



Hochschule Karlsruhe  
Technik und Wirtschaft  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# Entwicklung eines Systems zur Bewertung von Beziehungen zwischen Personen aus einer CRM-Lösung

Bachelor Thesis  
von

**Benjamin Tenke**

An der Fakultät für Wirtschaftsinformatik  
Matrikel-Nr: 33227

Erstgutachter:

Prof. Dr. Thomas Morgenstern

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Andreas Schmidt

Betreuernder Mitarbeiter:

Michal Dvorak

Zweiter betreuender Mitarbeiter:

Ludwig Neer

Entwurf vom: 28. Dezember 2013

---

Ich versichere wahrheitsgemäß, die Arbeit selbstständig angefertigt, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderungen entnommen wurde.

**Karlsruhe, DATE**

.....  
**(Benjamin Tenke)**

# Zusammenfassung

Das Kundenbeziehungsmanagement stellt heutzutage eine enorme Relevanz für Unternehmen dar. Der stetige Wettbewerb in dem sich Unternehmen befinden, zwingt sie verstärkt auf kundenorientierte Strategien zu setzen. Die CAS Software AG bietet mit CAS genesisWorld ein Produkt zur systematischen Gestaltung der Kundenbeziehungsprozesse an. Der Datenbestand der CAS Software AG reicht von Adressen mit Kontaktmöglichkeiten, über Angebote mit Bewertung der Realisierungschancen, bis hin zu kompletten Kundenhistorien. Mitarbeiter erhalten durch die strukturierte Ablage von Informationen ein System mit dem sie im täglichen Kundendialog unterstützt werden. Mithilfe von CAS genesisWorld ist es möglich Mitarbeiter mit analytisch gewonnenen Informationen zu versorgen. Allerdings ist dies sehr langsam und komplex, weil enorme Mengen an Daten zur Beantwortung der Abfrage zusammengeführt werden.

Um diese Probleme zu umgehen wird in der vorliegenden Arbeit ein eigenständiges System entwickelt. Es soll eine performante Bewertung von Beziehungen zwischen Personen aus einem CRM-System ermöglichen. Hierbei werden Modelle und Prozesse zur Umsetzung eines solchen Vorhabens vorgestellt. Überdies wird das bestehende CRM-System untersucht, Anforderungen an das neue System erhoben und relevante Daten identifiziert. Aufbauend auf den gewonnenen Informationen werden verschiedene Datenbanken auf ihre Verwendbarkeit evaluiert. Des Weiteren werden Konzepte erarbeitet, wie die Daten übernommen, abgelegt und wieder abgerufen werden können. Zum Schluss werden die Ergebnisse anhand fachlicher und technischer Anforderungen bewertet.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	2
1.3 Gliederung der Arbeit . . . . .	2
<b>2 Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 NoSQL - Eine Einführung . . . . .	5
2.1.1 Document Stores . . . . .	5
2.1.2 Extensible Record Store . . . . .	6
2.1.3 Key-Value-Store . . . . .	6
2.1.4 Graphdatenbank . . . . .	6
2.1.5 Theoretische Grundlagen . . . . .	7
2.2 In-Memory-Datenbanken . . . . .	8
2.3 Component Object Model . . . . .	9
2.3.1 Architektur . . . . .	10
2.3.2 COM-Client . . . . .	10
2.3.3 COM-Server . . . . .	11
2.3.4 COM-Schnittstelle . . . . .	11
2.3.5 COM-Objekte . . . . .	11
2.3.6 Interface Definition Language . . . . .	11
<b>3 Systemanalyse</b>	<b>13</b>
3.1 CAS genesisWorld . . . . .	13
3.1.1 Architektur . . . . .	14
3.1.2 Präsentationsschicht & Logikschicht . . . . .	14
3.1.3 Datenhaltungsschicht . . . . .	15
3.2 Anforderungsanalyse . . . . .	16
3.2.1 Funktionale Anforderungen . . . . .	17
3.2.2 Nichtfunktionale Anforderungen . . . . .	17
3.3 Ermittlung relevanter Daten . . . . .	18
<b>4 Bestimmung einer Datenbank</b>	<b>21</b>
4.1 Einzelbetrachtung von Datenbanken . . . . .	21
4.1.1 CouchDB . . . . .	21
4.1.2 MongoDB . . . . .	22
4.1.3 Voldemort . . . . .	22
4.1.4 Redis . . . . .	23
4.1.5 HBase . . . . .	23
4.1.6 Cassandra . . . . .	23
4.1.7 VoltDB . . . . .	24
4.1.8 H2 . . . . .	24
4.2 Gegenüberstellung . . . . .	24

4.3 Auswahl einer Datenbank . . . . .	26
<b>5 Konzeption . . . . .</b>	<b>29</b>
5.1 Architektur . . . . .	29
5.2 Technologien . . . . .	31
5.3 Datenbankdesign . . . . .	32
5.3.1 Konzeptionelles Design . . . . .	32
5.3.2 Zugriffsstrukturen . . . . .	34
5.4 Extract Transform Load Prozess . . . . .	35
5.4.1 Extract . . . . .	35
5.4.2 Transform . . . . .	36
5.4.3 Load . . . . .	36
5.5 Synchronisation des Datenbestandes . . . . .	37
5.6 Darstellungskonzepte . . . . .	38
<b>6 Umsetzung . . . . .</b>	<b>41</b>
6.1 Aufbau der Server.war . . . . .	41
6.2 Aufbau der Client.war . . . . .	42
6.3 Erzeugung der Abfrage . . . . .	45
6.4 ETL Prozess . . . . .	46
6.5 Aktualisierung des Datenbestandes . . . . .	48
6.6 Oberfläche . . . . .	49
<b>7 Fazit und Ausblick . . . . .</b>	<b>53</b>
7.1 Zusammenfassung . . . . .	53
7.2 Bewertung der Ergebnisse . . . . .	53
7.3 Ausblick . . . . .	55
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>57</b>

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Beispiel einer Spalten-Familie . . . . .	6
2.2	Objekte in einer Graphdatenbank . . . . .	7
2.3	Das Konzept von COM . . . . .	10
3.1	Verknüpfungen in CAS genesisWorld . . . . .	13
3.2	Schematische Darstellung der Architektur von CAS genesisWorld . . . . .	14
3.3	Beispiel zur Benachrichtigung von Plugins anhand eines Ablaufs bei einem Update . . . . .	15
3.4	Funktionsweise der <i>RelationTable</i> anhand eines Beispiels . . . . .	16
3.5	Auszug aus dem Schema des MSSQL 2008 . . . . .	19
5.1	Konzeptionelle Darstellung der Architektur . . . . .	30
5.2	Neues Datenbankschema . . . . .	33
5.3	Sequenzdiagramm für einen neuen Datensatz . . . . .	37
5.4	Entwürfe für die Oberfläche . . . . .	39
6.1	Server Klassendiagramm . . . . .	43
6.2	Client Klassendiagramm . . . . .	44
6.3	Gewichtung der Zeit . . . . .	46
6.4	Ausschnitt einer CSV-Datei nach der Extraktion . . . . .	47
6.5	Klassendiagramm Plugin . . . . .	49
6.6	Anmeldefenster . . . . .	50
6.7	Hauptseite der Anwendung . . . . .	51
7.1	Abfragegeschwindigkeit Vergleich . . . . .	55



# **Tabellenverzeichnis**

4.1	Gegenüberstellung der Datenbankeigenschaften . . . . .	25
5.1	Vergleich des Speicherplatzverbrauchs . . . . .	34
7.1	Abfragegeschwindigkeit Vergleich . . . . .	54



# 1. Einführung

## 1.1 Motivation

Produkte weisen eine stetig steigende Homogenität und eine damit verbundene Austauschbarkeit auf, wodurch es Unternehmen immer schwerer fällt sich über Produkte am Markt zu differenzieren. Dadurch werden Kunden- und Serviceorientierung besonders interessant für die Differenzierung vom Wettbewerb. Durch eine höherwertige und individuelle Kundenbearbeitung können für Unternehmen Wettbewerbsvorteile entstehen. Sämtliche Prozesse und Abläufe innerhalb eines Unternehmens die darauf abzielen werden unter dem Begriff Customer Relationship Management (CRM) zusammengefasst. Diese Prozesse sind allerdings erst zu erkennen, bevor die CRM-Aktivitäten an ihnen ausgerichtet werden können [WH04]. Weiterhin beschreibt CRM ein strategisches Konzept, dass die Gewinnung und Bindung von Kunden durch den Einsatz von CRM-Software fördern soll. Aus technologischer Sicht ist hiermit der Aufbau und die Nutzung einer Kundendatenbank gemeint. Welche Daten sie beinhaltet, hängt von der jeweiligen Zielsetzung des CRM-Systems ab. Fundamentale Daten wie die Adressen und Kontaktdaten der Kunden, sowie komplettete Kundenhistorien (Telefonate, Meetings, E-Mails) sind allerdings in vielen CRM-Systemen vorhanden. Die Literatur teilt das CRM in folgende drei Bereiche auf: kommunikatives CRM, operatives CRM und analytisches CRM. Während das operative und kommunikative CRM den direkten Kontakt und die Steuerung der Kommunikationskanäle unterstützen, ist das analytische CRM für die Erhebung und Auswertung der Kundendaten zuständig [Hel13]. Infolgedessen unterscheiden sich nicht nur die Funktionen der Bereiche, sondern auch die Form in der Daten aufbewahrt werden. Auswertungen beispielsweise setzen Daten völlig unabhängig von den operativen Geschäftsprozessen, in neue, logische Zusammenhänge. In der Regel gilt es diese separat von den operativen Daten aufzubewahren. An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an.

