang kann stark steigen wenn Ziele nicht genau genug definiert wurden | Zeitverlust bis hin zu scheitern des Projekts | 3 | 4 | Ja | 3 | 3 | Ziele SMART definieren |
| 7 | SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit | Die öffentliche Ausschreibung für die neue / Log Plattform wurde erst am 23.10.2023 veröffentlicht. Bis zur Implementation kann noch Zeit vergehen. | Logs müssen länger auf dem System selber vorgehalten werden. Zudem müssen ggf. eigene Massnahmen zum Auslesen von Logs getroffen werden | 4 | 1 | Nein | | | |
| 8 | Foreman nicht betriebsbereit | Die Foreman Provisioning- und Lifecycle Plattform befindet sich aktuell erst in der Proof of Concept Phase. Dadurch besteht das Risiko, dass sie nicht betriebsbereit zum Start der Diplomarbeit ist | Ms müssen von Hand provisioniert werden. Dies bedeutet einen massiven Mehraufwand und verzögert ggf. die Evaluationsphase und mit sicherheit die Installationsphase | 3 | 5 | Ja | 3 | 4 | Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten. |

Tabelle 1.10: Risiko-Matrix der Diplomarbeit



Daraus ergibt sich folgende Risikomatrix

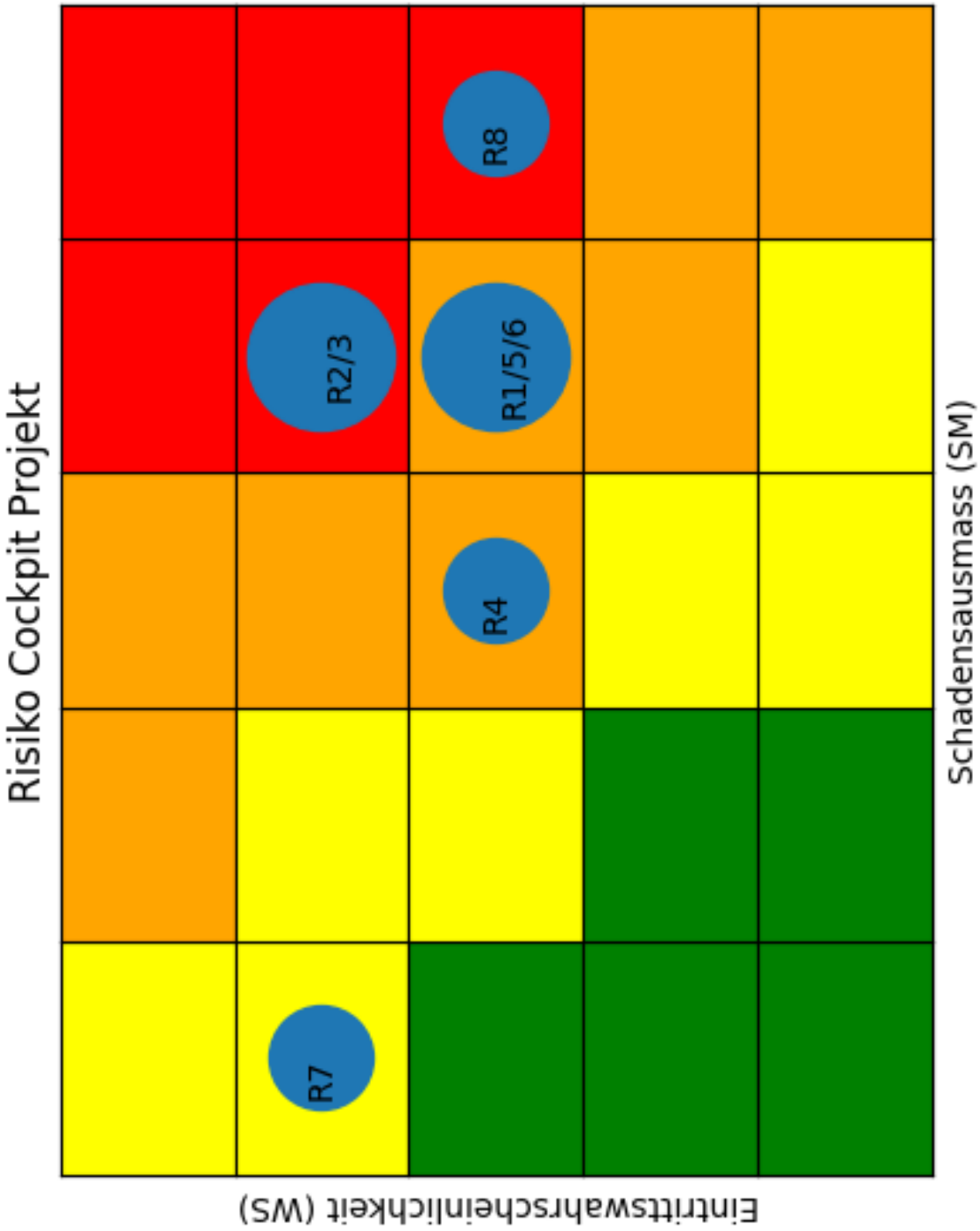



Abbildung 1.9: Projektrisiken

Mit den entsprechenden Massnahmen können die Risiken gesenkt werden:

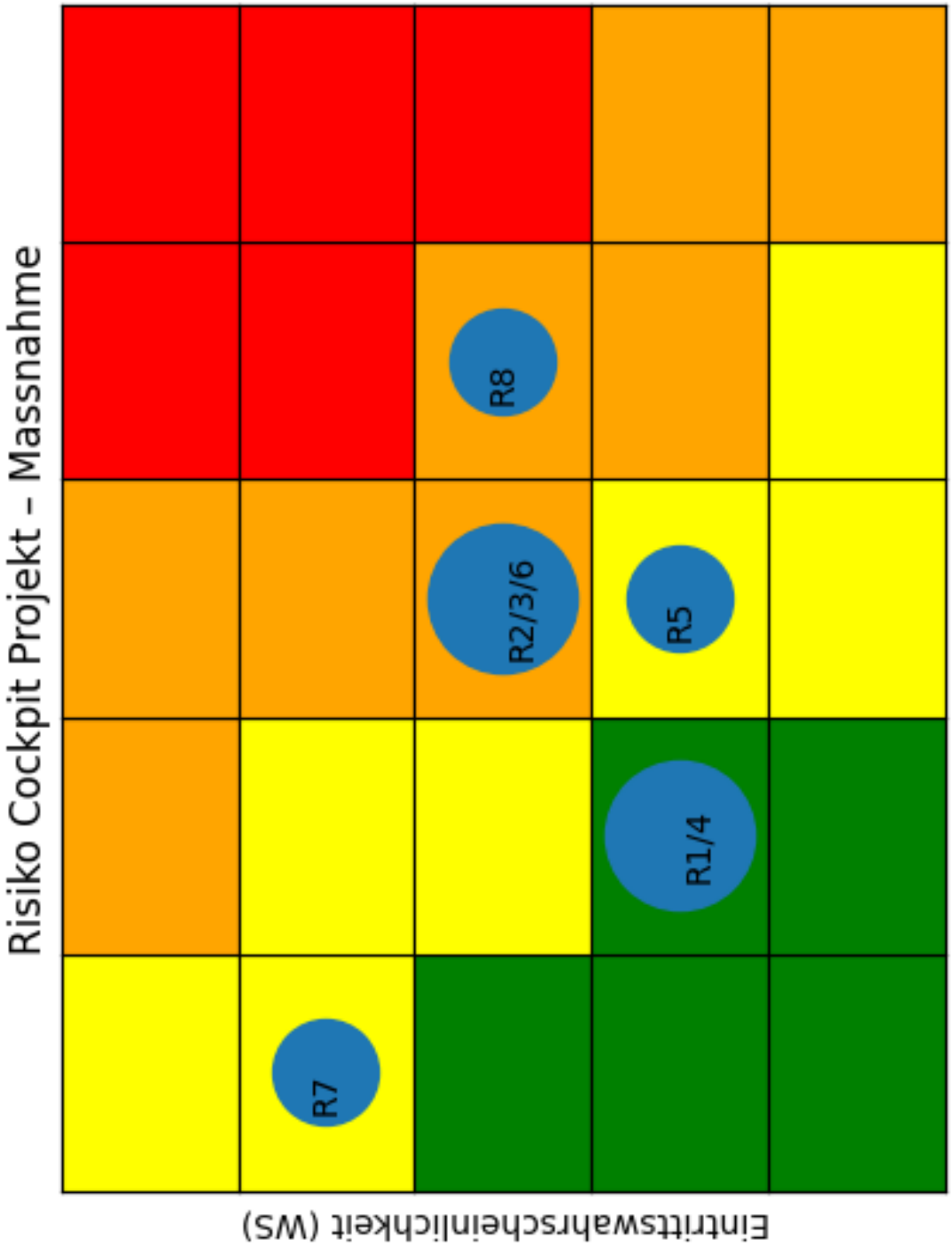



Abbildung 1.10: Projektrisiken mit Massnahmen

## 1.6 Vorgehensweise und Methoden

## 1.7 Projektmanagement

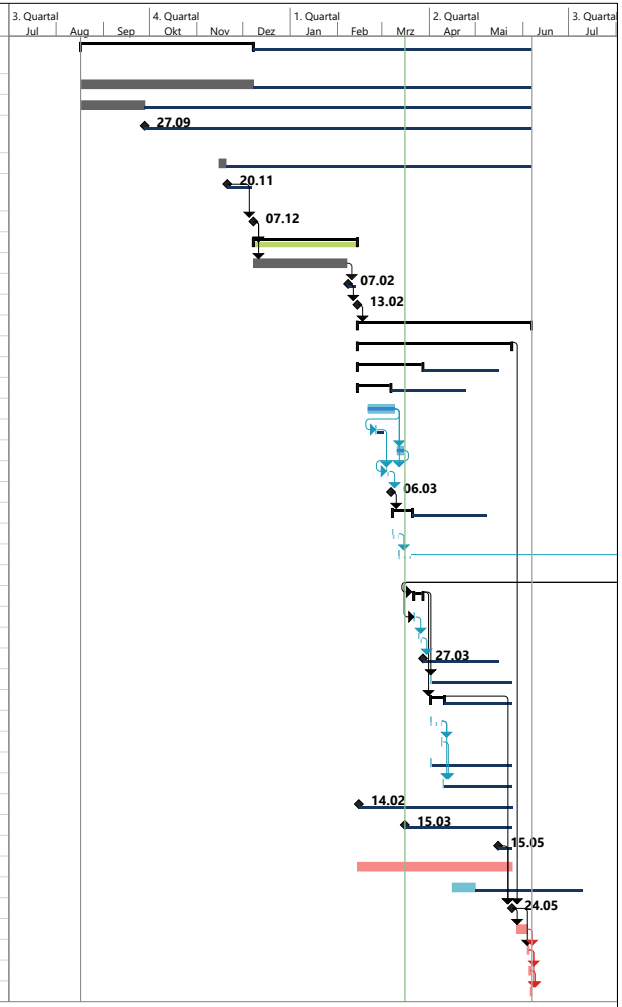
### 1.7.1 Projektcontrolling

| | Phase | Subphase | Dauer [h] | Geplante Dauer [h] | Verbleibende Zeit [h] |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Dokumentation | - | 13.8 | 80 | 66.2 |
| 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

### 1.7.2 GANTT-Diagramm

| Nr. | | Vorgangsm | Vorgangsname | Dauer | Vorgänger | Meilenstein | Anfang | Ende | Ist-Anfang | Ist-Ende | Geplante Arbeit | Geleistete Arbeit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | **Phase I: Themenerarbeitung- und eingabe** | **81 Tage** | | **Nein** | **Don 17.08.23** | **Don 07.12.23** | **Don 17.08.23** | **NV** | **48 Std.** | |
| 2 | | | Einführung Diplomarbeit | 81 Tage | | Nein | Don 17.08.23 | Don 07.12.23 | Don 17.08.23 | NV | 20 Std. | |
| 3 | | | Ideensammlung | 30 Tage | | Nein | Don 17.08.23 | Mit 27.09.23 | NV | NV | 8 Std. | |
| 4 | | | Abgabe Ideensammlung | 1 Tag | | Ja | Mit 27.09.23 | Mit 27.09.23 | NV | NV | 0 Std. | |
| 5 | | | Disposition erstellen | 2.5 Tage | | Nein | Mit 15.11.23 | Son 19.11.23 | NV | NV | 20 Std. | |
| 6 | | | Abgabe Disposition | 1 Tag | | Ja | Mon 20.11.23 | Mon 20.11.23 | NV | NV | 0 Std. | |
| 7 | | | Bewilligung Disposition durch FV | 1 Tag | 6 | Ja | Don 07.12.23 | Don 07.12.23 | NV | NV | 8 Std. | |
| 8 | | | **Phase II: Vorarbeitungsarbeiten** | **48 Tage** | **7** | **Nein** | **Fre 08.12.23** | **Die 13.02.24** | **NV** | **NV** | **25 Std.** | |
| 9 | | | Vorebereitungsmassnahmen | 43 Tage | 7 | Nein | Fre 08.12.23 | Die 06.02.24 | NV | NV | 20 Std. | |
| 10 | | | Abgabe Statusbericht | 1 Tag | 9 | Ja | Mit 07.02.24 | Mit 07.02.24 | NV | NV | 1 Std. | |
| 11 | | | Vernissage | 1 Tag? | 10 | Ja | Die 13.02.24 | Die 13.02.24 | NV | NV | 4 Std. | |
| 12 | | | **Phase III: Hauptarbeiten** | **64.75 Tage?** | **11** | **Nein** | **Mit 14.02.24** | **Don 06.06.24** | **NV** | **NV** | **0 Std.** | |
| 13 | | | **Haupteil Diplomarbeit** | **55.75 Tage?** | | **Nein** | **Mit 14.02.24** | **Fre 24.05.24** | **NV** | **NV** | **200 Std.** | |
| 14 | | | **Umsetzung** | **25 Tage?** | | **Nein** | **Mit 14.02.24** | **Mit 27.03.24** | **NV** | **NV** | **0 Std.** | |
| 15 | | | **Evaluation** | **13 Tage?** | | **Nein** | **Mit 14.02.24** | **Mit 06.03.24** | **NV** | **NV** | **0 Std.** | |
| 16 | ✓ | | Anforderungskatalog | 10 Tage | | Nein | Mit 21.02.24 | Fre 08.03.24 | Mit 21.02.24 | Fre 08.03.24 | 16 Std. | 4.5 |
| 17 | | | Vorbereitung Benchmarking | 1 Tag | 16 | Nein | Mon 26.02.24 | Mon 26.02.24 | NV | NV | 4 Std. | |
| 18 | ✓ | | Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen | 4 Tage | 16 | Nein | Mon 11.03.24 | Don 14.03.24 | Mon 11.03.24 | Don 14.03.24 | 16 Std. | 7.5 |
| 19 | | | Gegenüberstellung | 2 Tage | 16;17;18 | Nein | Mon 04.03.24 | Die 05.03.24 | NV | NV | 8 Std. | |
| 20 | | | Variantenentscheid | 1 Tag? | 19 | Ja | Mit 06.03.24 | Mit 06.03.24 | NV | NV | 4 Std. | |
| 21 | | | **Aufbau und Implementation Testsystem** | **8 Tage?** | **20** | **Nein** | **Fre 08.03.24** | **Mit 20.03.24** | **NV** | **NV** | **27 Std.** | |
| 22 | | | Basisinfrastruktur | 2 Tage | | Nein | Fre 08.03.24 | Mon 11.03.24 | NV | NV | 4 Std. | |
| 23 | | | Installation und Konfiguration PostgreSQL HA Cluster | 5 Tage | 22 | Nein | Die 12.03.24 | Die 19.03.24 | NV | NV | 20 Std. | |
| 24 | | | Technical Review | 1 Tag? | 23 | Ja | Mit 20.03.24 | Mon 16.09.24 | NV | NV | 3 Std. | |
| 25 | | | **Testing** | **4 Tage?** | **24** | **Nein** | **Fre 22.03.24** | **Mit 27.03.24** | **NV** | **NV** | **14 Std.** | |
| 26 | | | Testing Testsystem | 1 Tag | 24 | Nein | Fre 22.03.24 | Fre 22.03.24 | NV | NV | 8 Std. | |
| 27 | | | Protokollierung | 2 Tage | 26 | Nein | Mon 25.03.24 | Die 26.03.24 | NV | NV | 4 Std. | |
| 28 | | | Review und Auswertung | 1 Tag? | 27 | Ja | Mit 27.03.24 | Mit 27.03.24 | NV | NV | 2 Std. | |
| 29 | | | Troubleshooting und Lösungsfindung | 1 Tag? | 25 | Nein | Die 02.04.24 | Die 02.04.24 | NV | NV | 8 Std. | |
| 30 | | | **Resultate** | **6 Tage?** | **25** | **Nein** | **Die 02.04.24** | **Mit 10.04.24** | **NV** | **NV** | **7 Std.** | |
| 31 | | | Zielüberprüfung | 4 Tage | | Nein | Die 02.04.24 | Mon 08.04.24 | NV | NV | 2 Std. | |
| 32 | | | Schlussfolgerung | 1 Tag? | 31 | Nein | Die 09.04.24 | Die 09.04.24 | NV | NV | 2 Std. | |
| 33 | | | Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten | 1 Tag? | | Nein | Die 02.04.24 | Die 02.04.24 | NV | NV | 1 Std. | |
| 34 | | | Persönliches Fazit | 1 Tag | 31;32 | Nein | Mit 10.04.24 | Mit 10.04.24 | NV | NV | 2 Std. | |
| 35 | | | 1. Expertengespräch | 1 Tag? | | Ja | Mit 14.02.24 | Mit 14.02.24 | NV | NV | 0 Std. | |
| 36 | | | 2. Expertengespräch | 1 Tag? | | Ja | Fre 15.03.24 | Fre 15.03.24 | NV | NV | 0 Std. | |
| 37 | | | Letztes Expertengespräch | 1 Tag? | | Ja | Mit 15.05.24 | Mit 15.05.24 | NV | NV | 0 Std. | |
| 38 | | | Dokumentation | 55.75 Tage | | Nein | Mit 14.02.24 | Fre 24.05.24 | NV | NV | 80 Std. | 11.2 |
| 39 | | | Puffer | 9 Tage | | Nein | Die 16.04.24 | Die 30.04.24 | NV | NV | 16 Std. | |
| 40 | | | Abgabe Diplomarbeit | 1 Tag? | 13;30;37 | Ja | Fre 24.05.24 | Fre 24.05.24 | NV | NV | 0 Std. | |
| 41 | | | Vorbereitung Präsentation | 5 Tage | 40 | Nein | Die 28.05.24 | Mon 03.06.24 | NV | NV | 20 Std. | |
| 42 | | | Präsentation und Fachgespräch | 1 Tag? | 40;41 | Nein | Die 04.06.24 | Die 04.06.24 | NV | NV | 1 Std. | |
| 43 | | | Diplomausstellung | 1 Tag? | 42 | Nein | Mit 05.06.24 | Mit 05.06.24 | NV | NV | 0 Std. | |
| 44 | | | Diplomfeier | 1 Tag? | 42;43 | Nein | Don 06.06.24 | Don 06.06.24 | NV | NV | 0 Std. | |