Die CAS Software AG besitzt mit CAS genesisWorld ein Produkt welches den kommunikativen und operativen Bereich des CRM abdeckt. Eine Überlegung des Unternehmens ist, Beziehungen von Personen untereinander zu untersuchen und ihre Ausprägung zu identifizieren. Innerhalb der Firma allerdings existiert keine Datenbank die eine optimale Form der Datenhaltung für solche Analysen bietet. Infolgedessen wurde in der vorliegenden Arbeit eine Lösung für die vorherige Überlegung erarbeitet.

## 1.2 Zielsetzung

Im Rahmen der Arbeit wird eine Lösung entwickelt mit der die Ausprägung einer Beziehung zwischen den Personen aus CAS genesisWorld bewertet werden kann. Außerdem soll eine zufrieden stellende Antwortzeit (< 1s) erreicht werden. Das zu entwickelnde System soll einerseits auf dem Datenbestand von CAS genesisWorld basieren, andererseits auch unabhängig davon funktionieren. Aus technischer Sicht soll eine neue Datenbank und ein neuer Anwendungsserver eingesetzt werden, um Altlasten des bestehenden Systems zu umgehen und bessere Resultate zu erzielen.

Für die Auswahl einer Datenbank sollen technische Neuerungen der letzten Jahre, wie NoSQL- und In-Memory-Datenbanken, berücksichtigt werden. Dabei sollen Eigenschaften der Datenbanken betrachtet und verglichen werden. Zusätzlich sind Technologien für die Kommunikation und Anwendungslogik festzulegen. Weiterhin sind relevante Daten für das neue System aus der CAS genesisWorld Datenbank zu ermitteln. Überdies soll ein Prozess entworfen werden, um die Daten zu extrahieren, transformieren und in die neue Datenbank einzufügen. Außerdem sollen die Funktionen des Anwendungsservers über Schnittstellen ansprechbar sein. Um die Daten des neuen Systems aktuell zu halten sollen entsprechende Lösungswege erarbeitet werden. Weiterhin sind die Abfrageergebnisse für den Benutzer grafisch aufzubereiten. Die dazu entwickelte Oberfläche soll möglichst übersichtlich und einfach zu handhaben sein.

## 1.3 Gliederung der Arbeit

Die weiteren Arbeiten untergliedern sich in folgende Abschnitte:

**Grundlagen** In Kapitel 2 werden Grundlagen zum besseren Verständnis der Arbeit vermittelt. Zuerst wird auf den Begriff NoSQL aus dem Bereich der Datenbanken eingegangen. Dabei werden die unterschiedlichen Typen von NoSQL-Datenbanken vorgestellt. Nachdem ein Überblick über die Ausprägungen von NoSQL-Datenbanken gegeben wurde, werden die einschlägigen Begriffe im Bereich NoSQL erläutert. Die Begriffe werden im Voraus behandelt, da sie in der Evaluation von Datenbank auftauchen. Neben NoSQL gewann in den letzten Jahren der Terminus In-Memory an Aufmerksamkeit. Daher wird ein kurzer Einblick in die Thematik gegeben. Des Weiteren wird das Component Object Model erläutert. Die Grundlagen in dieser Technologie verschaffen einen Einblick in die technische Basis von CAS genesisWorld, welche für spätere Betrachtungen benötigt werden.

**Analyse** In Kapitel 3 wird die Architektur, sowie einzelne relevante Bestandteile von CAS genesisWorld untersucht. Weiterhin werden die für die Umsetzung benötigten Daten aus der CAS genesisWorld Datenbank ermittelt, die Anforderungen an das neue System erhoben und das umzusetzende Szenario näher beschrieben.

**Evaluation** Die Untersuchung, Gegenüberstellung und Auswahl einer geeigneten Datenbank wird im Kapitel 4 behandelt. Bei der Untersuchung der Datenbanken werden ihre Eigenschaften, sowie Stärken und Schwächen näher beschrieben. Weiterhin werden Eigenschaften für den Vergleich der Datenbanken festgelegt. Anschließend wird unter Beachtung der Anforderungen eine Datenbank ausgewählt.

**Konzeption** In der Konzeption wird die Architektur des neuen Systems entworfen. Weiterhin werden in Kapitel 5 Strukturen und Konzepte zur Definition eines Systemmodells entworfen. Darauf aufbauend werden die einzelnen Komponenten des Modells ausgearbeitet und die zur Umsetzung benötigten Technologien erläutert.

**Umsetzung** In Kapitel 6 wird auf die Umsetzung der Planungen eingegangen. Dabei wird auf abstrakte Weise beschrieben, wie die Implementierung arbeitet. Es wird bewusst auf den Einsatz von Quelltext verzichtet, um die Struktur und die Abläufe innerhalb der Komponenten in den Vordergrund zu stellen.

**Ergebnis** Die abschließende Betrachtung fasst die Ergebnisse der Arbeitsschritte in Kapitel 7 zusammen. Dabei wird weniger auf die konkreten Bestandteile eingegangen, sondern vielmehr auf die Charakteristika des neuen Systems. Das Vorgehen bei der Beschreibung wird durch die zuvor erhobenen Anforderungen geleitet. Zum Schluss schließt die Arbeit mit einem Ausblick auf weiterführende Gedanken.



## 2. Grundlagen

Das Kapitel Grundlagen geht zu Beginn auf den Begriff NoSQL ein und stellt die verschiedene NoSQL-Implementierungen vor. Dabei wird unter anderem auf grundlegende Begriffe aus dem NoSQL Umfeld eingegangen. Anschließend werden Eigenschaften und Unterscheidungsmerkmale von In-Memory-Datenbanken behandelt. Abschließend soll ein Einblick in das Component Object Model (COM) gegeben werden. Dabei wird die allgemeine Funktionsweise dargelegt und wichtige Komponenten des Standards erläutert.

### 2.1 NoSQL - Eine Einführung

Der Terminus NoSQL bezeichnet Datenbanken die nicht dem Ansatz der relationalen Algebra folgen. Ihre Entstehung ist auf die schlechte horizontale Skalierbarkeit von relationalen Datenbanken zurückzuführen. Verfügbarkeit und Skalierbarkeit sind unter gewissen Umständen wichtiger als Atomarität und Konsistenz. Dieser Umstand führte neben der Entwicklung von NoSQL-Datenbanken zur Entstehung von Datenbanken die unter dem Terminus NewSQL zusammengefasst werden. Sie verfolgen einen anderen Ansatz als NoSQL-Datenbanken und werden im Rahmen dieser Arbeit nicht näher betrachtet, weshalb weiterhin auf [Sto11] verwiesen wird. Weiterhin lassen sich NoSQL-Datenbanken anhand ihres Datenmodells unterscheiden. Nach [Vai13] ist eine Klassifizierung in folgende Kategorien möglich:

#### 2.1.1 Document Stores

Document Stores koppeln komplexe Datenstrukturen (Dokumente) mit einem eindeutigen Schlüssel. Der Datenzugriff findet in der Regel über das HTTP-Protokoll mit REST-API oder über das Apache Thrift-Protokoll statt [ASK07]. In Document Stores gibt es außerdem kein Schema. Statt jeden Datensatz in einer Zeile bestehend aus Spalten zu speichern, werden sie in einem Dokument abgelegt. Diese können als eine Datei auf dem Dateisystem betrachtet werden. Solche Dokumente können alle möglichen Daten aufnehmen und müssen dabei keinem Schema folgen. Trotz der Schemafreiheit sind sie nicht frei von formellen Restriktionen. Die meisten der verfügbaren Datenbanken unter dieser Kategorie benutzen XML, JSON, BSON oder YAML. Document Stores eignen sich für den Einsatz von dynamischen Entitäten, die unregelmäßige Strukturen besitzen.

### 2.1.2 Extensible Record Store

Extensible Record Stores, auch Wide Column Stores genannt, speichern Daten mehrerer Einträge in Spalten anstatt in Zeilen. Jeder Eintrag einer Spalte besteht aus einem Namen, den Daten und einem Zeitstempel.

In Extensible Record Stores werden sogenannte Spalten-Familien zur Gruppierung ähnlicher oder verwandter Inhalte verwendet. In Abbildung 2.1 ist eine solche Spalten-Familie zu sehen. Spalten-Familien besitzen keine logische Struktur und geben somit kein Schema vor. Weiterhin können sie Millionen von Spalten beinhalten. Verwandte Spalten werden in Spalten-Familien durch eine von der Anwendung bereitgestellte Reihe von Schlüsseln identifiziert. Weiterhin muss in einer Spalten-Familie nicht jede Zeile aus den gleichen Spalten bestehen.

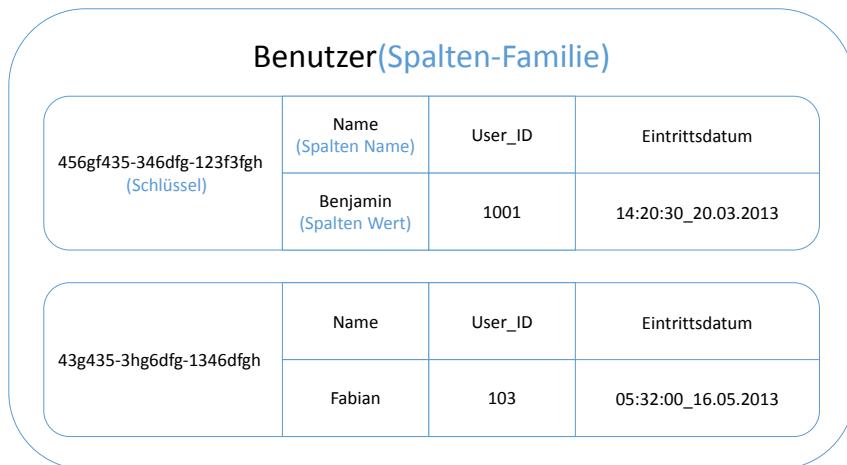


Abbildung 2.1: Beispiel einer Spalten-Familie

Diese Architektur bringt einige Vorteile mit sich. Meist weisen Werte in Spalten eine geringe Entropie auf, was sie besonders geeignet für Kompressionsverfahren macht. Ein anderer Vorteil ist die Beschleunigung in der Verarbeitung von Anfragen, da keine unnötigen Informationen gelesen werden. Dies trifft in der Regel für Lese- und Schreibprozesse zu, wenn es um eine einzelne Spalte geht (in der Regel ein disk-seek). Allerdings nimmt die Geschwindigkeit beim Zugriff auf eine steigende Anzahl von Spalten ab.

### 2.1.3 Key-Value-Store

Grundsätzlich verwendet der Key-Value-Store eine einfache Form der Datenspeicherung. Ein bestimmter Schlüssel referenziert auf einen Wert, der eine willkürliche Zeichenkette sein kann. In einigen Umsetzungen können die Werte außer Strings auch Listen, Sets oder auch Hashes beinhalten. Der Zugriff auf die Werte erfolgt über einen eindeutigen Schlüssel, d.h. jeder Schlüssel repräsentiert ein eindeutig identifizierbares Objekt. Im Gegensatz zu relationalen Datenbanken haben Key-Value-Stores keine Kenntnis über das Datenmodell und sind daher schemafrei. Sie setzen sich zum Ziel skalierbar und fehlertolerant zu sein. Zu den Einsatzorten zählen Web-Applikationen mit vielen aber einfachen Daten.

### 2.1.4 Graphdatenbank

Eine Graphdatenbank verwendet die Graphentheorie zur Abbildung und Abfrage von Beziehungen [RWE13]. Im Grunde besteht eine solche Datenbank aus einer Menge von Knoten und Kanten. Jeder Knoten repräsentiert dabei eine Entität, wohingegen Kanten Beziehungen oder Verbindung zwischen zwei Knoten darstellen. Abbildung 2.2 verdeutlicht

dies in einem Beispiel. Knoten definieren sich durch einen sogenannten "unique identifier", sowie durch die Anzahl abgehenden und/oder eingehenden Kanten und einer Menge von Attributen. Kanten werden wie Knoten definiert, nur dass diese, anstatt Knoten, einen Start- und End-Knoten besitzen. Graphdatenbanken eignen sich gut für die Analyse von Verbindungen, weshalb sie oft zur Datengewinnung im Social Media Umfeld genutzt werden.



Abbildung 2.2: Objekte in einer Graphdatenbank

### 2.1.5 Theoretische Grundlagen

Im Nachfolgenden werden die durch die NoSQL Bewegung geprägten Begriffe und Konzepte erläutert.

**Replikation** Replikation im Falle von verteilten Datenbanken bedeutet, dass ein Datenelement auf mehr als einem Knoten gespeichert ist. Dies ist sehr nützlich, um Leseleistungen der Datenbanken und deren Ausfallsicherheit zu erhöhen. Ermöglicht wird dies durch einen Load-Balancer, der Lesevorgänge über viele Maschinen verteilt.

**Fragmentierung** Fragmentierung in der Datenbank ist der Zustand, bei dem die Daten in mehrere Fragmente aufgeteilt wurden. Diese können dann über viele Knoten verteilt werden. Die Datenpartitionierung kann beispielsweise mit einer konsistenten Hash-Funktion erfolgen, die auf dem Primärschlüssel der Datenelemente angewendet wird, um das zugehörige Fragment zu bestimmen.

**Eventuelle Konsistenz** Später in diesem Kapitel wird das CAP-Theorem eingeführt, welches besagt, dass verteilte Datenbanken entweder stark konsistent oder verfügbar sein können. Da in den meisten NoSQL Datenbanken Verfügbarkeit und Partitionstoleranz priorisiert werden, entstand das Konzept der eventuelle Konsistenz. Es stellt eine abgeschwächte Art der starken Konsistenz dar. Starke Konsistenz bedeutet, dass alle mit der Datenbank verbundenen Prozesse immer die gleiche Version der Daten sehen. Eventuelle Konsistenz ist schwächer und garantiert nicht, dass jeder Prozess die selbe Version sieht.

**Multiversion Concurrency Control (MVCC)** MVCC ist eine effiziente Methode, mehrere Prozesse auf die selben Daten parallel zugreifen zu lassen, ohne eine Beschädigung der Daten und Deadlocks zu riskieren. Es ist eine Alternative zu den Lock-basierten Ansätzen, wobei jeder Prozess zuerst eine exklusive Sperre auf einem Datenelement anfordern muss, bevor er ihn lesen oder aktualisieren kann. Zu diesem Zweck werden intern verschiedene Versionen eines Objektes gehalten.

**MapReduce** MapReduce ist ein von Google entwickeltes Programmiermodell für verteilte Berechnungen und ist in einem Artikel von Dean und Ghemawat [DG08] beschrieben. Anwendungen, die mit dem MapReduce-Framework geschrieben werden, können automatisch auf mehreren Computern verteilt werden, ohne dass der Entwickler einen benutzerdefinierten Code für die Synchronisation und Parallelisierung schreiben muss. Es kann verwendet werden, um Aufgaben auf großen Datenmengen durchzuführen, die zu groß für eine einzelne Maschine zu handhaben wären.

**Vektoruhren** Vektoruhren basieren auf der Arbeit von Lamport [Lam78] und werden von vielen Datenbanken verwendet, um festzustellen, ob ein Datenelement durch konkurrierende Prozesse verändert wurde. Jedes Datenelement besitzt eine Vektoruhr, welche aus Tupeln mit verschiedenen Zeitpunkten besteht. Jeder Zeitpunkt stellt einen Prozess dar, der eine Modifikation an dem Datenelement vorgenommen hat. Jede Uhr beginnt bei Null und wird durch seinen Prozess bei jedem Schreibvorgang erhöht. Um den eigenen Wert der Uhr zu erhöhen, verwendet der Schreibprozess das Maximum aller Werte der Uhren im Vektor und erhöht sie um eins. Wenn zwei Versionen eines Elements zusammengeführt werden, können die Vektoruhren benutzt werden, um Konflikte zu erkennen. Wenn mehr als ein Wert einer Uhr differenziert, muss ein Konflikt vorhanden sein. Wenn es keinen Konflikt gibt, kann die aktuelle Version durch den Vergleich der Maxima der Uhren ermittelt werden.