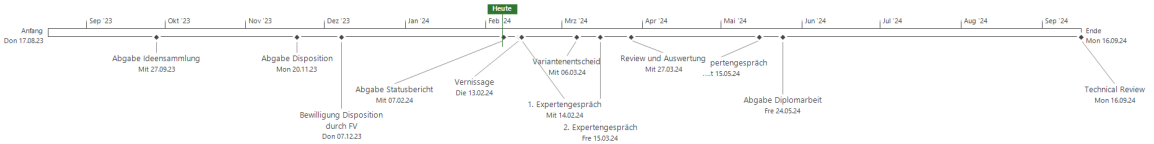

Projekt: Diplomarbeit - Postgre
Datum: Sam 16.03.24

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vorgang | Projektsammelvorgang | Manueller Vorgang | Nur Anfang | Kritisch | Geplanter Meilenstein | Puffer | |
| Unterbrechung | Inaktiver Vorgang | Nur Dauer | Nur Ende | Kritische Unterbrechung | Geplanter Sammelvorgang | | |
| Meilenstein | Inaktiver Meilenstein | Manueller Sammelrollup | Externe Vorgänge | Verspätet | In Arbeit | | |
| Sammelvorgang | Inaktiver Sammelvorgang | Manueller Sammelvorgang | Stichtag | Geplant | Manueller Fortschritt | | |

## 1.8 Status-Reports

### 1.8.1 Initialer Statusbericht

| PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation | | ICT Projektstatusberich | 13.02.2024 |
|---|---|---|---|
| Projektbeschreibung | Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster | Priorität | |
| ICT veratw. Person | Michael Graber | PMA | - |




| Status | Ampel | Tendenz | Begründung |
|---|---|---|---|
| **Gesamtprojekt** | | | |
| Zeitplanung | | | Projekt ist Umfangreich und hat viele Teilaspekte, die es zu planen und berücksichtigen gilt |
| Ressourcen | | | Parallel läuft das Grossprojket Erneuerung HP UX Plattform", wo die bestehende HP-UX Plattform durch eine Oracle Exadata Cloud@Customer Plattform abgelöst wird. Ab dem Zeitpunkt der Lieferung der Hardware werden die Oracle Datenbanken der Kernapplikation auf die neue Plattform migriert. Dies über das gesamte Jahr und auch während der Diplomarbeit sehr viele Ressourcen binden. |
| Kosten | | | Kosten sind noch im Soll-Bereich |

| Tätigkeiten vergangene Berichtsperiode | Tätigkeiten nächste Berichtsperiode |
|---|---|
| - Dokumentenstruktur erstellt | |
| - Projektplanung erstellt | - Anforderungskatalog erarbeiten |
| - Versnissage vorbereitet | - Vorbereitung Benchmarking |
| - Statusbericht erstellt | |

| # nächste Lieferobjekte (inkl. allfällige Links) | | Status | Erledigungsgrad | Soll Datum |
|---|---|---|---|---|
| LO-001 | Anforderungskatalog | in arbeit | 60% | 23.02.2024 |
| LO-002 | Vorbereiten Benchmarking | in arbeit | 0% | 26.02.2024 |
| LO-003 | | | | |
| LO-004 | | | | |
| LO-005 | | | | |

| # Risiken | | Auswirkungsgrad | Massnahmen | Verantw. |
|---|---|---|---|---|
| R-001 | Fehlende Ressourcen | | Organisation und Selbstmanagement | |
| R-002 | HP-UX Ablöseprojekt | | Ressourcen reservieren | |
| R-003 | Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden | | Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren | |
| R-004 | Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstorganisation | | Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen | |

| Kostenübersicht | Abhängigkeiten zu anderen Projekten | Massnahmen |
|---|---|---|
| Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt: | Erneuerung HP UX Plattform 60002201 | Ressourcen reservieren |
| $\frac{100\,\text{CHF}}{\text{h}} * 200\text{h} = 24\,000\,\text{CHF}$ | KSGR Provisioning System (KPS) =>Foreman Umgebung | Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten |

| Bemerkungen / Informationen | Anträge |
|---|---|
| | |

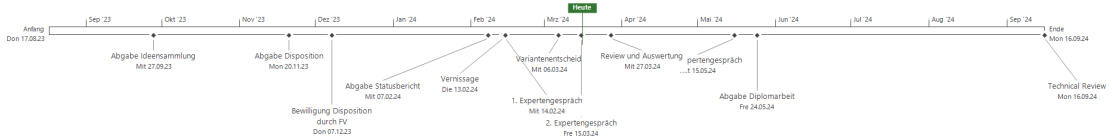
| Eingereicht | Geprüft | Bemerkungen/Auftrag PMO |
|---|---|---|
| PL: | PMO: | |
| Datum: | Datum: | |

| # erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links) |
|---|

Tabelle 1.12: Initialer Statusbericht

### 1.8.2 Zweiter Statusbericht

| PostgreSQL HA Cluster - Konzeption und Implementation | | ICT Projektstatusberich | 18.03.2024 |
|---|---|---|---|
| Projektbeschreibung | Evaluation und Implementation PostgreSQL HA Cluster | Priorität | |
| ICT veratw. Person | Michael Graber | PMA | - |




| Status | Ampel | Tendenz | Begründung |
|---|---|---|---|
| **Gesamtprojekt** | | | |
| Zeitplanung | ◆ | ↓ | In verzug.<br>Grossprojket `Erneuerung HP UX Plattform` nimmt viel Zeit in Anschlag.<br>Hinzu kommt, das die analyse gängiger PostgreSQL HA Lösungen ebenfalls viel Zeit kostet.<br>Dokumentionsaufwand unterschätzt. |
| Ressourcen | ▲ | ↓ | Parallel läuft das Grossprojket `Erneuerung HP UX Plattform`, wo die bestehende HP-UX Plattform durch eine Oracle Exadata Cloud@Customer Plattform abgelöst wird.<br>Ab dem Zeitpunkt der Lieferung der Hardware werden die Oracle Datenbanken der Kernapplikation auf die neue Plattform migriert.<br>Dies über das gesamte Jahr und auch während der Diplomarbeit sehr viele Ressourcen binden. |
| Kosten | ● | → | Kosten sind noch im Soll-Bereich |

| Tätigkeiten vergangene Berichtsperiode | Tätigkeiten nächste Berichtsperiode |
|---|---|
| - Anforderungskatalog erstellt<br>- Parallel dokumentiert | - Analyse der PostgreSQL HA Clusterlösungen abgeschlossen<br>- Benchmarking abgeschlossen<br>- Variantenentscheid getroffen<br>- Basissystem für Testsystem aufgebaut |

| # nächste Lieferobjekte (inkl. allfällige Links) | | Status | Erledigungsgrad | Soll Datum |
|---|---|---|---|---|
| LO-002 | Vorbereiten Benchmarking | offen | | |
| LO-003 | Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen | in Arbeit | | |
| LO-004 | Gegenüberstellung | offen | | |
| LO-005 | Variantenentscheid | offen | | |
| LO-006 | Aufbau Basisinfrakstruktur Testsystem | offen | | |

| # Risiken | | Auswirkungsgrad | Massnahmen | Verantw. |
|---|---|---|---|---|
| R-001 | Fehlende Ressourcen | ● | Organisation und Selbstmanagement | |
| R-002 | HP-UX Ablöseprojekt | ● | Ressourcen reservieren | |
| R-003 | Alte Infrastruktur kann ungeplant sämtliche Ressourcen binden | ● | Monitoring vorgängig ausbauen und Massnahmen definieren | |
| R-004 | Schwächen beim Selbstmanagement und in der Selbstorganisation | ● | Werkzeuge im Vorfeld definieren und bereitstellen | |
| R-005 | Scope verlust während des Projekts | ● | Ziele klar definieren | |
| R-006 | Scope Creep | ● | Ziele SMART definieren | |
| R-007 | SIEM / Log Plattform nicht betriebsbereit | ● | | |
| R-008 | Foreman nicht betriebsbereit | ● | Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten | |

| Kostenübersicht | Abhängigkeiten zu anderen Projekten | Massnahmen |
|---|---|---|
| Verfügbare Finanzen bis Ende Projekt:<br>$100\,\text{CHF}\,\text{h}^{-1} * 200 = 24\,000\,\text{CHF}$ | Erneuerung HP UX Plattform 60002201<br>KSGR Provisioning System (KPS) => Foreman Umgebung | Ressourcen reservieren<br>Massnahmen ergreifen um die manuelle Installation so effizient wie möglich zu gestalten |

| Bemerkungen / Informationen | Anträge |
|---|---|
| | |

| Eingereicht | Geprüft | Bemerkungen/Auftrag PMO |
|---|---|---|
| PL: | PMO: | |
| Datum: | Datum: | |

| # erledigte Lieferobjekte (inkl. allfällige Links) | |
|---|---|
| LO-001 | Anforderungskatalog |

Tabelle 1.13: Zweiter Statusbericht

## 1.9 Expertengespräche

Folgende Expertengespräche fanden statt:

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

Tabelle 1.14: Fachgespräche

Das Protokoll ist im Anhang zu finden.

# 2 Umsetzung

## 2.1 Evaluation

### 2.1.1 Exkurs Architektur

#### 2.1.1.1 ACID

**Atomarität - Atomarität**
Besagt, dass jede Transaktion als separate Einheit behandelt wird.
Entweder die gesamte Transaktion wird ausgeführt und committed oder kein Teil von ihr.

**Consistency - Konsistenz**
Definiertr, dass eine Transaktion einen gültigen Zustand erzeugt oder der alte Zustand wiederhergestellt wird (rollback).

**Isolation - Isolation**
Beschreibt, dass jede Transaktion voneinander isoliert ist und sich weder sehen noch gegenseitig beeinflussen können.

**Durability - Dauerhaftigkeit**
Sagt aus, dass jede Änderung die committed wurde, auch bei einem Systemausfall oder Defekt beständig sein muss.
Daten dürfen zudem nur mittels Transaktionen verändert werden und nicht von aussen.

#### 2.1.1.2 Monolithische vs. verteilte SQL Systeme

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

Nur verteilte Systeme, sogenannte Distributed SQL wiederum sind Cloud Native

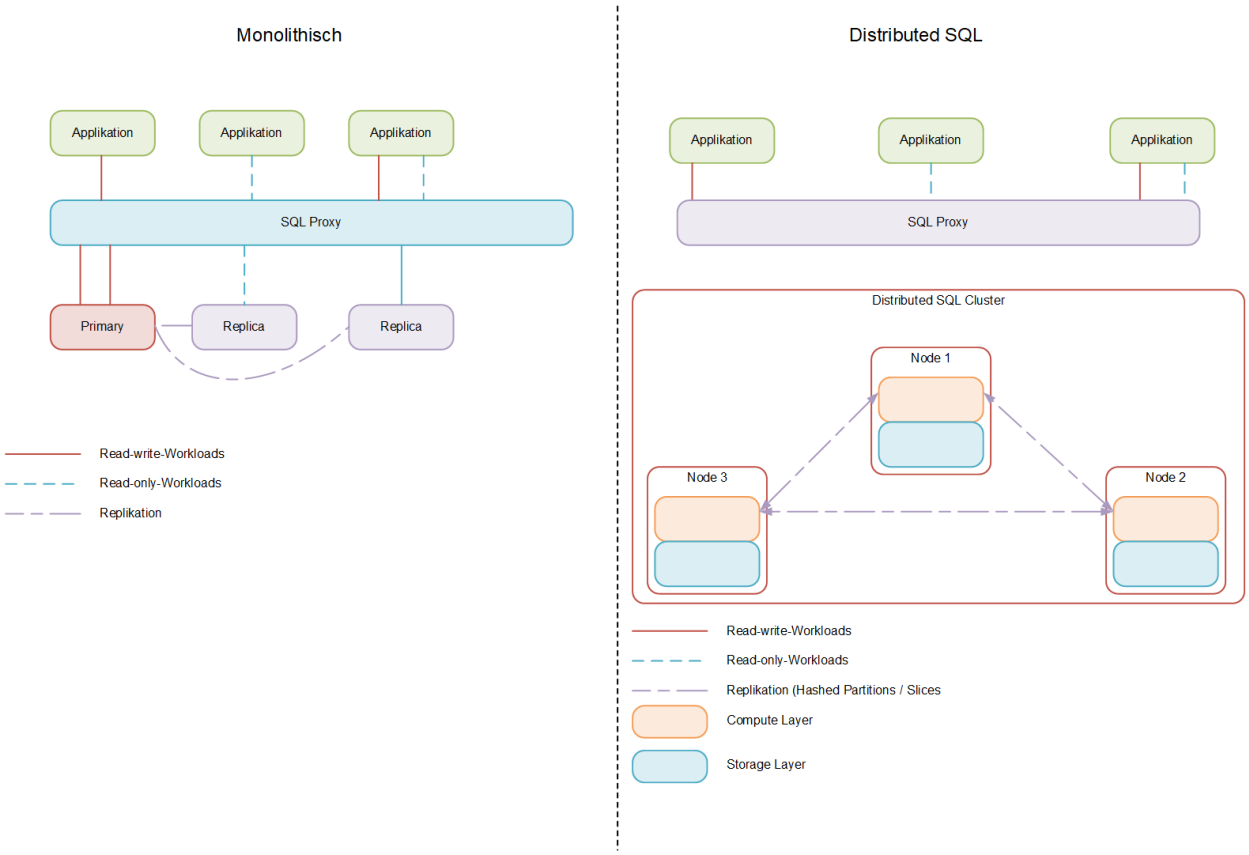



Abbildung 2.1: Monolithische vs. verteilte SQL Systeme

#### 2.1.1.3 High Availability und Replikation

Wenn eine Datenbank HA (High Availability), also Hochverfügbar, sein soll, braucht es eine Primäre und mindestens eine Sekundäre- oder Failover-Datenbank. Um Datenverlust zu vermeiden, müssen die Daten permanent von der Primären auf die sekundäre Datenbank repliziert werden, dies nennt man Replikation[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.