**Das CAP-Theorem** Das CAP-Theorem wurde von Brewer erstmals in einem Symposium [Bre00] über den Trade-Off in verteilten Systemen eingeführt und wurde später von Gilbert und Lynch [GL02] formalisiert. Es besagt, dass in einem verteilten Datenspeichersystem nur zwei Merkmale aus Verfügbarkeit, Konsistenz und Partitionstoleranz garantiert werden können. Verfügbarkeit bedeutet in diesem Fall, dass die Clients in einem bestimmten Zeitraum immer Daten lesen und schreiben können. Eine partitionierte, verteilte Datenbank ist fehlertolerant gegenüber temporären Verbindungsproblemen und ermöglicht es Partionen über Knoten zu trennen. Ein System das tolerant partitioniert ist, kann nur eine starke Konsistenz durch Verminderungen in seiner Verfügbarkeit erreichen. Grund dafür ist, dass es zuerst sicherstellen muss, ob jeder Schreibvorgang abgeschlossen wurde, bevor er eine Replikation durchführen kann. Allerdings kann es vorkommen, dass dies in einer verteilten Umgebung nicht möglich ist. Ursachen dafür können Verbindungsfehler oder andern temporäre Hardwareprobleme sein.

## 2.2 In-Memory-Datenbanken

Eine In-Memory-Datenbank (IMDB) ist ein Datenbankmanagementsystem, das in erster Linie den Hauptspeicher als Medium für die Datenablage verwendet. Eine IMDB wird auch als Hauptspeicherdatenbank (MMDB) oder Echtzeitdatenbank (RTDB) bezeichnet. IMDBs sind schneller als die auf Festplatten zugreifenden Datenbanken, da der Hauptspeicher wesentlich niedrigere Zugriffszeiten aufweist. Außerdem führen sie weniger CPU-Befehle beim Lesen und Schreiben aus und ihre internen Optimierungsalgorithmen sind viel

einfacher gestaltet. Einsatz finden sie vor allem in Anwendungen in denen geringe Reaktionszeiten von entscheidender Bedeutung sind. Mehrkernprozessoren, 64-bit-Architekturen und gesunkene RAM-Preise stellen die treibenden Faktoren in der Entwicklung solcher Systeme dar [Pla13a].

Die hohe Performance dieser Systeme resultiert nicht nur durch die Datenhaltung im Hauptspeicher. Vielmehr müssen bisherige Konzepte im Datenbankentwurf neu überdacht werden. Beispielsweise besitzen IMDB, die den relationalen Ansatz verfolgen, geänderte Abfrageoptimierer. In herkömmlichen RDBMS sind Lese- und Schreiboperationen eine der wichtigsten Faktoren zur Bestimmung des optimalen Abfrageplans. In IMDB spielen sie allerdings eine stark untergeordnete Rolle. Im Gegenzug nimmt die Reduktion von CPU-Zyklen einen höheren Stellenwert ein.

In herkömmlichen Datenbanken ist der Speicherverbrauch kein relevanter Faktor. In IMDB hingegen ist der Einsatz von speicherplatzsparenden Maßnahmen eine Notwendigkeit. Dictionary Encoding, Run-Length Encoding oder Cluster Encoding sind nur einige Techniken zur Reduktion des Speicherplatzverbrauches. Solche Techniken bieten sich vor allem in spaltenorientierten Systemen aufgrund der geringen Entropie innerhalb der Spalten an [AMF06]. Neben den Optimierungsansätzen in der Datenhaltung können Regeln formuliert werden, um nicht mehr verwendete Daten zu erkennen. Dabei kann z.B. zwischen aktiven Daten (Daten von nicht abgeschlossenen Geschäftsprozessen) und passiven Daten (Daten von abgeschlossenen Geschäftsprozessen) unterschieden werden [LLS13]. Wenn ein Geschäftsprozess in sich abgeschlossen ist, werden die Daten nur noch aus Datenvorhaltungsgründen aufbewahrt. Die zur Datenaufbewahrung benötigte Hauptspeicherkapazität kann durch solche Regeln stark reduziert werden.

In traditionellen Datenbanken stellt das Wiederherstellen aufgrund des nicht flüchtigen Speichers kein Problem dar. IMDB müssen dagegen für den Fall eines Systemausfalls Snapshot-Dateien anlegen. Diese werden zur Wiederherstellung des Datenbestandes benötigt. Snapshots sind Abbilder des aktuellen Datenbestandes. Um Rücksicht auf die Performance zu nehmen, werden die Snapshots entweder in Intervallen oder zu festgelegten Ereignissen erzeugt. Damit die Veränderungen an Daten zwischen Snapshots nicht verloren gehen, werden sie in Log Dateien zwischengespeichert. Zusammen mit den Snapshots bilden sie die Grundlage für die Datenwiederherstellung.

An dieser Stelle endet der Abschnitt über Datenbanken. Im Folgenden wird auf das Component Object Model eingegangen.

## 2.3 Component Object Model

Component Object Model (COM) ist ein binärer Schnittstellenstandard für Software-Komponenten, der von Microsoft im Jahr 1993 eingeführt wurde [Loo01]. Es wird verwendet um Interprozesskommunikation und dynamische Objekterstellung in einer Vielzahl von Programmiersprachen zu ermöglichen. Um zu verstehen was COM ist (und damit alle COM-basierten Technologien), muss einem klar sein, dass es sich nicht um eine objekt-orientierte Sprache, sondern um einen Standard handelt. Er definiert nicht die Sprache, Struktur oder Implementierungsdetails. Jede dieser Entscheidungen werden dem Programmierer überlassen. Es spezifiziert lediglich ein Objektmodell und die Anforderungen an die Kommunikationen zwischen COM-Objekten und anderen Objekten. Es spielt dabei keine Rolle, ob Objekte sich im gleichen oder in unterschiedlichen Prozessen befinden. Sie können sogar auf unterschiedlichen Rechnern laufen. Die Umsetzung in verschiedenen Sprachen ist durch die Umsetzung der Kommunikation in binären Maschinencode möglich. Das führt dazu, dass COM des öfteren als binärer Standard referenziert wird.

COM bietet die Möglichkeit auf viele der Windows-Funktionen direkt zuzugreifen. Des weiteren ist COM die Basis für die OLE-Automation<sup>1</sup>(Object Linking and Embedding) und ActiveX<sup>2</sup>. Die Verwendung des COM-Standards bietet folgende Vorteile:

- Sprachunabhängigkeit
- Versionsunabhängigkeit
- Plattformunabhängigkeit
- Objektorientierung
- Ortsunabhängigkeit
- Automatisierung

### 2.3.1 Architektur

COM basiert auf dem Client-Server-Prinzip. Wie in Abbildung 2.3 zu sehen, erzeugt ein COM-Client eine COM-Komponente in einem so genannten COM-Server und nutzt die Funktionalität des Objektes über COM-Schnittstellen.

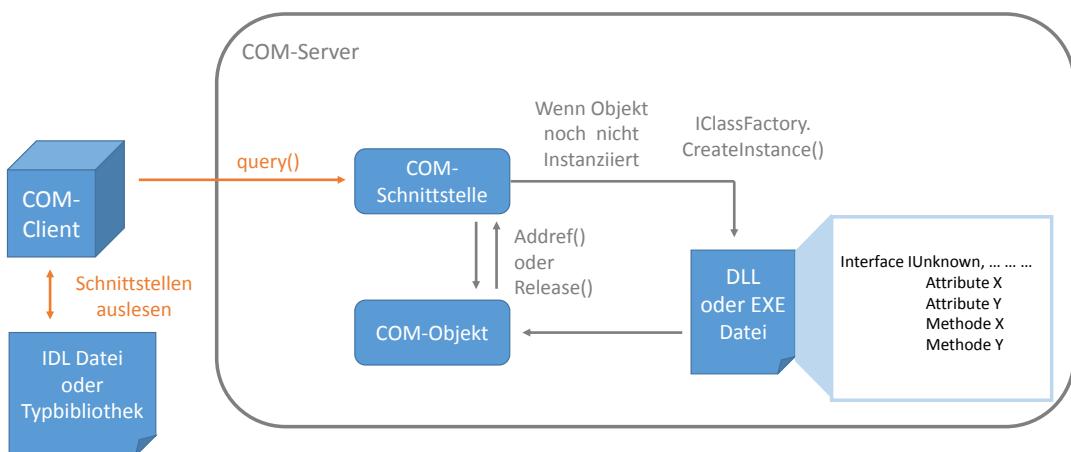


Abbildung 2.3: Das Konzept von COM

### 2.3.2 COM-Client

Der COM-Client stellt den Benutzer einer COM-Komponente dar. Die Nutzung der COM-Komponenten erfolgt über sogenannte Interfaces. Interfaces werden über Typbibliotheken veröffentlicht oder liegen in Form von Beschreibungen in der Interface Definition Language (IDL) vor. Einem Client steht außerdem die Möglichkeit einer Abfrage zur Verfügung, mit der er feststellen kann, ob ein Objekt das angefragte Interface unterstützt. Dabei wird lediglich eine Abfrage an das ausgewählte Objekt gestellt, die eine Globally Unique Identifier (GUID) als Übergabeparameter besitzt. Falls das Objekt das geforderte Interface unterstützt, liefert es den entsprechenden Pointer zur Methode zurück.

<sup>1</sup>OLE ist ein dynamisches Datenaustauschverfahren zur dynamischen Verknüpfung von Objekten auf der Desktop-Ebene. Dadurch können Daten von OLE-fähigen Anwendungen untereinander verknüpft werden

<sup>2</sup>ActiveX bezeichnet ein Softwarekomponenten-Modell. Es ermöglicht den Zugriff auf Datenbanken sowie weiteren Anwendungen und Programmierungen. Im Internet-Explorer beispielsweise wird mithilfe von ActiveX der MediaPlayer zum öffnen von Multimedia-Dateien aufgerufen

### 2.3.3 COM-Server

Ein COM-Server wird durch eine DLL oder ausführbare Datei realisiert, die eine COM-Komponente beinhaltet oder bereitstellt. Dabei wird zwischen 3 Arten von COM-Servern unterschieden. Die erste Variante ist der In-process-Server, der sich dadurch auszeichnet, dass er beim instanziieren einer COM-Komponente in den Prozess der Anwendung (COM-Client) übertragen wird. Der Local-Server hingegen tritt in Form eines ausführbaren Programmes auf, der COM-Komponenten implementiert. Dieser wird gestartet sobald ein COM-Client die COM-Komponente des Servers instanziert. Die Kommunikation erfolgt über ein RPC-Protokoll. Die dritte Variante ist der Remote-Server, der eingesetzt wird sobald ein Netzwerk sich zwischen Client und Server befindet. Dabei wird DCOM (Distributed COM) verwendet, die eine spezielle Variante von COM darstellt. DCOM unterscheidet sich von COM durch den Einsatz eines vollständigen RPC-Protokolls.

### 2.3.4 COM-Schnittstelle

COM ist eine Technologie, die es Objekten ermöglicht über Prozess- und Rechnergrenzen hinweg so einfach wie in einem einzigen Prozess zu interagieren. COM ermöglicht dies durch die Angabe eines einzigen Weges (Schnittstelle), um die Daten eines Objektes zu verändern. Eine COM-Schnittstelle bezieht sich auf eine vordefinierte Gruppe von verwandten Funktionen aus einer Klasse. Eine Schnittstelle allerdings muss nicht unbedingt alle Funktionen unterstützen die eine Klasse implementiert. Eine Schnittstellenimplementierung wird mit einem Objekt verbunden, sobald eine Instanz des Objektes erzeugt wurde und die Implementierung die Dienste des Objektes bereitstellt. Zum Beispiel definiert ein hypothetisches Interface namens *ISquare* eine Methode A. Diese Methode A soll das Quadrat einer Zahl zurückliefern. Ein Programmierer verwendet vielleicht Integer als Datentyp und ein anderer den Datentyp Double. Auch das Quadrat könnte durch Multiplizieren zweier Zahlen berechnen werden oder durch aufrufen einer Funktion. Das alles spielt für den Client keine Rolle, denn der Verweis des Pointers im Speicher den er letztendlich benutzt, ist durch das Interface definiert und ändert sich nicht.

Eine typische Vorgehensweise für die Entwicklung von Interfaces ist es Funktionalitäten und Daten in logische Mengen zu gruppieren, die der Lösung eines Problems dienen. Ein Interface spiegelt dabei ein Verhalten innerhalb einer Problemdomäne wieder. Im Anschluss werden COM-Klassen durch Entwickeln verschiedener Objekttypen gebildet. Objekttypen repräsentieren Entitäten, die verschiedene Kombinationen von Interfaces benutzen, basierend auf dem gewünschten Verhalten der Entität. Dieser Prozess wird interfacebasiertes Programmieren genannt. Zuletzt wird eine COM-Anwendung als eine Framework oder eine Hierarchie aller COM-Objekte umgesetzt.

### 2.3.5 COM-Objekte

Ein COM-Objekt bietet Funktionen des COM-Servers über ein Interface an. Durch die Implementierung *IClassFactory.CreateInstance()* kann eine Instanziierung im COM-Server vorgenommen werden. Zurückgeliefert wird dann eine Instanz der Klasse. COM-Objekte müssen nicht wieder freigegeben werden, da der COM-Server dies selbst steuert. Bei der Instanziierung eines Objektes wird ein Referenzzähler hochgezählt. Dieser wird durch den Aufruf von *Release()* wieder dekrementiert. Solange der Zähler ungleich 0 ist, bleibt das Objekt erhalten.

### 2.3.6 Interface Definition Language

Die Syntax der Microsoft Interface Definition Language (MIDL) basiert auf der Syntax der Programmiersprache C. Das MIDL-Design gibt zwei verschiedene Dateien vor: die Interface Definition Language (IDL)-Datei und die Anwendungskonfigurationsdatei (ACF).

Die IDL-Datei enthält eine Beschreibung der Schnittstelle zwischen den Client- und Serveranwendung. RPC Anwendungen benutzen die ACF-Datei, um die Eigenschaften von Interfaces, die spezifisch für die Hardware und Betriebssystem-Operatoren sind, zu beschreiben.

## 3. Systemanalyse

Zu Beginn der Arbeiten wird eine Systemanalyse zur Ermittlung des Ist- und Sollzustandes durchgeführt. Nach [Rup13] versteht man darunter das Beschreiben der vorhandenen und zukünftigen Systeme. Im Rahmen der Analyse findet eine Kontextabgrenzung der wichtigsten Bestandteile statt. Dabei wird eine Abgrenzung zwischen dem Umfang und der Umgebung des Systems vorgenommen. Zuerst wird in Abschnitt 3.1 eine Ist-Analyse durchgeführt. In Abschnitt 3.2 wird auf die, an das System gestellt, Anforderungen eingegangen. Aufbauend auf den Anforderungen werden in Abschnitt 3.3 die relevanten Daten für die Umsetzung ermittelt.

### 3.1 CAS genesisWorld

CAS genesisWorld ist eine Software, die Organisation und Zusammenarbeit in Kundenbeziehungen und zwischen Kollegen steigern soll. Alle Informationen bzw. Daten werden in CAS genesisWorld zentral gespeichert und sind so für alle verfügbar. Welche Daten ein Anwender sieht, hängt von seinen Rechten und Einstellungen ab. Die Daten, d.h. Termine, Aufgaben, Adressen, Dokumente usw. werden in CAS genesisWorld von den Nutzern gepflegt und aktuell gehalten. Darüber hinaus lassen sich wie in Abbildung 3.1 dargestellt, alle Daten beliebig miteinander verknüpfen. So werden zusätzliche Zusammenhänge deutlich und der Informationsgehalt steigt. Ein Besprechungstermin lässt sich beispielsweise mit den Adressen der Teilnehmer und dem Dokument der Tagesordnung verknüpfen.

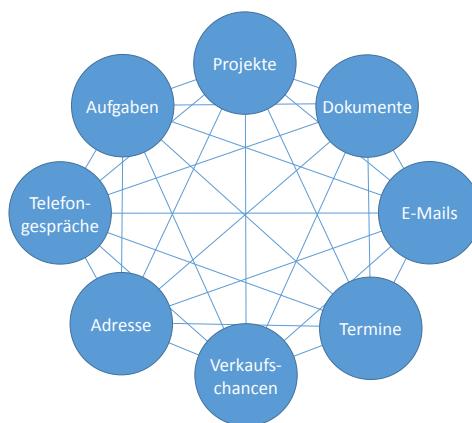


Abbildung 3.1: Verknüpfungen in CAS genesisWorld

### 3.1.1 Architektur

Die N-Tier-Architektur von CAS genesisWorld lässt sich in drei wesentliche Bereiche gliedern:

- Die Präsentationsclients umfassen alle Dienste, die Informationen in Bildschirman-sichten den Benutzern zur Verfügung stellen.
- Der Applikationsserver umfasst alle Dienste, um die Geschäftslogik zu kapseln, Än-derungen zu protokollieren, Benutzerrechte zu prüfen und die aufbereiteten Informa-tionen den Präsentationsdiensten zur Verfügung zu stellen.
- Die Datenbankschicht umfasst alle Dienste die zur Datenhaltung selbst notwendig sind.

### 3.1.2 Präsentationsschicht & Logikschicht

Der CAS genesisWorld Client existiert in Form einer Windowsanwendung sowie als mobile Version in Android, Windows Phone, BlackBerry OS und iOS. Die Kommunikation der Clients mit CAS genesisWorld findet über das REST-Protokoll statt [CSA13].