#### 2.1.1.4 Quorum

Ein Quorum-System soll die Integrität und Konsistenz in einem Datenbank-Cluster sicherstellen. Dabei gilt zu beachten, das 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-brainSituation 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

#### 2.1.1.5 CAP Theorem

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

**Konsistenz - Consistency**
Die Datenbank ist Konsistent, alle Clients seher gleichzeitig die gleichen Daten unabhängig auf welchem Node Zugegriffen wird. Hierzu muss eine Replikation der Daten an alle Nodes stattfinden und der Commit zurückgegeben werden, also eine Synchrone Replikation stattfinden.

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

**Ausfalltoleranz / Partitionstoleranz - Partition tolerance**
Der Cluster muss auch dann noch funktionsfähig bleiben, wenn es eine beliebige Anzahl von Verbindungsunterbrüchen oder anderen Netzwerkproblemen zwischen den Nodes gibt.


Abbildung 2.2: CAP-Theorem

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

#### 2.1.1.6 Skalierung

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

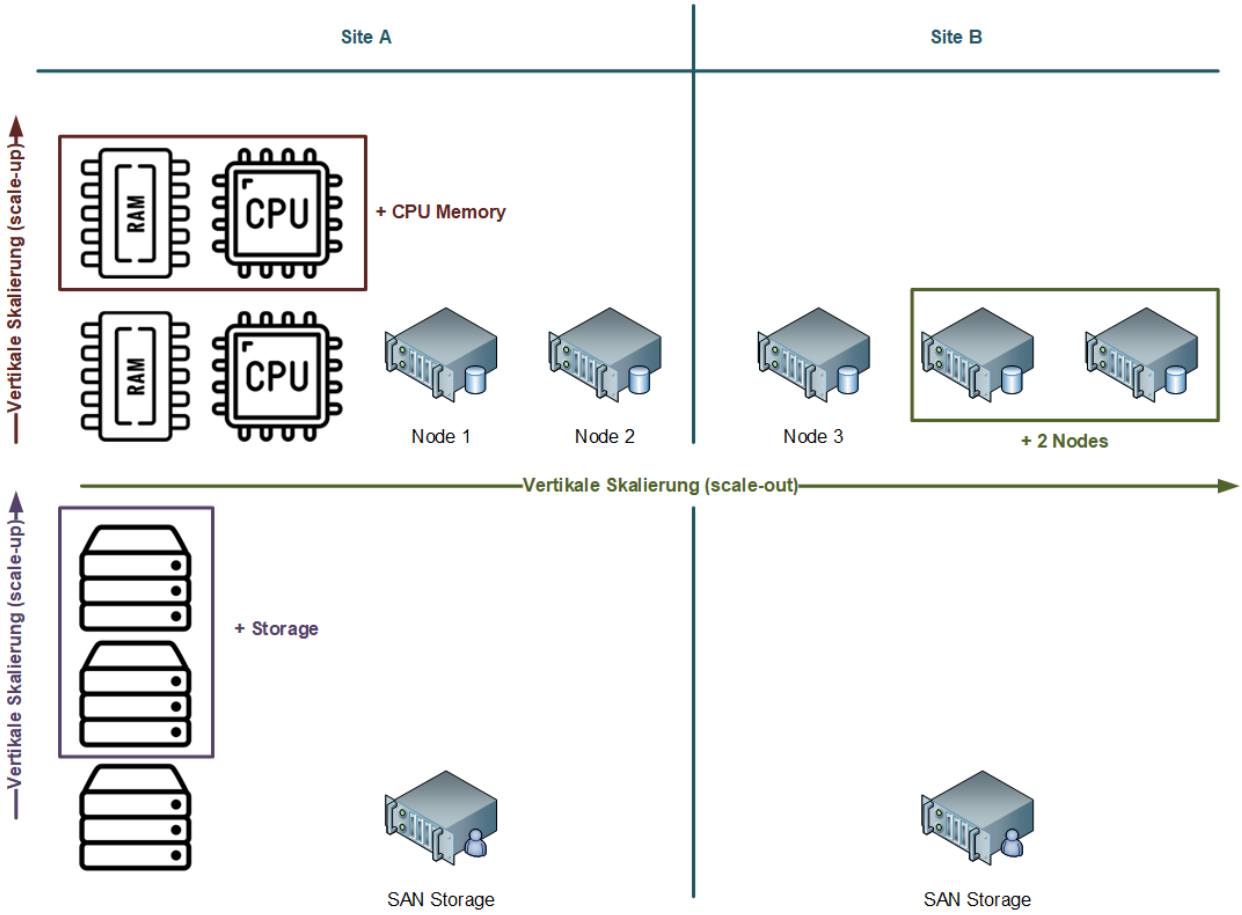



Abbildung 2.3: Datenbankskalierung

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

Tabelle 2.2: Anforderungskatalog

#### 2.1.2.2 Stakeholder

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

Tabelle 2.3: Stakeholder

#### 2.1.2.3 Gewichtung

Die Gewichtung wurde mittels einer Präferenzmatrix ermittelt.
Dabei wurden folgende Anforderungen aus übersichtsgründe in Sub-Matrizen aufgeteilt:

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

Die Grundlegende Gewichtung wurde folgendermassen vorgenommen:

| Gewicht | Nennungen | Rang | Nr. | Ziele | 1 Systemvielfallt | 2 Synergien | 3 Failover | 4 Switchover | 5 Restore | 6 Replikation | 7 Sharding | 8 Quorum | 9 Connection | 10 Management-API | 11 Backup | 12 Housekeeping - Log Rotation | 13 Self Heahling | 14 Monitoring - Node Failure | 15 Maintenance Quality |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 15 | 1 | 1 | Systemvielfallt | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | 7 | 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 Heahling | 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 | 1 Automatismus | 2 Connection-Stabilität |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 3 | 1 | 1 | Automatismus | | |
| 4 | 2 | 2 | 2 | Connection-Stabilität | 1 | |
| 2 | 1 | 3 | 3 | Geschwindigkeit | 1 | 2 |
| 11 | 6 | | | | | |

**Legende**

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.5: Präferenzmatrix - Failover

Beim Switchover wurde die Gewichtung wie folgt aufgeteilt:

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

**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 Skript / API | 2 Datensicherheit | 3 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 | 1 Synchrone Replikation | 2 Failover / Switchover Garant |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 1 | 1 | Synchrone Replikation | | |
| 3 | 2 | 2 | 2 | Failover / Switchover Garantie | 1 | |
| 1 | 1 | 3 | 3 | Throughput | 1 | 2 |
| 8 | 6 | | | | | |

**Legende**

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.8: Präferenzmatrix - Replikation

Das Sharding setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

| Gewicht | Nennungen | Rang | Nr. | Ziele | Datenkonsistenz- und Integr 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 1 | Authentifizierung & Autorisie 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 | 1 | Management-API vorhanden | | |
| 1 | 2 | 1 | 2 | Authentifizierung & Autorisierung | 1 | |
| 1 | 2 | 1 | 3 | Aufwand | 3 | 2 |
| 3 | 6 | | | | | |

**Legende**

Eingabefelder

Zellbezüge

berechnete Felder

Abbildung 2.11: Präferenzmatrix - Management-API

Anforderungen zum Backup wurden nachfolgend aufgeteilt und gewichtet:

| Gewicht | Nennungen | Rang | Nr. | Ziele | Backup mit PostgreSQL Stan 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 |
| 6 | 10 | | | | | | |

**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:

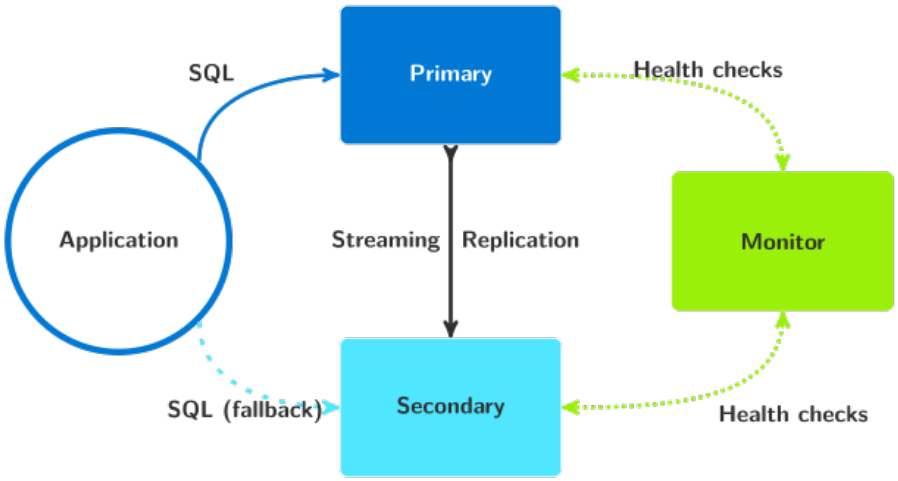



Abbildung 2.14: pg_auto_failover-Architektur - Single Standby

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

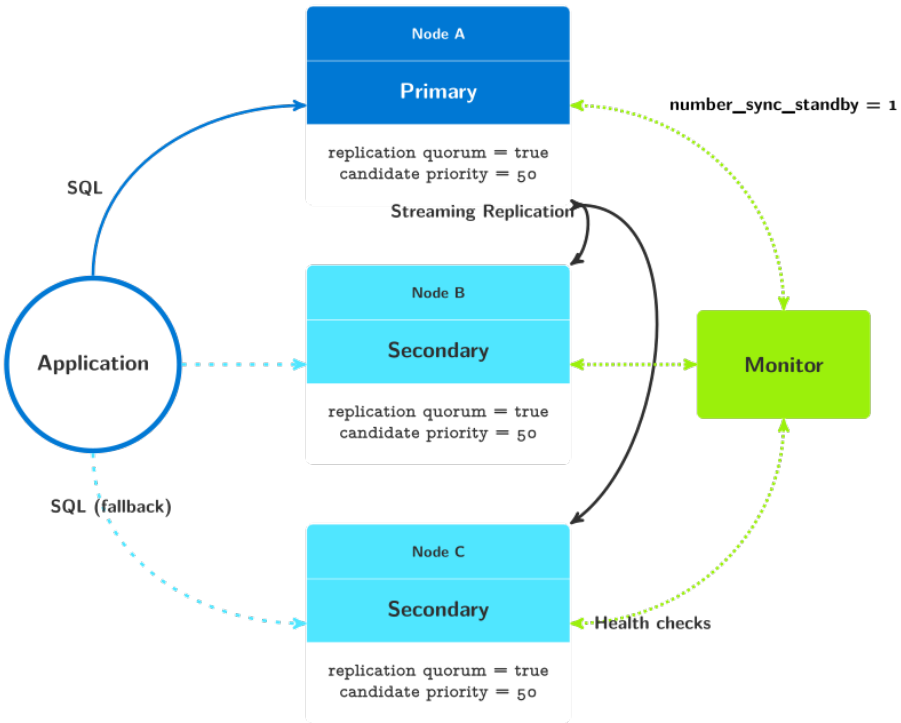



Abbildung 2.15: pg_auto_failover-Architektur - Multi-Node Standby

pg_auto_failover kann Citus einbinden[5]. Allerdings bleibt die Architektur im Kern immer Monolothisch.