Die Funktionalität des CAS genesisWorld Anwendungsservers wurde in Form von COM-Objekten implementiert. Damit stehen dessen Dienste auch Dritten zur Verfügung, die dadurch mit eigenen Applikationen die Informationen von CAS genesisWorld präsentie-ren oder weiterverarbeiten können. Als Basisdienste stehen der UserService und der Da-taService zu Verfügung. Für die Anmeldung und Rechteverwaltung ist der UserService zuständig. Der DataService hingegen, ist als zentraler Dienst für den Zugriff auf die CAS genesisWorld Daten verantwortlich. Die Schnittstelle des DataService wurde an Microsoft ADO angelehnt. Auf den Basisdiensten aufbauend existieren die Geschäftsdienste, in Form der Schnittstellen der BusinessServices. Diese bieten spezielle Funktionen zu den jeweiligen Anwendungsbereichen.

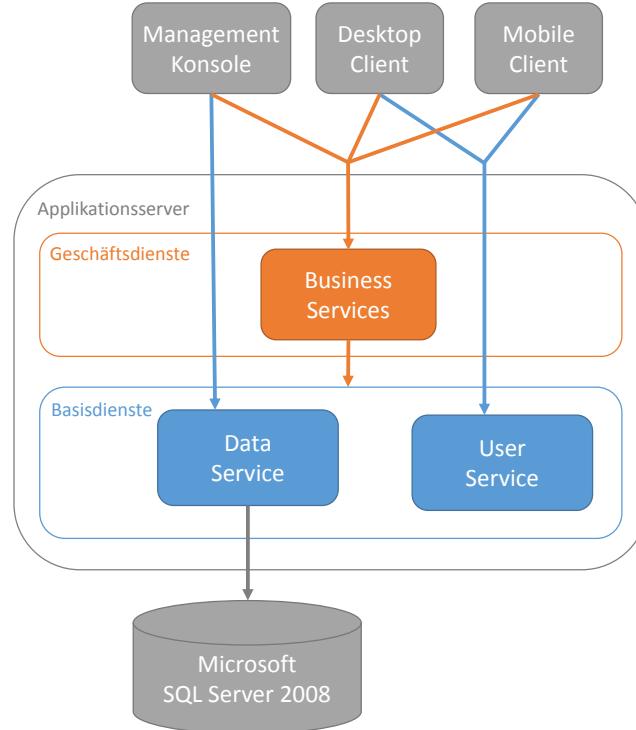


Abbildung 3.2: Schematische Darstellung der Architektur von CAS genesisWorld

**Server-SDK-Plugins** Die Server-SDK-Plugins bieten die Möglichkeit die Datenverarbeitung, um eine eigene Logik zu erweitern oder zu modifizieren.

Realisiert werden die Plugins als COM-Objekte, die ein Plugin-Interface namens *IGWSDK-DataPlugIn* implementieren. Das erstellte COM-Objekt wird im Server von CASgenesisWorld registriert. Der Server delegiert bei einer Datenoperation den Aufruf an die für den jeweiligen Datensatztypen registrierten Plugins. In Abbildung 3.3 ist ein Beispiel des Vorgangs dargestellt.

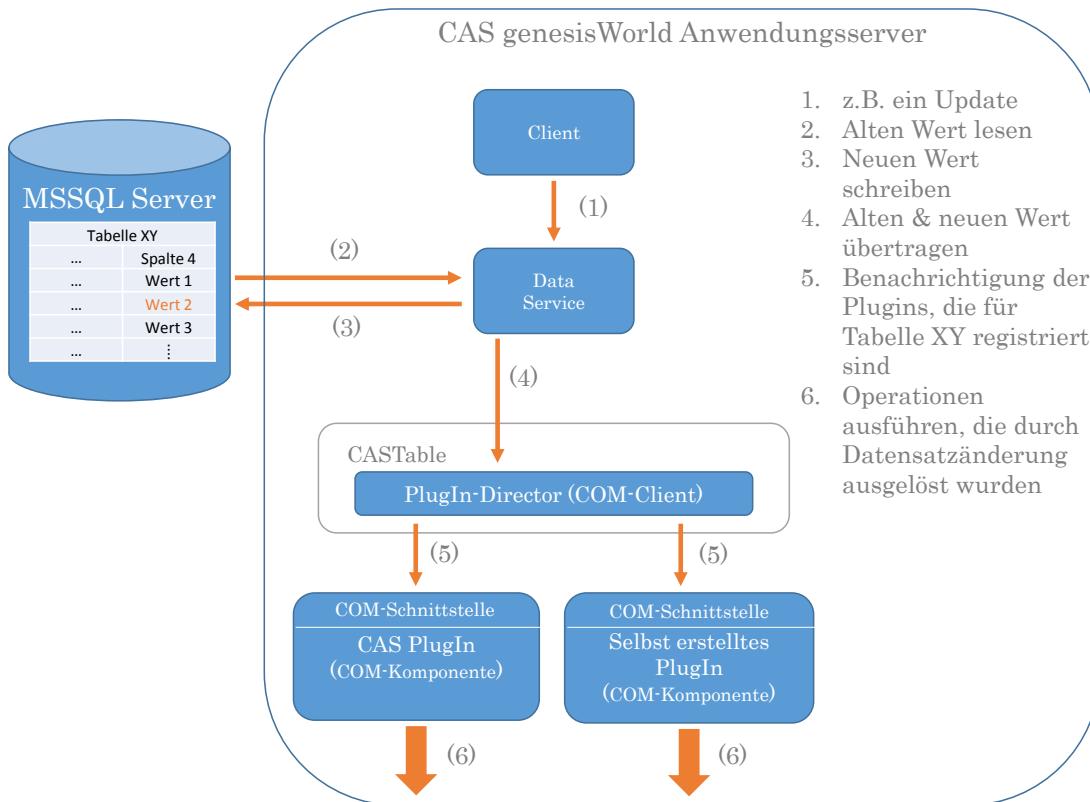


Abbildung 3.3: Beispiel zur Benachrichtigung von Plugins anhand eines Ablaufs bei einem Update

Im Allgemeinen stehen in den COM-Schnittstellen der Plugins, jeweils alle Felder eines Datensatz-Typen zur Verfügung, sowie die individuelle Teilmenge der Felder mit neuen Werten. In den Plugins besteht somit die Möglichkeit, alte bzw. neue Werte von Feldern zu untersuchen und zu vergleichen und auf das Ergebnis zu reagieren.

Die Werteteilmenge des aktuell verarbeiteten Datensatzes kann verändert, d.h. erweitert oder reduziert werden und die Werte selber sind änderbar. Darüber hinausgehend sind auch automatisierte Aktionen realisierbar, die weitere Datensätze betreffen. So könnten z.B. abhängig von den Eingangswerten einer neu angelegten Adresse, neue Aufgaben angelegt und mit Inhalt versehen werden. Einige automatische Datenoperationen von CASgenesisWorld werden über CAS-Plugins realisiert, die mit den SDK-Plugins verwandt sind.

### 3.1.3 Datenhaltungsschicht

Die Datenhaltungsschicht enthält einen Microsoft SQL Server 2008 (MSSQL). Der SQL Server ist ein relationales Datenbankmanagementsystem (RDBMS) von Microsoft, dass

für den Einsatz im Konzernumfeld konzipiert wurde. MSSQL verwendet T-SQL (Transact-SQL), eine Erweiterungen von Sybase und Microsoft, die mehrere Funktionen zum SQL-Standard hinzufügt [Cor13]. Weiterhin unterstützt MSSQL standardisierte Datenbankschnittstellen, wie Open Database Connectivity (ODBC) und Java Database Connectivity (JDBC).

In den meisten relationalen Datenbanken werden Beziehungen über Primär- und Fremdschlüssel abgebildet. In der CAS genesisWorld Datenbank werden nur Primärschlüssel eingesetzt. Die Beziehungen werden nicht wie sonst in mehreren Zwischentabellen realisiert, sondern in einer einzigen Tabelle namens *TableRelation*. Abbildung 3.4 zeigt eine beispielhafte, schematische Darstellung der *TableRelation*.



Abbildung 3.4: Funktionsweise der *RelationTable* anhand eines Beispiels

Die Spalten *GUID1* und *GUID2* beinhalten die jeweiligen Primärschlüssel der in Beziehung zu setzenden Tabellen. Mithilfe der Spalten *TableSign1* und *TableSign2* können die *GGUIDs* den Tabellen, aus denen sie entstammen, zugeordnet werden. Die *GGUID* ist in der gesamten Datenbank eindeutig und dient als Primärschlüssel für jede Tupel in der Datenbank. Jede Tabelle besitzt eine *GGUID*-Spalte mit der eine Datenintegrität in der gesamten Datenbank sicherstellt wird.