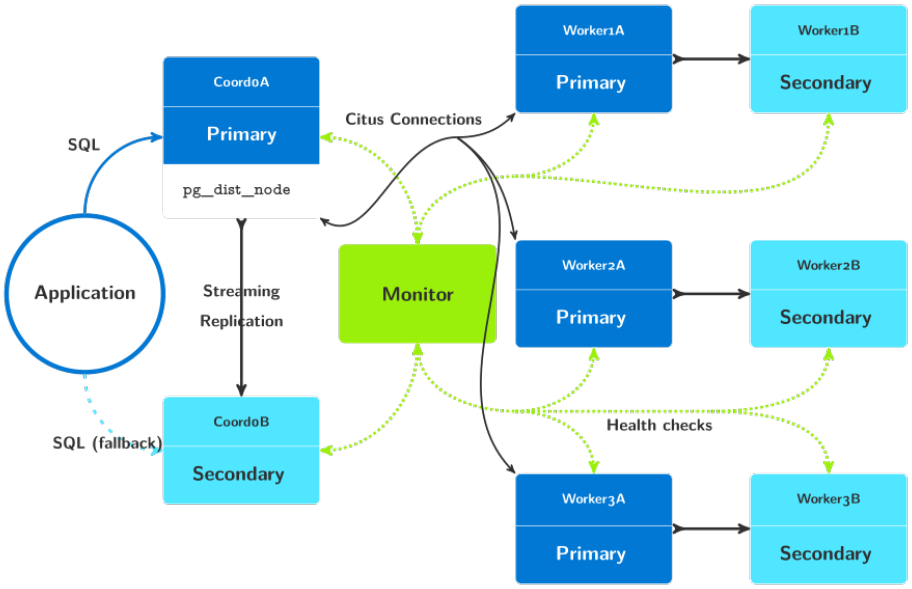



Abbildung 2.16: pg_auto_failover-Architektur - Citus

#### 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:

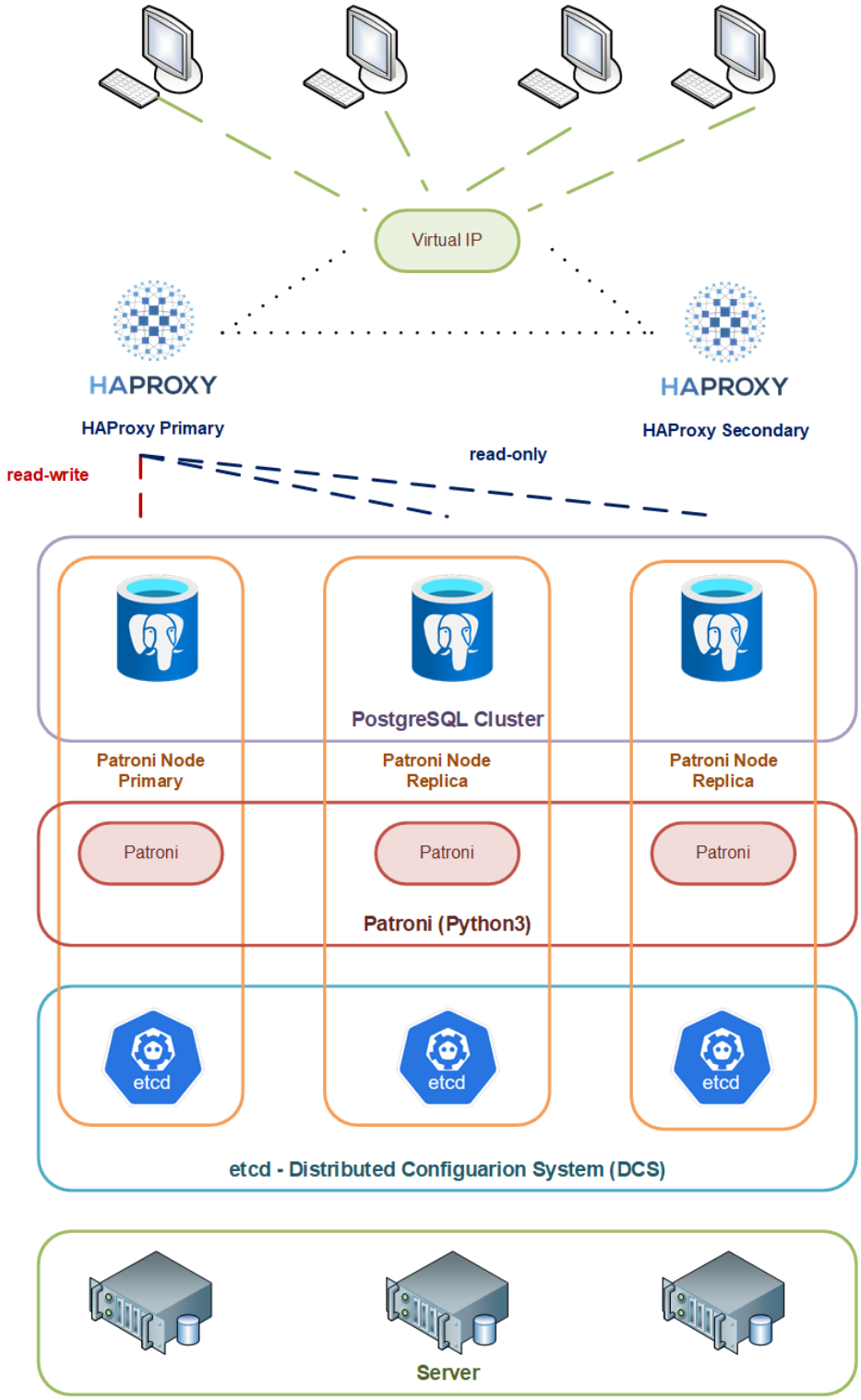



Abbildung 2.17: Patroni-Architektur

#### 2.1.5.5.6 Maintenance

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

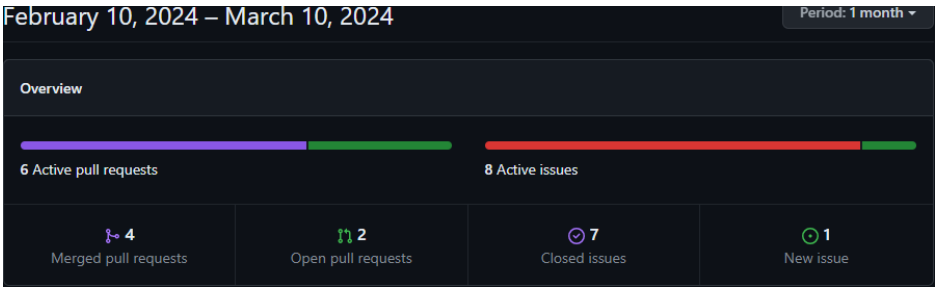



Abbildung 2.18: Patroni - Pulse

Code wird Regelmässig hinzugefügt und entfernt:

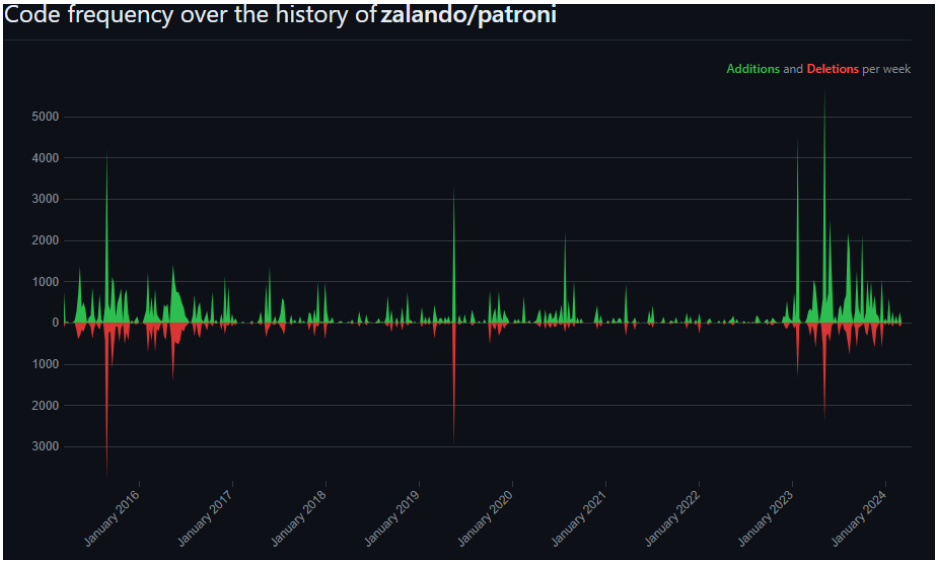



Abbildung 2.19: Patroni - Code Frequency

Das Projekt hält auch die gängigen Standards auf Github ein:

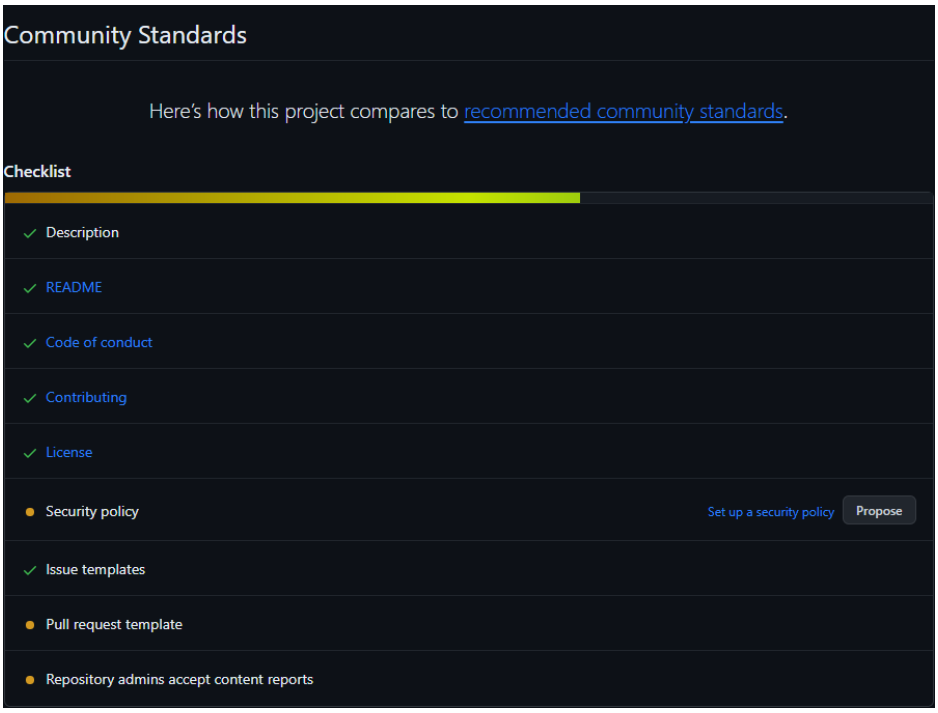



Abbildung 2.20: Patroni - Community Standards

Die Contributors commiten, löschen und erweitern Patroni Regelmässig:

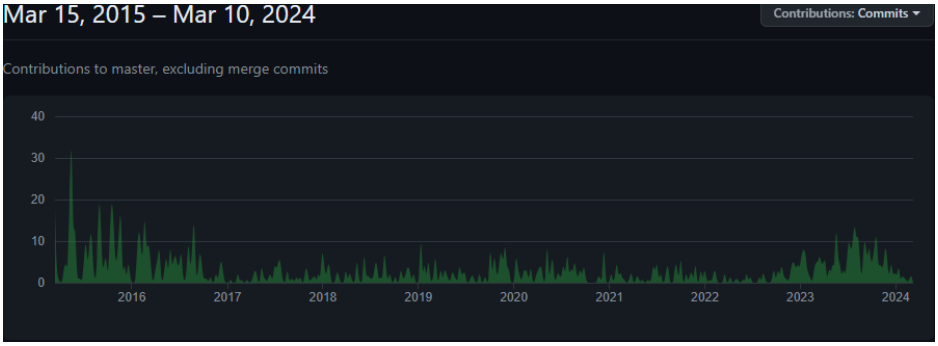



Abbildung 2.21: Patroni - Contributors Commits

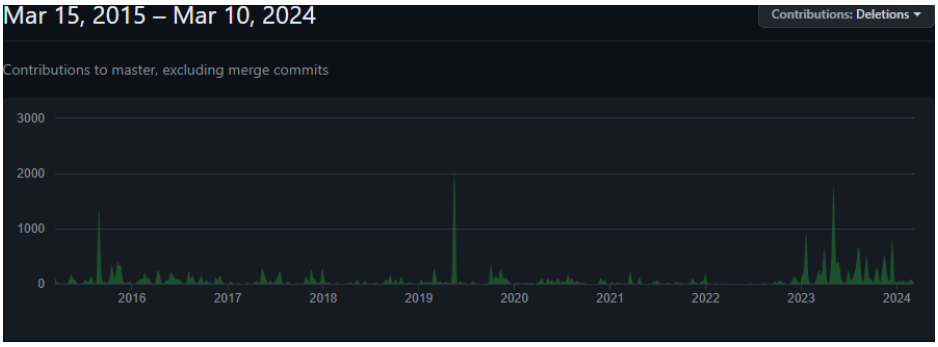



Abbildung 2.22: Patroni - Contributors Deletations

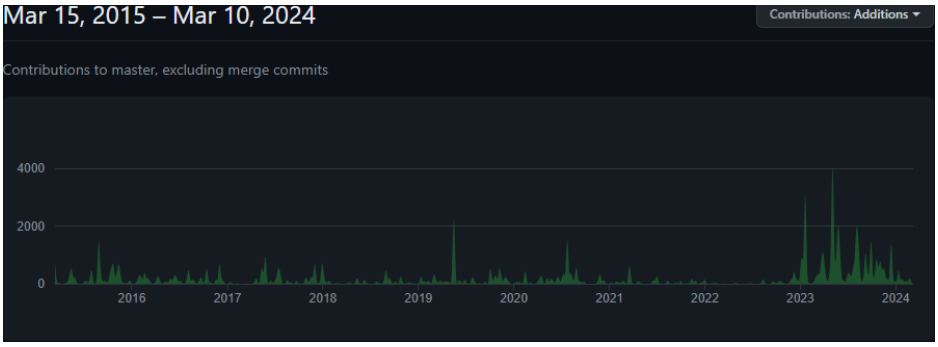



Abbildung 2.23: Patroni - Contributors Additions

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

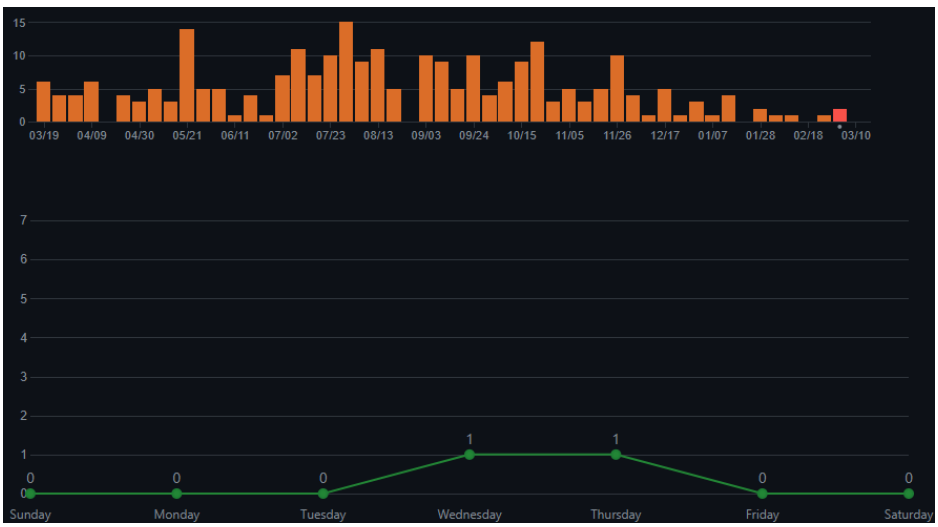



Abbildung 2.24: Patroni - Commit Activity

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

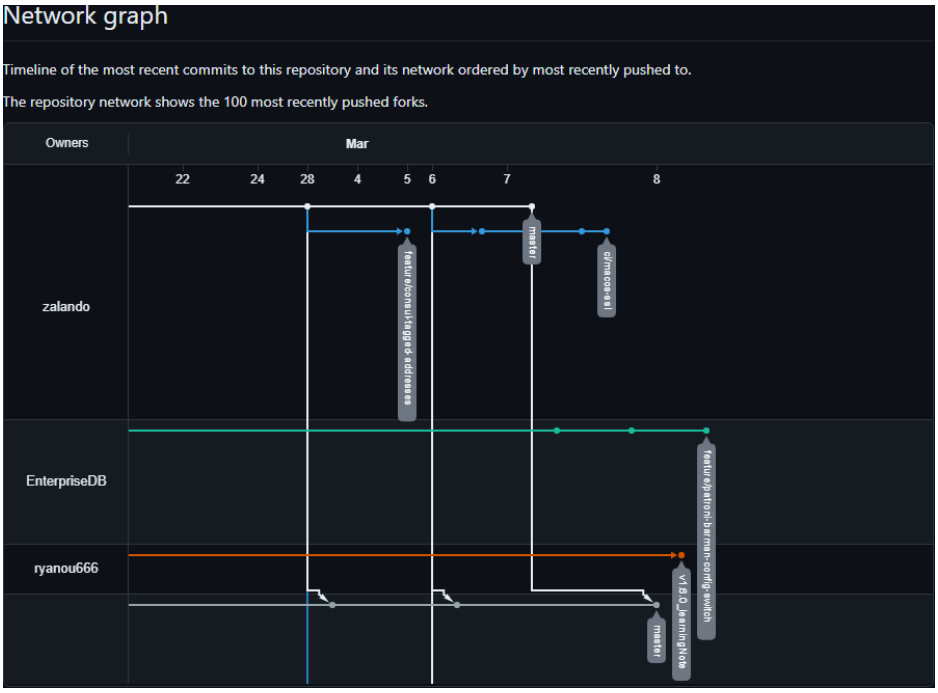



Abbildung 2.25: Patroni - Network Graph

#### 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.

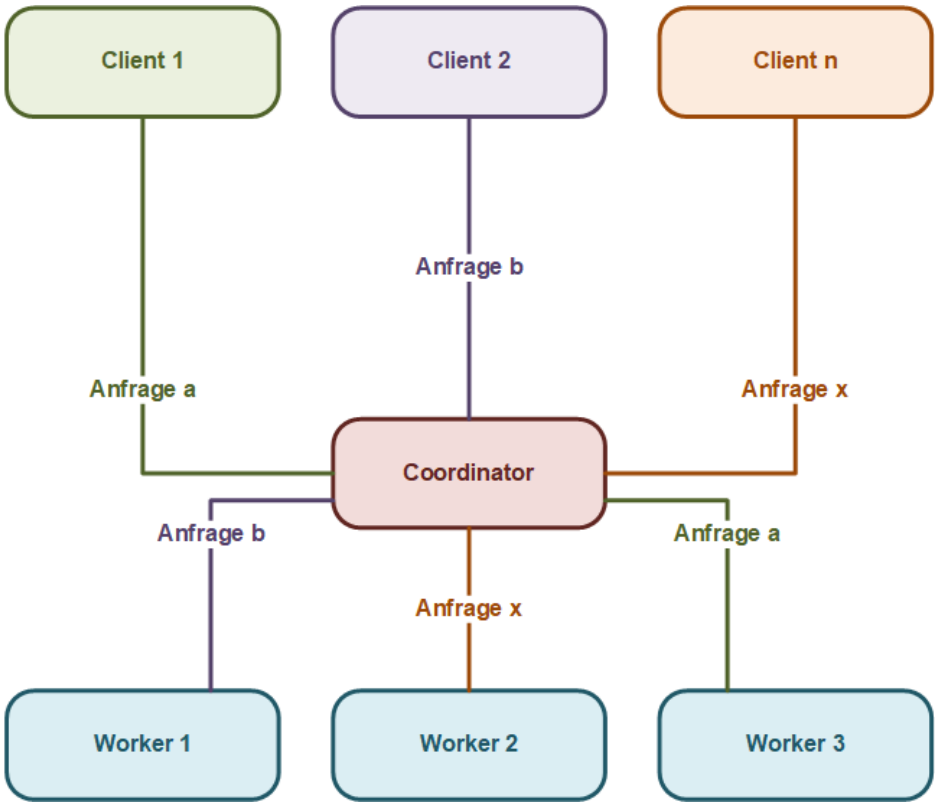



Abbildung 2.26: Citus - Coordinator und Workers

#### 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]

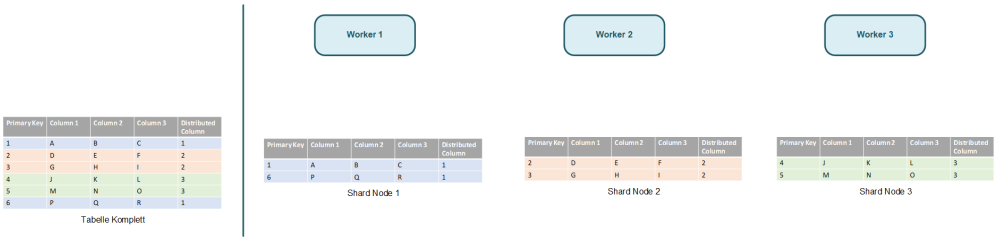



Abbildung 2.27: Citus - Row-Based-Sharding

**Schema-based sharding**

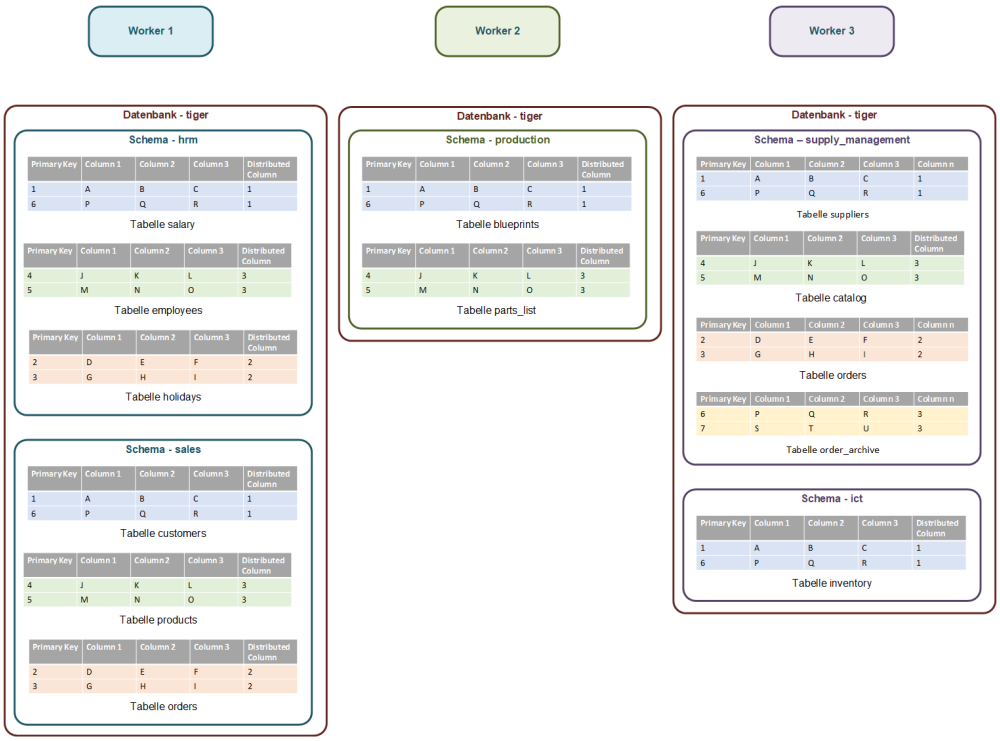



Abbildung 2.28: Citus - Schema-Based-Sharding

**Schlussfolgerung** Beide Sharding-Methoden haben eine grosse Schwäche. Sie sind nicht vollständig ACID-Konform (Unterunterabschnitt 2.1.1.1) 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:

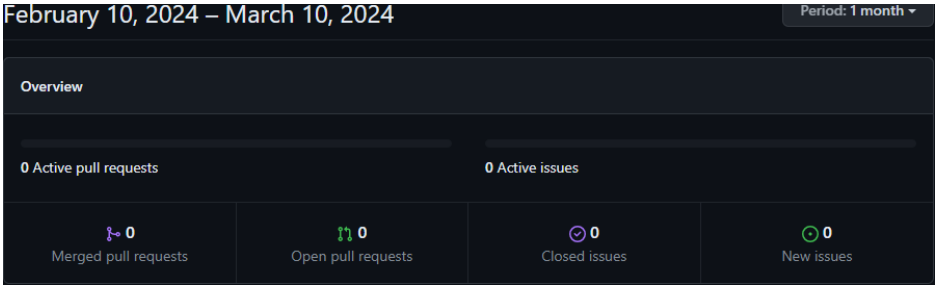



Abbildung 2.29: Stackgres - Pulse

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

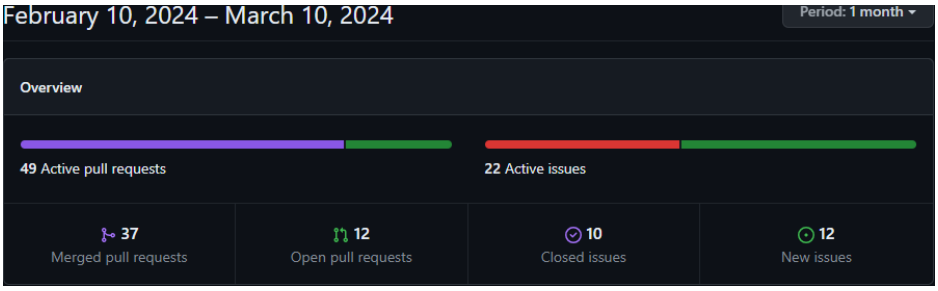



Abbildung 2.30: Citus - Pulse

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

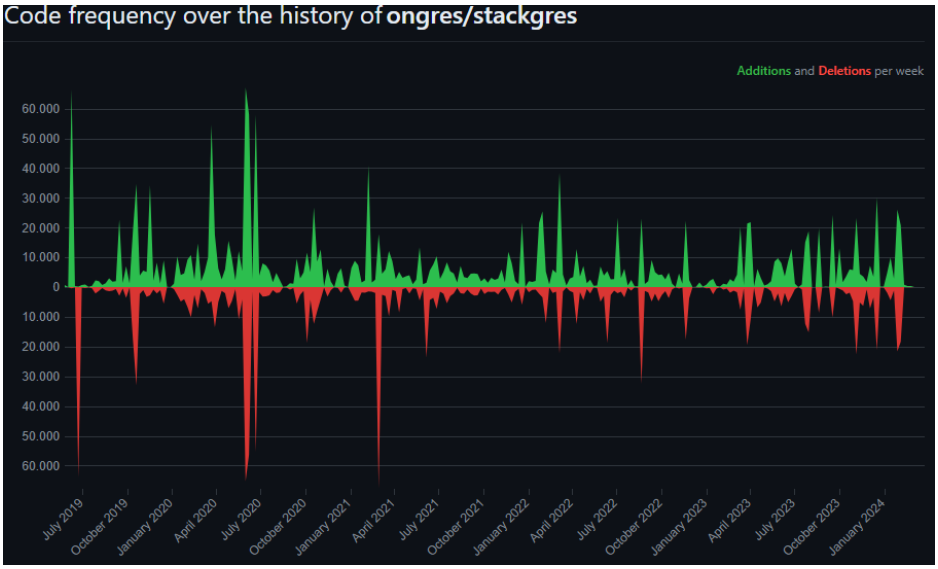



Abbildung 2.31: Stackgres - Code Frequency

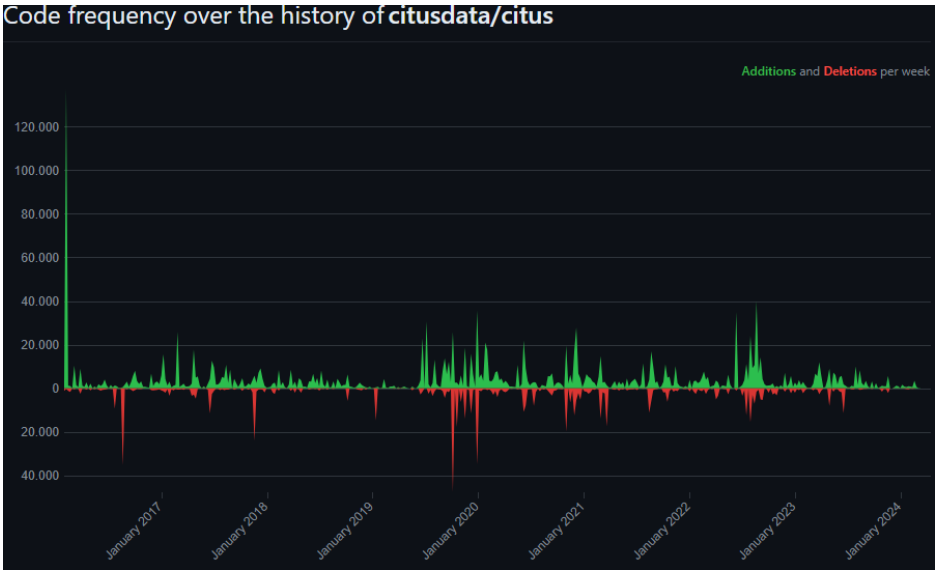



Abbildung 2.32: Citus - Code Frequency

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

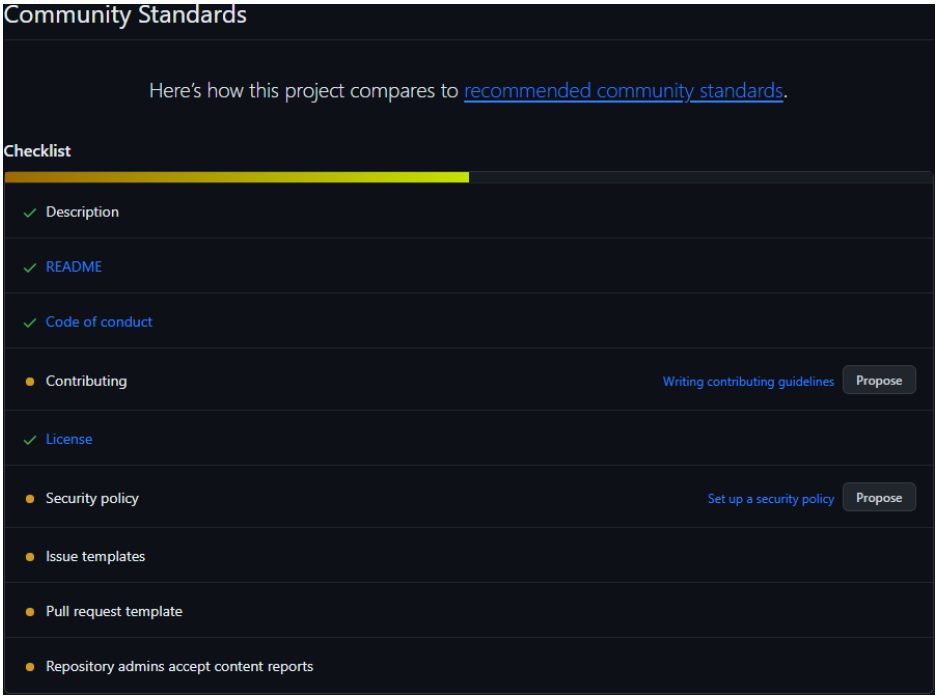



Abbildung 2.33: Stackgres - Community Standards


Abbildung 2.34: Citus - Community Standards

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

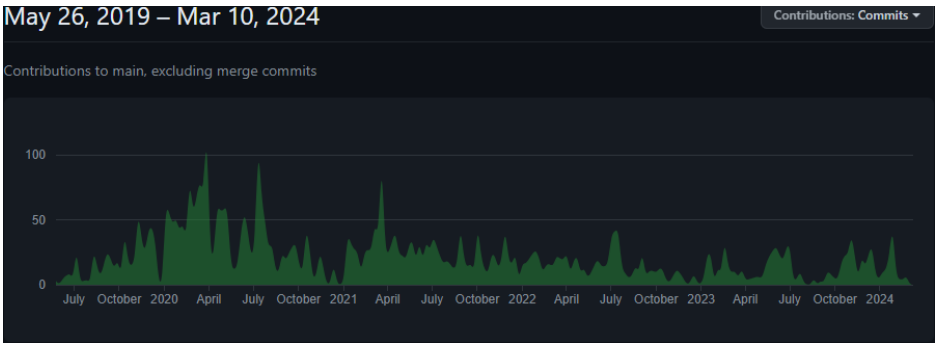



Abbildung 2.35: Stackgres - Contributors Commits

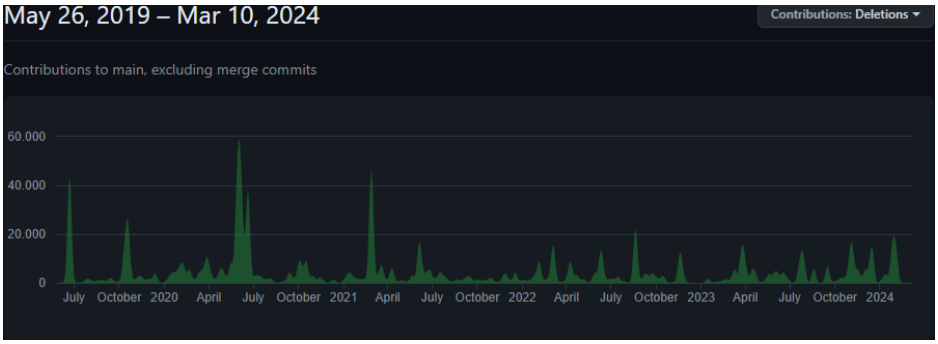



Abbildung 2.36: Stackgres - Contributors Deletations

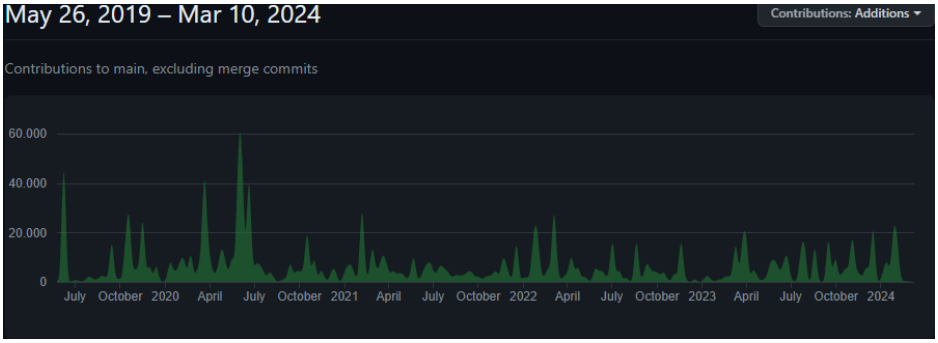



Abbildung 2.37: Stackgres - Contributors Additions

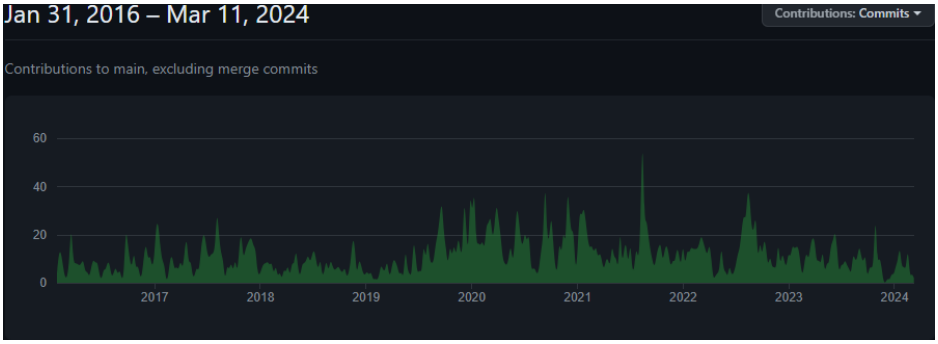



Abbildung 2.38: Citus - Contributors Commits

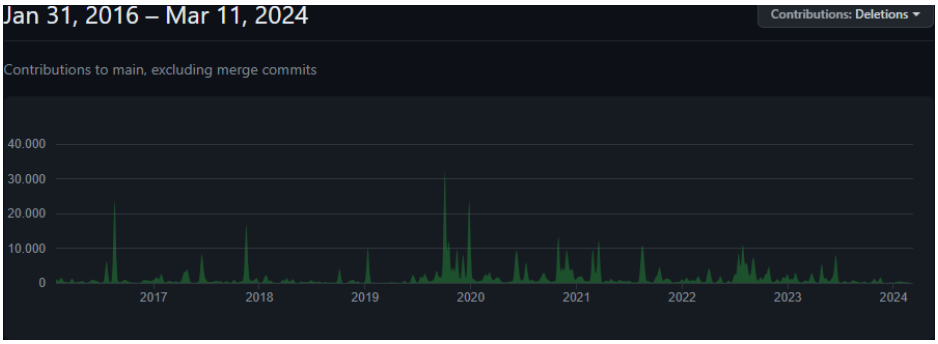



Abbildung 2.39: Citus - Contributors Deletations

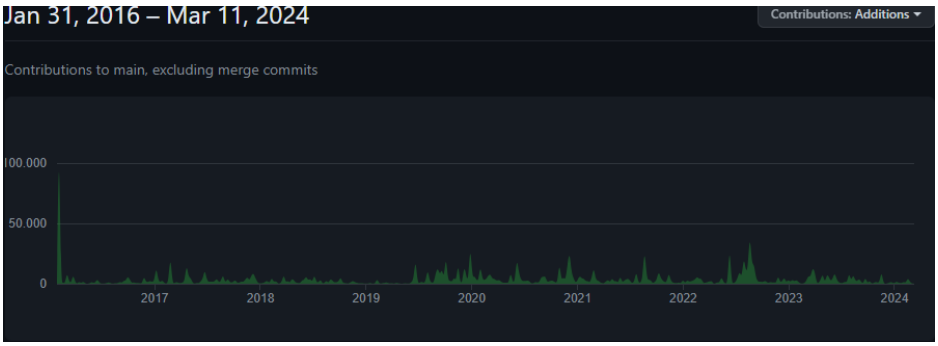



Abbildung 2.40: Citus - Contributors Additions

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:

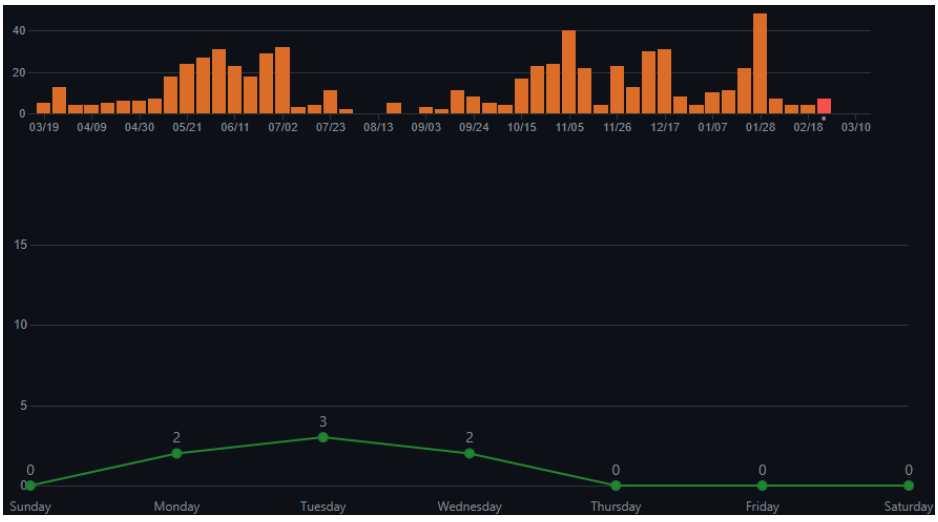



Abbildung 2.41: Stackgres - Commit Activity

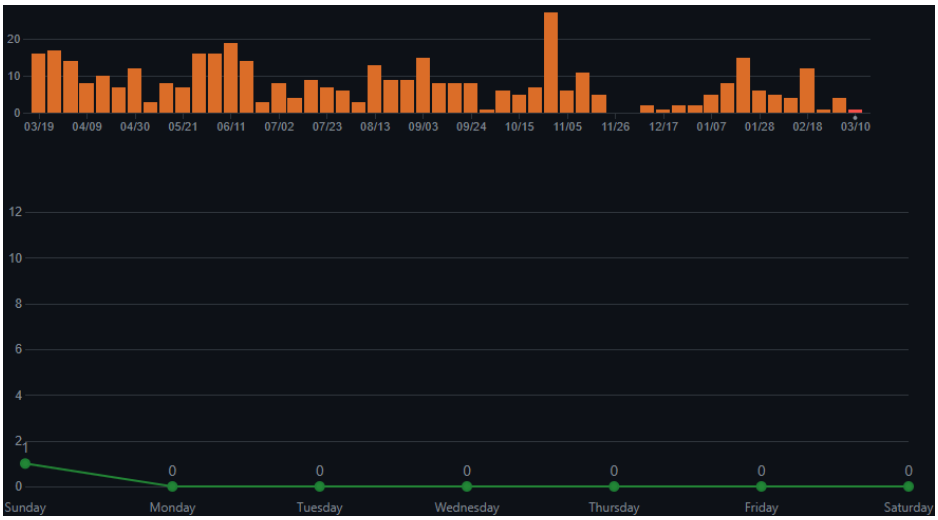



Abbildung 2.42: Citus - Commit Activity

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.

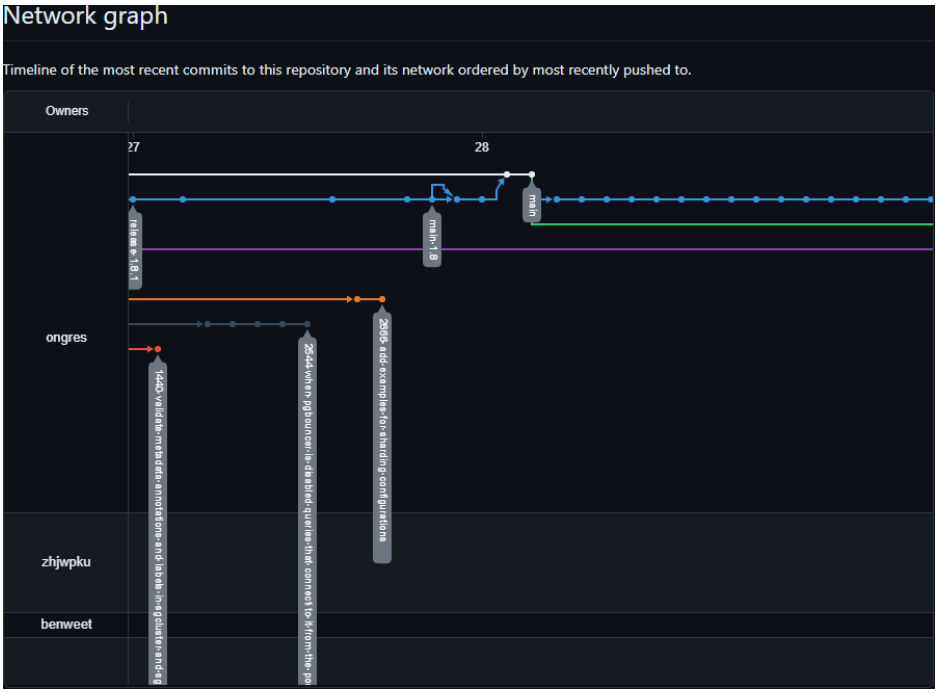



Abbildung 2.43: Stackgres - Network Graph

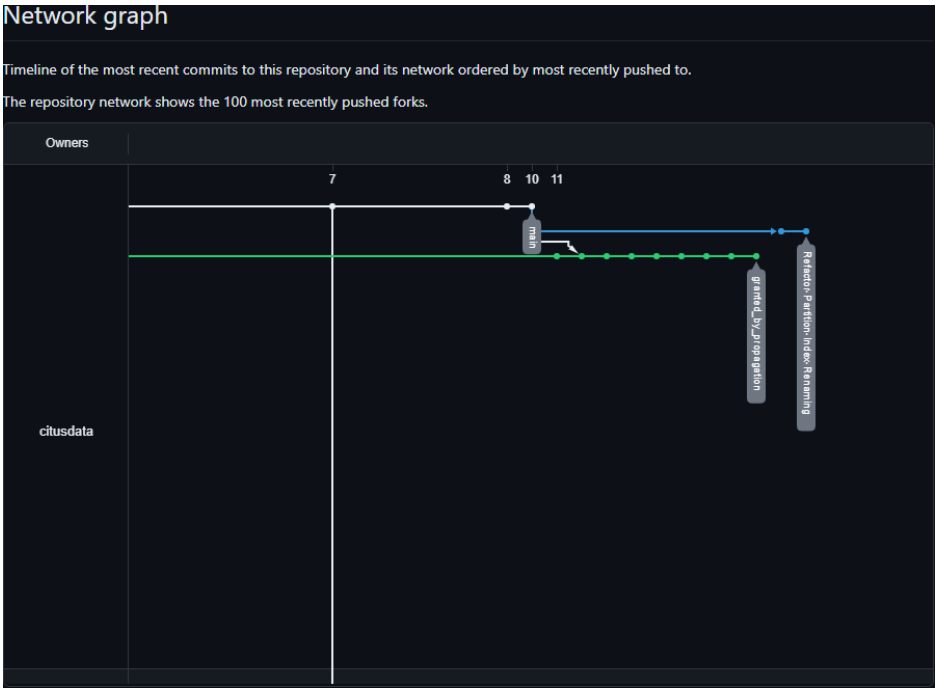



Abbildung 2.44: Citus - Network Graph

### 2.1.6 Vorauswahl

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

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

Tabelle 2.4: Vorauswahl - Ausgeschieden

Entsprechend werden nur noch nachfolgende Lösungen genauer betrachtet:

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

Tabelle 2.5: 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 2.6: Evaluationssyssteme

#### 2.1.7.1 rke2 - Evaluationsplattform

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

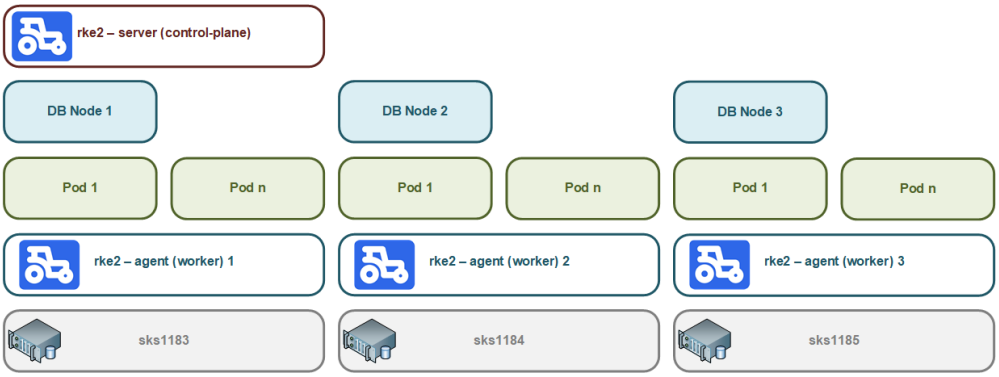



Abbildung 2.45: Evaluationssystem - Distributed SQL / Shards

Die Konfiguration der rke2-Nodes sieht folgendermassen aus:

| | |
|---|---|
| **Kubernetes Runtime** | rke2 |
| **Container-Enviroment** | containerd |
| **Container Network Interface (CNI)** | cilium |
| **loud Native Storage (CNS)** | local-path-provisioner |