## 3.2 Anforderungsanalyse

Während der Anforderungsanalyse wird ermittelt, welche Eigenschaften und Fähigkeiten das System zur Erreichung der Ziele benötigt. Bei der Einteilung der Anforderungen wird zwischen Funktionalen und Nichtfunktionalen unterschieden. Bei ersterem wird die Funktionalität des zu erstellenden Systems beschrieben, wohingegen alle anderen Anforderungen unter letzteres fallen.

Bevor wir auf die funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen eingehen, wird das umzusetzende Szenario näher beschrieben. Mit dem zu entwickelndem System soll eine Bewertung der Beziehung zwischen Personen aus CAS genesisWorld ermöglicht werden. Indessen soll ermittelt werden, welche Personen die ausgeprägteste Beziehung zu einer vorher bestimmten Person besitzen. Die Bewertung der Ausprägung basiert auf der Anzahl von Kontakten zwischen den Personen. Ein Kontakt wird dabei anhand von fünf verschiedenen Merkmalen ermittelt. Zu einem wird der E-Mail-Verkehr unter den Personen für die Betrachtung herangezogen. Überdies werden in der Bewertung Telefonate zwischen Personen beachtet. Außerdem spielen nachvollziehbare Treffen (Termine) zwischen den Personen eine Rolle. Zwischen Personen geteilte Dokumente werden auch als Merkmal festgesetzt. Das letzte Merkmal ist die Verkaufschance gegenüber einem Kunden. Wie ausgeprägt

letztendlich die Beziehung zu einer anderen Person ist, wird anhand der Anzahl solcher Merkmale ermittelt. Auf die fünf Merkmale wird im weiteren Verlauf der Arbeit nur noch mit dem Begriff "Verbindungsmerkmale" verwiesen. Weiterhin ist die Betrachtung nicht auf die gesamte Dauer des Kontakts vorgesehen, sondern auf festgelegte Zeitspannen. Beispielsweise sollten die Ergebnisse auf den Zeitraum vom 01.02 bis 10.08.2013 eingrenzbar sein. Zusätzlich sollten weitere Eingrenzungen möglich sein, die im folgenden Abschnitt beschrieben werden.

### 3.2.1 Funktionale Anforderungen

Folgende funktionale Anforderungen wurden erhoben:

- Das System soll die Anzahl von Verbindungsmerkmalen zwischen Personen ermitteln können
- Das Abfrageergebnis soll eine Rangordnung unter den Personen besitzen und auf der Summe von Verbindungsmerkmalen basieren
- Das Abfrageergebnis soll die Summe der gesamten Verbindungsmerkmale zu den jeweiligen Person enthalten sowie die Summe der einzelnen Verbindungsmerkmale
- Benutzer sollen das Abfrageergebnis auf eine bestimmte Anzahl von Personen eingrenzen können
- Der Zeitraum soll durch den Benutzer beliebig eingrenzbar sein
- Suchkriterien sollten durch den Benutzer ein- und ausgeblendet werden können, ohne eine neue Abfrage senden zu müssen
- Gewichtung der Verbindungsmerkmale durch den Nutzer
- Gewichtung von Zeitspannen durch den Nutzer
- Filterung der Ergebnismenge durch:
  - Ausschließen von Personen oder Eingrenzen auf Personen
  - Städte und/oder Länder der Personen
  - Verringern auf Personen, die einem Unternehmen zugeordnet sind
  - Beschränken auf Kontakt Personen von Unternehmen
  - Begrenzen auf Kontakt Personen die keinem Unternehmen angehören
  - Vermindern um Personengruppen

### 3.2.2 Nichtfunktionale Anforderungen

Folgende nichtfunktionale Anforderungen wurden erhoben:

- Eine Rechnerinstanz für Datenbankserver und Applikationsserver
- Sehr kurze Antwortzeiten (< 1s)
- Lose Kopplung (zwischen Logik und Darstellung)
- Portabilität
- Graphische Darstellung des Ergebnisses
- Keine zusätzliche Kosten

### 3.3 Ermittlung relevanter Daten

Die Datenbank der CAS Software AG umfasst 398 Tabellen, die zusammen wiederum 11.620 Spalten beinhalten. Aufgrund einer fehlenden Dokumentation über die Umsetzung der Anwendungsschicht und Beziehungen nicht über Fremdschlüssel identifiziert werden können wurde ein eigenes Verfahren zur Ermittlung von Beziehungen entwickelt.

Für den Ausgangspunkt der Suche wurde eine Tabelle namens *SysUser* verwendet. Sie beinhaltet jeden Benutzer des Systems. Ihre Eignung beruht auf der Annahme, dass bei der Bewertung von Beziehungen zwischen Personen, die Person selbst den Ausgangspunkt der Suche darstellt. Daher wird zuerst eine Tupel der *SysUser* Tabelle mit ihrer *GGUID* herangezogen. Die *GGUID* ist der erste Wert nachdem in der gesamten Datenbank gesucht wird. Sobald alle Tabellen gefunden wurden, die den Wert beinhalten, wird eine *GGUID* aus jeder Tabelle für die weitere Suche verwendet. Die Anzahl der zu durchsuchenden Tabellen werden nach jedem Schritt um die bereits gefundenen Tabellen verringert. Die Suche wird abgebrochen, sobald die Suchmenge keine Werte mehr aufweist oder keine Tabellen mehr mit den entsprechenden Werten gefunden wurden. Durch dieses Vorgehen werden alle Beziehungen ermittelt, die durch Verwendung der *GGUID* als Referenzwert identifiziert werden können. In Abbildung 3.5 ist ein auf das Wesentliche reduzierter Ausschnitt des Ergebnisses zu sehen.

Von den ursprünglichen 398 Tabellen sind nur noch 17 übrig geblieben, auf die im weiteren Verlauf eingegangen wird. Alle Tabellen enthalten in der ursprünglichen Form wesentlich mehr Spalten und wurden der Übersicht halber entfernt. Tabelle *SysUser* besitzt drei Spalten die von Bedeutung sind. Eine davon ist die *GGUID*, die im Folgenden nicht weiter erwähnt wird, da sie jede Tabelle enthält. Die *OID* wird für jeden Nutzer einmalig vergeben und wird in anderen Tabellen als Zuordnungsmerkmal verwendet. *LoginName* ist der Benutzername des Nutzers und kann beim Anmelden auf der Oberfläche verwendet werden.

Um Personen aus bestimmten Gruppen aus der Abfrage auszuschließen werden die Tabellen *SysGroupMember* und *SysGroup* benötigt. Die *GID* der Tabelle *SysGroup* wird als Referenzierungswert in anderen Tabellen verwendet, um auf Gruppen zu verweisen. Die Spalte wird später zur Zuordnung von Gruppen benötigt. Die Spalte *GroupName* wird zum anzeigen der Gruppennamen an der Oberfläche benötigt. *SysGroupMember* stellt die Auflösungstabelle zwischen *SysUser* und *SysGroup* dar. Die Spalte *GroupID* beinhaltet Werte aus der Spalte *GGUID* der Tabelle *SysGroup*. Bei der Spalte *MemberID* verhält es sich genauso wie bei der Spalte *GroupID*, allerdings enthält sie die *GGUID* der Personen anstatt die *GGUID* der Gruppen. Die Spalte *InsertTimestamp* wird zur Überprüfung der Existenz, zu einem bestimmten Zeitpunkt benötigt.

Die Tabelle *Address0* wird zur Umsetzung der restlichen Filterungen benötigt. *Town1* und *Country1* geben die Stadt, sowie das Land an, in der die Person ansässig ist. Um festzustellen, ob eine Person eine Kontaktperson, Mitarbeiter oder ein Firmenkontakt ist werden die Attribute *gwIsContact*, *gwIsEmployee* und *gwIsCompany* benötigt. *ChristianName* und *Name* beinhalten den Vor- und Nachname einer Person, welche für die Zuordnung der Ergebnisse an der Benutzeroberfläche hilfreich sind. Weiterhin lassen sich nicht alle Telefongespräche über die dafür bestimmten Tabellen ermitteln. Die Spalten *PhoneFieldStr1* bis *PhoneFieldStr10* ermöglichen es die restlichen Zuordnungen vorzunehmen.

Die Tabelle *TableRelation* enthält, wie in Abschnitt 3.1.3 behandelt, die Verknüpfungen zwischen den Tabellen der Verbindungsmerkmale. Beispielsweise könnten alle Termine einer Person mit ihrer *GGUID* ermittelt werden. Durch dessen Verwendung als *GUID1*, ließen sich alle Verbindungsmerkmale anhand ihrer *GGUIDs* in der Spalte *GUID2* ermitteln. Zur Begrenzung der Ergebnisse auf Termine müsste lediglich noch der Kürzel von Terminen, aus der Spalte *TableSign2*, als Bedingung in der Abfrage genutzt werden.