Tabelle 2.7: Evaluationssysstem - Distributed SQL / Sharding

#### 2.1.7.2 Patroni

#### 2.1.7.3 StackGres - Citus

#### 2.1.7.3.1 Architektur

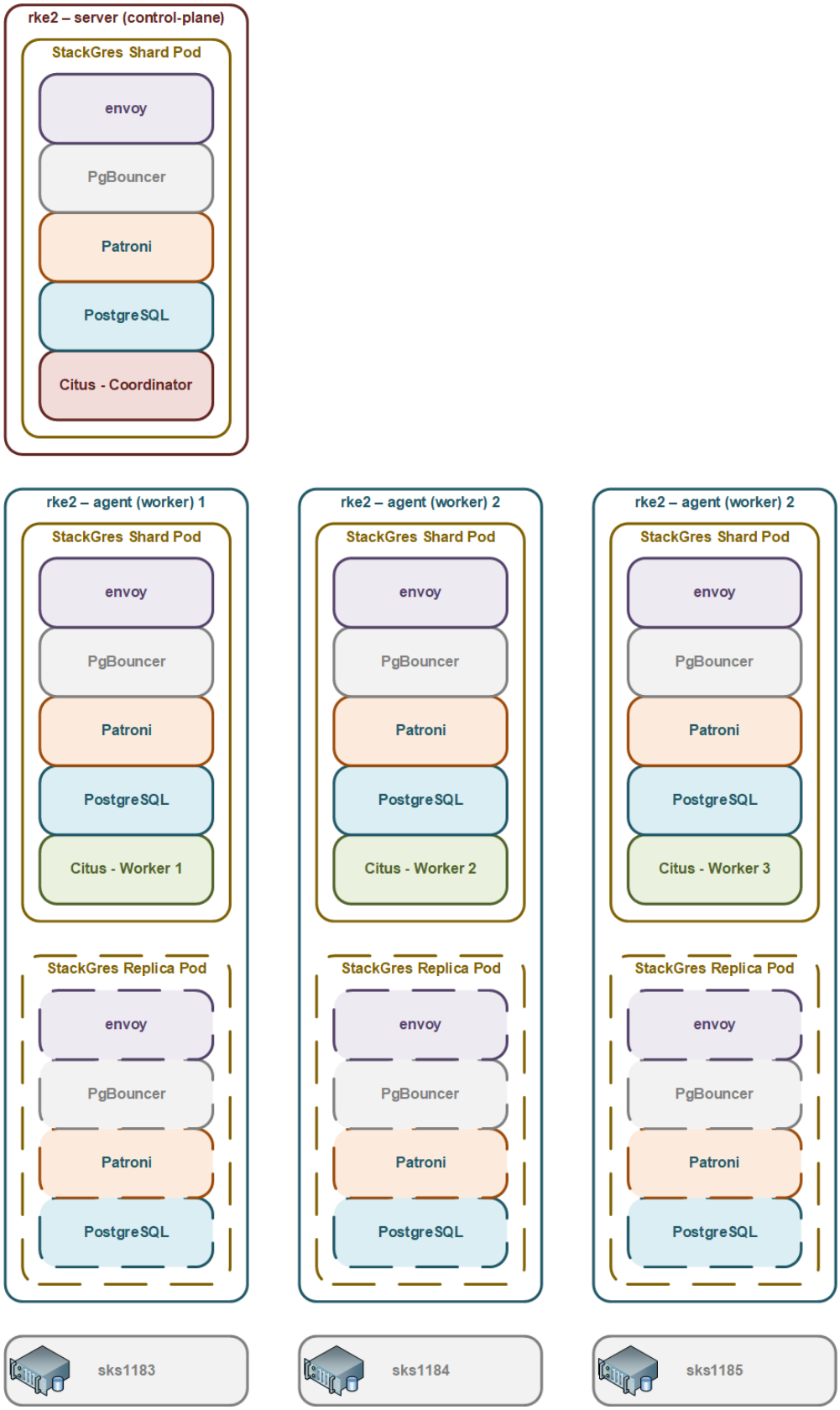



Abbildung 2.46: Stackgres - Citus - Evaluationsarchitektur

#### 2.1.7.4 yugabyteDB

### 2.1.8 Gegenüberstellung der Lösungen

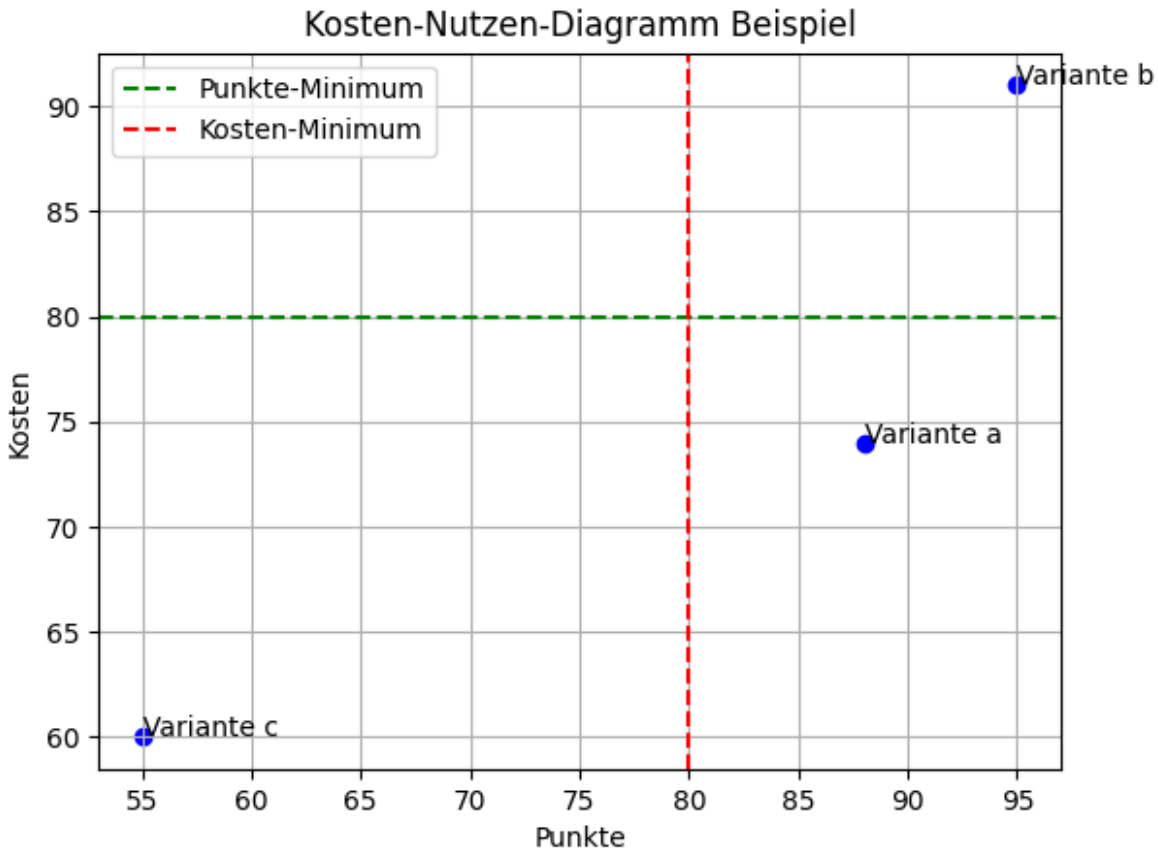



Abbildung 2.47: Kosten-Nutzen-Analyse

### 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

# 3 Resultate

## 3.1 Zielüberprüfung

## 3.2 Schlussfolgerung

## 3.3 Weiteres Vorgehen / offene Arbeiten

## 3.4 Persönliches Fazit

## Abbildungsverzeichnis

# Tabellenverzeichnis

## Listings

## 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.

[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 - worder-node-failure*. https://docs.citusdata.com/en/v12.1/admin_guide/cluster_management.html#worker-node-failu

[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.

[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-s 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/InstitutionenGesundeitswesens/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 resilienten Unternehmen*. 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-d 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/was-ist-elasticsearch-a-939625/. 2020.

[49] SRA OSS LLC. *pgpool Wiki*. 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-brun C3%B3s. 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-mysq 2019.

[58] IONOS SE. *SQLite: Die bekannte Programmbibliothek 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.

[65] Rainer Züst. „Einstieg ins Systems Engineering“. In: (2002).

## Glossar

**Ansible** Ansible ist ein Open-Soure Automatisierungstool zur Provisionierung, Konfiguration, Deployment und Orchestrierung. Ansible verbindet sich auf auf die Zielgeräte und führt dort die Hinterlegten Module aus. Oft werden die verschieden Aufgaben in einem Skript, in einem sogenannten Playbook geschrieben werden[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, das Anpassungen kontinuirlich 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 nebst Slackware Linux zu den ältesten Linux Distribution die noch immer gepflegt und eingesetzt werden. Sie wurde im August 1993 gestartet und brachte im Laufe der Zeit einige der beliebstesten 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]. 53

**Failover** In einem Fehlerfall wird in einem HA-System meist ein Primary Node auf den Secondary ungeplant geswitched.. 15, 32, 33, 50, 83

**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 organsiert und arbeiten daher mit Working Copies von Repositories[25, 64].. 83

**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, 50

**HAProxy** HAProxy [10]. 51, 53

**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, 50

**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, 35

**keepalived** keepalived nutzt VRRP um eine leichtgewichtige Lösung für ein HA-Failover zu realsieren. 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].. 50

**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, 83

**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, 84

**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 undf sind nicht mehr in jdem Fall kompatibel oder beliebig austauschbar. Auf

den Linux Distributionen tratt 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, 84

**MongoDB** MongoDB ist eine dokumentenorientierte NoSQL-Datenbank, die zurm 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 Microsyszem durch Oracle gründen zu dürfen. Seit Oracle Sun Microsystem 2010 gekauft hat, wurden immer mehr Funktionalitäten von der Community Edition zu der Enterprise Edition verschoben worden. Aus diesem Grund hat heute der MySQL Fork MariaDB MySQL mehrheitlich aus allen Linux Distributionen als Standard Datenbank verdrängt.. 5, 7, 8

**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, 82, 84, 86

**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 Binärkompatibel. Sie wird primär für den Betrieb von Oracle Datenbanken verwendet und komnt auf den Oracle Eigenenen 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.. 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 erschienenn Flashback-Funktionalität (die ein schnelles Online Recovery sowie einen Blick in die Vergangheit ermöglichen) konnte Oracle sich stark von der Konkurenz absetzen. Heute gilt die Datenbank als erste Wahl, wenn es um Hochverfügbare Systeme, hohe Perforamce oder grosse Datenmengen geht.. 5, 7, 8, 35, 84

**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 beliebstesten OpenSource Datenbanken. Zudem besteht in vielen bereichen eine gewisse ähnlichkeit zu Oracles Oracle Database.. 5, 7, 8, 9, 13, 35, 49, 50, 51, 58, viii

**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 wei Oracle.. 3, 14, 15, 50, 85, viii

**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.. 4, 5, 14, 16

**Quorum** In verteilten Systemen resp. Cluster muss sichergestellt werden, das bei einem Ausfall oder ein Netzwerktrennung 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 die 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 Konstelationen wird daher darauf geachtet, eine ungerade Anzahl Nodes im Cluster zu halten um keine Pat-Situation zu provozieren. Im Kapitel Unterunterabschnitt 2.1.1.4 wird genauer auf die Mechanik eines Quorums eingegangen. . 50, 83

**RDBMS** Ein RDBMS ist ein Datenbankmanagementsystem für eine Relationale Datenbank. Relationale Datenbanken sind Tabellenorgansierte 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 Enterpise 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 verschieden Netzwerkkomponenten oder Geräten von Agents oder Logs. Diese Daten werden permanent analysiert und mit einem definierten Regelwerk gegengeprüft. Ziel ist es, verdächtige Events zu erkennen und einem Angriff zuvorzukommen oder ihn möglichst früh zu unterbinden[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. . 33, 85

**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 geswitched.. 15

**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.. 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

**Transaktion** Eine Transaktion ist beinhaltet Schreib-, Lese-, Mutatations- oder Löschoperatione auf Daten.. 31

**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 Proprioritäre Derivate deren Einfluss weit über die Welt der Informatik reicht.. 4

**VRRP** VRRP . 4, 83

**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. Zabbrix speichert die Metriken und nicht die Auswertungen, das heisst, solange die Daten vorhanden sind können Grafiken zu jedem Zeitpunkt generiert worden. Zabbix ist grundsätzlich Open-Source, man kann allerdings Supportverträge Abschliessen.. 8, 16

## Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass die vorliegende Arbeit von den Autoren selbständig 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 Arbeitsrapport

| Datum | Von | Bis | Dauer [h] | Phase | Subphase | Tätigkeit | Bemerkung | Schwierigkeit | Lösungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21.02.2024 | 15:00 | 16:00 | 1.0 | Evaluation | Anorderungskatalog | Anorderungskatalog erarbeiten | | | |
| 22.02.2024 | 16:00 | 17:30 | 1.5 | Evaluation | Anorderungskatalog | Anorderungskatalog 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. | Generator mit python pandas gebaut für alle möglichen Tabellen.<br>Inkl. Aggregation und Pivot-Mechaniken |
| 28.02.2024 | 09:00 | 11:00 | 2.0 | Dokumentation | - | Dokumentation erweitern | | Viele LaTEX Tabellen. | Generator mit python pandas gebaut für alle möglichen Tabellen.<br>Inkl. Aggregation und Pivot-Mechaniken |
| 01.03.2024 | 07:00 | 09:00 | 2.0 | Dokumentation | - | Dokumentation Exkurs Architektur | Um Entscheidungen Transparent zu machen,<br>müssen Grundlegende Konzepte aufgezeigt werden.<br>Nicht alle Konzepte wie z.B. Distributed SQL sind bekannt resp. das zusammenspiel mit Kubernetes. | Konzepte wie Distributed SQL sind nicht einfach zu erklären. | |
| 08.03.2024 | 07:00 | 09:00 | 2.0 | Evaluation | Anorderungskatalog | Anorderungskatalog erarbeiten | | | |
| 11.03.2024 | 07:00 | 11:30 | 4.5 | Evaluation | Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen | Informationen Sammeln | pgpool II | pgpool II hat kein GitHub Repository.<br>Das macht es unmöglich, diese Lösung mit all den anderen zu vergleichen. | pgpool II fällt somit direkt aus der betrachtung raus,<br>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.<br>Wenig Abbildungen, vieles muss selber gezeichnet werden. | |
| 14.03.2024 | 19:45 | 20:45 | 1.0 | Evaluation | Analyse PostgreSQL HA Cluster Lösungen | | Citus row-based-sharding | | |
| 14.03.2024 | 20:45 | 21:30 | 0.8 | Dokumentation | - | Citus row-based-sharding Dokumentieren | | | |
| 16.03.2024 | 17:45 | 18:30 | 0.8 | Dokumentation | - | Projektcontrolling Arbeiten | | | |
| 17.03.2024 | 14:45 | 16:30 | 1.8 | Dokumentation | - | Zweiter Statusbericht verfassen | | | |

TABLE I: Arbeitsrapport

=:

# III Protokoll - Fachgespräche

| Fachgespräch | Datum | Fachexperte | Nebenexperte | Studenten | Fragen | Antworten | Sonstige Themen | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14.02.2024 | Norman Süsstrunk | - | Michael Graber<br>Curdin Roffler | - Darf eine Vorauswahl stattfinden, um den Aufwand zur reduzieren? | - Eine Vorauswahl ist Sinnvoll und in diesem Rahmen fast zwingend Notwendig, da sonst viel zuviel Zeit investiert werden müsste | - Vorstellung Norman Süsstrunk, Curdin Roffler und Michael Graber<br>- Kontaktdaten shared<br>- Bei Fragen jederzeit an Norman wenden<br>- Norman braucht aber mindestens 1. Woche vorlaufzeit<br>- Norman wird sich spätestens zur Halbzeit melden.<br>- Norman wird sic | - Es wurden zwar für alle Studenten von Norman Süsstrunk Zoom-Räume bereitgestellt, aus effizienzgründen nahmen Curdin Roffler und ich beide am selben Meeting teil |
| 2 | | Norman Süsstrunk | - | Michael Graber | - Muss das Protokoll des Fachgesprächs jeweils Zeitnah freigegeben werden?<br>- Hat Norman ggf. noch vorschläge zu PostgreSQL Clustern gefunden?<br>- Soll ich die Gewichtung mit 100 Punkten machen oder 1000?<br>Im Moment haben diverse Punkte eine sehr kleine Punktzahl<br>- Soll die Disposition in den Anhang?<br>Diese ist 50 Seiten lang | | - Protokoll genehmigen | |

TABLE II: Fachgespräche - Protokoll

## IV Kommentare / Anmerkungen

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

| Woche | Beschreibung / Event / Problem |
|---|---|
| KW10 | Vier ganze Tage war ich in Thalwil für die Oracle Multitenant-Schulung für das ExaCC Projekt (Ablösung HP-UX).<br>Am Freiutag war ich ebenfalls fast den ganzen Tag dran.<br>Weitere Termine werden folgen, das Risiko durch das Projekt tritt langsam ein.<br>Projekt Zeitlich im Verzug. |
| KW11 | Nebst dem HP-UX Ablösungsprojekt schlagen auch diverse Betriebsthemen ein.<br>Die analyse der PostgreSQL HA Cluster nimmt ebenfalls mehr Zeit in Anspruch, als erwartet. |

TABLE III: Kommentare - Anmerkung

# V rke2

## V.I Vorbereitung

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

```
sudo nano /etc/profile.d/proxy.sh

export https_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
export HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
export http_proxy=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
export HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
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
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

source /etc/profile.d/proxy.sh
```

Listing 1: Proxy Settings

## V.II Installation

### V.II.I server

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

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

Listing 2: Downlaod rke2 server

Anschliessend muss das Package installiert werden:

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

Listing 3: rke2 server installieren

### V.II.II agents

Der Agent muss direkt heruntergeladen werden:

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

Listing 4: Downlaod rke2 agent

Anschliessend muss der Dienst aktiviert werden:

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

Listing 5: rke2 agent aktivieren

## V.III Cluster Konfiguration

### V.III.I server

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

```
nano /etc/default/rke2-server
HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
NO_PROXY=localhost,127.0.0.0/8,::1,10.0.0.0/8,172.16.0.0/12,192.168.0.0/16

CONTAINERD_HTTPS_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
CONTAINERD_HTTP_PROXY=http://sproxy.sivc.first-it.ch:8080
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:

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

Listing 7: rke2 server proxy kopieren

Für den Netzwerkteil muss nun Cilium installiert werden:

```
nano /var/lib/rancher/rke2/server/manifests/rke2-cilium-config.yaml
---
apiVersion: helm.cattle.io/v1
kind: HelmChartConfig
metadata:
  name: rke2-cilium
  namespace: kube-system
spec:
  valuesContent: |-
    eni:
      enabled: true
```

Listing 8: rke2 server cilium installieren

Cilium muss nun aktiviert werden:

```
/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:

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

```
cni:
- cilium

systemctl restart rke2-server.service
```

Listing 10: rke2 server starten

Entsprechend muss die Firewall gesetzt werden:

```
nano /etc/iptables/rules.v4

# Generated by iptables-save v1.8.9 (nf_tables)
*filter
:INPUT DROP [0:0]
:FORWARD ACCEPT [0:0]
:OUTPUT ACCEPT [0:0]
-A INPUT -m state --state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
-A INPUT -p udp -m udp --sport 53 -j ACCEPT
-A INPUT -p icmp -j ACCEPT
-A INPUT -i lo -j ACCEPT
-A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 22 -j ACCEPT
-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
-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
-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
-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
-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
-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
-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
-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
-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
-A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p icmp -m icmp --icmp-type 8 -j ACCEPT
-A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 6443 -j ACCEPT
-A INPUT -s 10.0.0.0/8 -p tcp -m tcp --dport 9345 -j ACCEPT
COMMIT
# Completed

systemctl restart iptables
```

Listing 11: iptables entries server

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

```
cni:
- cilium
token: <password safe>
```

Listing 12: rke2 server token



```
import json
import pybtex
import requests
import os
from pybtex.database import BibliographyData, Entry, Person
from dateutil.parser import parse
import math

def load_configuration():
    zotero_bibtex_config = dict()
    zotero_conf_filename = 'zotero_bibtex_configuration.json'
    zotero_conf_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', '
    configuration')
    # zotero_conf_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')
    json_path = os.path.join(zotero_conf_dir, zotero_conf_filename)

    with open(json_path) as json_string:
        zotero_bibtex_config = json.load(json_string)

    return zotero_bibtex_config
def downlaod_zotero_datas(URL, API_KEY):
    zotero_result = list
    response = requests.get(URL, headers={'Zotero-API-Key': API_KEY})
    response = response.json()
```

```
    zotero_raw = json.dumps(response, ensure_ascii=False)  # json.loads(response)
    zotero_result = json.loads(zotero_raw)
    return zotero_result

def get_data(zotero_bibtex_config):
    # result_limit = 100
    # access_type = 'groups'
    # zotero_access_id = '5245833'
    # collection_id = 'USSFDCEH'
    result_limit = int(zotero_bibtex_config.get('result_limit'))
    access_type = zotero_bibtex_config.get('access_type')
    zotero_access_id = zotero_bibtex_config.get('zotero_access_id')
    collection_id = zotero_bibtex_config.get('collection_id')
    API_KEY = zotero_bibtex_config.get('api_key')
    zotero_data = list()
    URL = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(
    zotero_access_id) + '/collections/' + str(
        collection_id) + '/items?limit=1?format=json?sort=dateAdded?direction=asc'

    # API_KEY = '6Xgb3XhGjQXwA8NuZgu3bw3s'
    response = requests.get(URL, headers={'Zotero-API-Key': API_KEY})

    header_dict = response.headers
    total_elemets = int(header_dict.get('Total-Results'), 0)

    if total_elemets < result_limit:
        URL_ALL_ITEMS = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' + str(
            zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items?
    limit=' + str(
            result_limit) + '?format=json?sort=dateAdded?direction=asc'
        zotero_result = downlaod_zotero_datas(URL_ALL_ITEMS, API_KEY)

        zotero_data.extend(zotero_result)
    else:
        runs = int(math.ceil(total_elemets / result_limit))
        index = 0
        start_index = 0
        while index < runs:
            URL_Separated = 'https://api.zotero.org/' + str(access_type) + '/' +
    str(
                zotero_access_id) + '/collections/' + str(collection_id) + '/items
    ?limit=' + str(
                result_limit) + '?format=json?sort=dateAdded?direction=asc' + '&
    start=' + str(start_index)
            zotero_result = downlaod_zotero_datas(URL_Separated, API_KEY)

            zotero_data.extend(zotero_result)

```

```
            start_index += result_limit
            index += 1

    return zotero_data

def convert_to_datetime(input_str, parserinfo=None):
    return parse(input_str, parserinfo=parserinfo)
def get_dates(date, bibtex_item_type, bibtex_month_attributes):
    dated_date = convert_to_datetime(date)
    return_value = dict()
    if bibtex_item_type in bibtex_month_attributes:
        year = dated_date.year
        month = dated_date.month
        return_value = {'year': year, 'month':month}
    else:
        year = dated_date.year
        return_value = {'year': year}

    return return_value

def split_creators(creators):
    if creators != []:

        creatorlist = ''
        for index, creator in enumerate(creators):
            type = creator.get('creatorType')
            firstname = creator.get('firstName')
            lastname = creator.get('lastName')
            name = creator.get('name')
            if type == 'author':

                if name and not (firstname or lastname):
                    creatorlist = creatorlist + name
                    if index != len(creators) - 1:
                        creatorlist = creatorlist + ' and '
                else:
                    creatorlist = creatorlist + lastname + ',' + firstname
                    if index != len(creators) - 1:
                        creatorlist = creatorlist + ' and '
    else:
        creatorlist = 'unknown author'

    bib_entry = 'author=' + '\"' + creatorlist + '\"'

    return bib_entry


def write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config):
```

```
    # file_json = 'keystore.json'
    file_json = zotero_bibtex_config.get('keystore_file')
    keystore_path = zotero_bibtex_config.get('keystore_filepath')
    # tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source', '
configuration')
    tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), keystore_path)
    # tex_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')
    json_path = os.path.join(tex_dir, file_json)

    with open(json_path) as json_string:
        zotero_bibtex_keys = json.load(json_string)

    zotero_bibtex_keys_specials = {
        'thesis': {'phdthesis': ['dissertation', 'phd', 'doctorial', 'doctor', '
doktor', 'doktorarbeit'],
                   'masterthesis': ['ma', 'master', 'masters']}
    }
    zotero_bibtex_attributes_special = {
        'date': 'get_dates',
        'creators': 'split_creators'
    }
    bibtex_month_attributes = ['booklet', 'mastersthesis', 'phdthesis', '
techreport']
    # Bibliography
    # tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'source')
    bibtex_path = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filepath')
    tex_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), bibtex_path)
    # tex_dir = os.path.join(os.getcwd(), 'src', 'content')
    # file_name = 'Datenbank_Projektauftrag_Michael_Graber.bib'
    file_name = zotero_bibtex_config.get('bibtex_filename')

    file_path = os.path.join(tex_dir, file_name)

    # bib_datas = BibliographyData()
    listKeys = list()
    bib_data = ''
    for zotero_items in zotero_data:
        biblio_item = zotero_items.get('data')
        itemkeys = biblio_item.keys()
        listKeys.extend(biblio_item.keys())
        zotero_item_key = biblio_item.get('key')
        zotero_item_title = biblio_item.get('title')
        zotero_item_nameofact = biblio_item.get('nameOfAct')
        zotero_item_nameofcase = biblio_item.get('caseName')
        zotero_item_subject = biblio_item.get('subject')
        zotero_item_type = biblio_item.get('itemType')

        # some item types have no titles
```

```
160         # set the special names instead of the title
161         if zotero_item_title:
162             bibtex_item_titel = zotero_item_title
163         else:
164             if zotero_item_type == 'statute':
165                 biblio_item['title'] = zotero_item_nameofact
166                 bibtex_item_titel = zotero_item_nameofact
167             elif zotero_item_type == 'case':
168                 biblio_item['title'] = zotero_item_nameofcase
169                 bibtex_item_titel = zotero_item_nameofcase
170             elif zotero_item_type == 'email':
171                 biblio_item['title'] = zotero_item_subject
172                 bibtex_item_titel = zotero_item_subject
173 
174         if zotero_item_type == 'thesis':
175             master_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get('
    masterthesis')
176             phd_list = zotero_bibtex_keys_specials.get(zotero_item_type).get('
    phdthesis')
177 
178             # First Master thesis
179             if any(item in bibtex_item_titel for item in master_list):
180                 bibtex_item_key = 'masterthesis'
181             # Second PHD Thesis
182             elif any(item in bibtex_item_titel for item in phd_list):
183                 bibtex_item_key = 'phdthesis'
184             else:
185                 bibtex_item_key = 'masterthesis'
186         else:
187             if zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('key'):
188                 bibtex_item_key = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('
    key')
189             else:
190                 bibtex_item_key = 'misc'
191 
192         # get all Keys for the zotero item type
193         entryset = '\n'
194         entry = ''
195 
196         zotero_item_attributes = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('
    attributes').keys()
197         item_attributes = sorted(zotero_item_attributes, reverse=True)
198 
199         for index, item_attribute in enumerate(item_attributes):
200             bibtex_item_attribute = zotero_bibtex_keys.get(zotero_item_type).get('
    attributes').get(item_attribute)
201             zotero_item_value = biblio_item.get(item_attribute)
202             zotero_item_value_extra = ''
```

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

```
                    entryset = entryset + str(bibtex_item_attribute) + '=' + str(zotero_item_value)

                if index != len(item_attributes) - 1:
                    entryset = entryset + ',\n'
                else:
                    entryset = entryset + '\n'

        # create the Entry
        entry = '@' + bibtex_item_key + '{' + zotero_item_key + ',\n'
        entry = entry + entryset + '}'
        bib_data = bib_data + '\n' + entry

    # parse String to pybtex.database Object
    # bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex", encoding='ISO-8859-1')
    bib_datas = pybtex.database.parse_string(bib_data, bib_format="bibtex", encoding='Iutf-8')
    # Save pybtex.database to file
    # BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding='ISO-8859-1')
    BibliographyData.to_file(bib_datas, file_path, bib_format="bibtex", encoding='utf-8')


zotero_bibtex_config = load_configuration()
zotero_data = get_data(zotero_bibtex_config)
write_bibliography(zotero_data, zotero_bibtex_config)
```

Listing 13: Python LaTex - zotero - Zotero BibLaTex Importer

## IX riskmatrix.py

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import pip as pd
import os
import csv
import pandas as pd

def riskmatrix(risk, conf, matrix):
    # get the risk datas
    risk_conf = conf.get(risk)
    startpath = risk_conf.get('startpath')
    destination = risk_conf.get('destinatination')
    imagename = risk_conf.get('imagename')
    datafilename = risk_conf.get('datafilename')
```

```
    itemname = risk_conf.get('itemname')
    x_axis_title = risk_conf.get('x-axis-title')
    y_axis_title = risk_conf.get('y-axis-title')
    title = risk_conf.get('title')
    bubble_standard_size = int(risk_conf.get('bubble-standard-size'))

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

    print(directory)

    # get the Datas as dirct
    data_path = os.path.join(directory, datafilename)
    image_path = os.path.join(directory, imagename)

    # load datas from csv into dict
    with open(data_path) as f:
        csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]

    (_, *header), *data = csv_list
    datas = {}
    for row in data:
        key, *values = row
        datas[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}

    # fig_dir = os.path.join(os.path.dirname(os.getcwd()), 'src', 'source')
    fig = plt.figure()
    plt.subplots_adjust(wspace=0, hspace=0)
    plt.xticks([])
    plt.yticks([])
    plt.xlim(0, 5)
    plt.ylim(0, 5)
    plt.xlabel(x_axis_title)
    plt.ylabel(y_axis_title)
    plt.title(title)

    #This example is for a 5 * 5 matrix
    nrows=5
    ncols=5
    axes = [fig.add_subplot(nrows, ncols, r * ncols + c + 1) for r in range(0,
    nrows) for c in range(0, ncols) ]

    # remove the x and y ticks
    for ax in axes:
        ax.set_xticks([])
        ax.set_yticks([])
```

```
        ax.set_xlim(0,5)
        ax.set_ylim(0,5)

    #Add background colors
    #This has been done manually for more fine-grained control
    #Run the loop below to identify the indice of the axes

    #Identify the index of the axes
    green = [10, 15, 16, 20 , 21] #Green boxes
    yellow = [0, 5, 6, 11, 17, 22, 23] #yellow boxes
    orange = [1 , 2, 7, 12, 13, 18, 19, 24] # orange boxes
    red = [3, 4, 8, 9, 14] #red boxes

    for _ in green:
        axes[_].set_facecolor('green')

    for _ in yellow:
        axes[_].set_facecolor('yellow')

    for _ in orange:
        axes[_].set_facecolor('orange')

    for _ in red:
        axes[_].set_facecolor('red')


    #Add labels to the Green boxes
    # axes[10].text(0.1,0.8, '4')
    # axes[15].text(0.1,0.8, '2')
    # axes[20].text(0.1,0.8, '1')
    # axes[16].text(0.1,0.8, '5')
    # axes[21].text(0.1,0.8, '3')

    #Add labels to the Yellow boxes
    # axes[0].text(0.1,0.8, '11')
    # axes[5].text(0.1,0.8, '7')
    # axes[6].text(0.1,0.8, '12')
    # axes[11].text(0.1,0.8, '8')
    # axes[17].text(0.1,0.8, '9')
    # axes[22].text(0.1,0.8, '6')
    # axes[23].text(0.1,0.8, '10')

    #Add lables to the Orange boxes
    # axes[1].text(0.1,0.8, '16')
    # axes[2].text(0.1,0.8, '20')
    # axes[7].text(0.1,0.8, '17')
    # axes[12].text(0.1,0.8, '13')
    # 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
159     # plot the bubbles and texts in the bubbles
160     for axispoint in bubble_axis:
161         axes[axispoint].scatter(dict_bubble_axis[axispoint]['x-axis-bubble'],
        dict_bubble_axis[axispoint]['y-axis-bubble'], dict_bubble_axis[axispoint]['
        size'], alpha=1)
162         axes[axispoint].text(dict_bubble_axis[axispoint]['x-axis-text'],
        dict_bubble_axis[axispoint]['y-axis-text'], s=dict_bubble_axis[axispoint]['
        risk'], va='bottom', ha='center')
163
164     # save the plot as image
165     plt.savefig(image_path)
166
167 """
168 Config File:
169     1.  Name
170     2.  Startpoint Directory
171     3.  Destination Dir
172     4.  Alternate Path
173     5.  Data File Name
174 Data File:
175     1.  Spalte:  Nummer
176     2.  x-achse
177     3.  x-achse
178 """
179
180 """
181     Matrix
182     This Matrix translate the x/y axis from a given risk matrix csv to the
        axispoint.
183
184     The key of each axispoint is an integer tupel (x, y)
185     So, you can access the axis point this way:
186     <axispoint> = matrix.get((<x_axis>, <y_axis>))
187 """
188 matrix = {
189      # first column
190      (1, 1):20,
191      (1, 2):15,
192      (1, 3):10,
193      (1, 4):5,
194      (1, 5):0,
195      # second column
196      (2, 1):21,
197      (2, 2):16,
198      (2, 3):11,
199      (2, 4):6,
200      (2, 5):1,
```

```
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()),
        riskmatrix_conf_dir)
225 conf_csv_path = os.path.join(conf_riskmatrix_path, riskmatrix_conf_filename)
226 with open(conf_csv_path) as f:
227     csv_list = [[val.strip() for val in r.split(",")] for r in f.readlines()]
228
229 (_, *header), *data = csv_list
230 conf = {}
231 for row in data:
232     key, *values = row
233     conf[key] = {key: value for key, value in zip(header, values)}
234
235 for risks in conf:
236     riskmatrix(risks, conf, matrix)
237 # data = pd.read_csv('/home/itgramic/LaTex/riskmatrix/src/source/riskmatrixproblem
        .csv', header=None, dtype={0: str}).set_index(0).squeeze().to_dict()
```

Listing 14: Python LaTex - riskmatrix - Risxikomatrizen