Abbildung 3.5: Auszug aus dem Schema des MSSQL 2008

Alle Informationen zu den Verkaufschancen finden sich in der Tabelle *GWOpportunity0*. Die Spalte *InsertTimestamp* wird zum Ermitteln des Erzeugungszeitpunktes benötigt. *start\_dt* und *end\_dt* legen den Zeitraum der Verkaufschance fest. Der Besitzer einer Verkaufschance wird über die Spalte *AccountGUID* bestimmt. Mit den Tabellen *EMailStore0*, *Document0* *Appointment0* und *gwPhoneCall0* verhält es sich wie mit der Tabelle *GWOpportunity0*. Bei der Tabelle *EMailStore0* wird allerdings die Spalte *SendDate* zur zeitlichen Einordnung verwendet. Eine weitere Besonderheit ist in der Spalte *DialledNumber* der Tabelle *gwPhoneCall0* vorhanden. Sie wird zum Vergleich mit der in der Adresse hinterlegten

Telefonnummer benötigt. Um festzustellen, ob das Telefonat über einen Tag hinausging wird die Spalte *duration* herangezogen.

Beziehungen lassen sich nicht nur aus der *TableRelation* entnehmen, sondern auch aus den Tabellen die auf *ORel* enden. In ihnen werden Beziehungen aufbewahrt die durch Teilen von Zugriffsrechten entstanden sind. Jede dieser Tabellen enthält eine *OID* bzw. *GID*, die zur Bestimmung der beteiligten Personen dienen.

Eine Betrachtung basierend auf Zeitspannen impliziert die Veränderung von Zuständen und Konstellationen über die Zeit hinweg. Um diese Änderungen zu erfassen wird die Tabelle *ChangeLogBook* benötigt. Die Spalte *NewFieldValue* enthält die neuen Werte von Tupeln, wohingegen die Spalte *OldFieldValue* den alten Wert besitzt. Die durch die Aktualisierung betroffene Spalte ist in der Spalte *FieldName* hinterlegt. Der Name der betroffenen Tabelle ist der Spalte *TableName* zu entnehmen. Die Referenzierung auf eine Tupel wird in der Spalte *TableGUID* vorgenommen. Aus Gründen des Speicherplatzverbrauchs werden nur varchar Datentypen bei Zeichenfolgen verwendet. Varchar ist allerdings auf 4000 Zeichen limitiert. Falls Zeichenfolgen diese Grenze überschreiten, werden diese in der Tabelle *MemoLogBook* abgelegt. Dort wird der Datentyp Text verwendet, der eine maximale Zeichenfolgenlänge von  $2^{31} - 1$  (2.147.483.647) erlaubt.

# 4. Bestimmung einer Datenbank

Ein Ziel der Arbeit ist es kurze Antwortzeiten in der Beantwortung von Benutzeranfragen zu erreichen. Die maßgebende Komponente in diesem Fall ist die Datenbank. Sie führt die zeitintensiven Ermittlungen und Berechnungen des Gesamtsystems durch. Um Anhaltspunkte für mögliche Kandidaten zu bekommen, sollen im Folgenden eine Reihe bekannter Datenbanken vorgestellt und gegenübergestellt werden. Bei der Zusammenstellung wurde darauf geachtet, dass ein möglichst weites Spektrum unterschiedlicher Datenbanken ausgewählt wurde.

## 4.1 Einzelbetrachtung von Datenbanken

Im Folgenden werden nun einige Datenbanken vorgestellt. Dabei wird insbesondere versucht einen guten Überblick über die Charakteristika der einzelnen Datenbanken zu geben. Der dahinter stehende Gedanken ist, dass der Vergleich und die Auswahl, besser nachvollziehbar werden.

### 4.1.1 CouchDB

CouchDB [Cou13] ist eine dokumentorientierte Datenbank, die seit Anfang 2008 unter der Apache-Lizenz verbreitet wird. In CouchDB werden die Daten in Collections anstatt in Tabellen abgelegt. Collections bestehen aus einer Sammlung von unabhängigen Dokumenten. Jedes Dokument verwaltet seine eigenen Daten in einem freien Schema. Ein Dokument hat Feldwerte, die Datentypen (Text, numerisch oder boolean) oder Datenstrukturen (ein Dokument oder Liste) beinhalten. Abfragen werden mit views zum Filtern der Dokumente ausgeführt. In CouchDB werden für Indizes B-Bäume verwendet, sodass die Ergebnisse sortiert und Wertebereich-Anfragen ausgeführt werden können. Abfragen können parallel über mehrere Knoten mit einem MapReduce Mechanismus verteilt werden. CouchDB erreicht Skalierbarkeit durch asynchrone Replikation, nicht durch Fragmentierung. Lesezugriffe können auf beliebigen Server stattfinden, wenn Aktualität keine Rolle spielt. Updates hingegen müssen an alle Server weitergegeben werden. CouchDB unterscheidet sich von anderen Systemen durch die Akzeptanz von eventueller Konsistenz. Es implementiert MVCC auf einzelne Dokumente, mithilfe einer Sequenz-ID, die für jede Version eines Dokuments generiert wird. Eine Anwendung wird von CouchDB benachrichtigt wenn jemand anderes das Dokument aktualisiert hat, seitdem es zuletzt auf der Datenbank abgelegt wurde. Die Anwendung kann dann versuchen die Updates zu kombinieren oder das Update zu wiederholen, um die Daten zu überschreiben. CouchDB erfüllt damit im

lokalen Einsatz die ACID-Eigenschaften. Jede Transaktion ist eine in sich abgeschlossene Operation, die entweder ganz oder gar nicht ausgeführt wird. Es treten keine Seiteneffekte zwischen den Anfragen auf. Außerdem wird die Datenbank immer in einem konsistenten Zustand hinterlassen.

#### 4.1.2 MongoDB

MongoDB ist ein in C++ geschriebener, Open Source Document Store [CD10]. Es besitzt einige Ähnlichkeiten mit CouchDB. Beide bieten Indizes auf Collections, sind lockless, und bieten einen Abfragemechanismus für Dokumente. Es gibt allerdings wichtige Unterschiede:

- MongoDB unterstützt automatische Fragmentierung, die Dokumente über Server verteilt.
- Dynamische Abfragen mit automatischer Verwendung von Indizes werden von MongoDB unterstützt. In CouchDB werden durch das Schreiben von map-reduce-views Daten indiziert und gesucht.
- CouchDB nutzt MVCC bei Dokumenten, wohingegen MongoDB atomare Operation auf Feldern nutzt

MongoDB speichert Daten in einem JSON-ähnlichen, binären Format namens BSON. BSON unterstützt boolean, integer, float, Datum, String-und Binär-Typen. Die Treiber der Clients verschlüsseln die lokalen Dokumentdatenstrukturen in das BSON Format und senden diese an den MongoDB-Server. Weiterhin unterstützt MongoDB die GridFS-Spezifikation für große binär Dateien, wie z.B. Filme oder Bilder. MongoDB unterstützt Master-Slave-Replikation mit automatischem Failover und Recovery. Replikation (und Wiederherstellung) basieren auf dem Prinzip der Fragmentierung. Collections werden über einen benutzerdefinierten Schlüssel automatisch fragmentiert. Die Replikation ist asynchron umgesetzt um höhere Leistung zu erzielen, jedoch können Updates dadurch bei einem Crash verloren gehen.

#### 4.1.3 Voldemort

Projekt Voldemort [Vol13a] ist eine verteilte Key-Value-Store Datenbank (entwickelt von LinkedIn), welches ein hoch skalierbares Speicher-System zur Verfügung stellt. Voldemort repliziert sich durch automatisches Partitionieren und anschließendes Verteilen der Daten auf mehrere Server. Jeder Server stellt einen unabhängigen Knoten im System dar, der für die Verwaltung seiner Daten verantwortlich ist. Dadurch existiert kein Single Point of Failure im Cluster. Ein solches Daten Model erlaubt eine Cluster Expansion, ohne eine Neuverteilung der Daten vornehmen zu müssen. In Voldemort können verschiedene Storage Systeme, wie BerkeleyDB oder MySQL eingesetzt werden.

Für die Ablage der Daten werden in Voldemort sogenannte Stores verwendet. Unterstützt werden lediglich Key-Value Ablagen. Allerdings können die Werte auch komplexe Datenstrukturen wie Maps oder Listen beinhalten. Voldemort stellt für die Datenmanipulation vier verschiedene Operatoren zur Verfügung:

- PUT (Key,Value)
- GET (Key)
- MULTI-GET (Keys)
- DELETE (Key, Version)

Eine Möglichkeit für Bereichsabfragen ist nicht vorhanden. Der Parameter Version, im DELETE-Operator, dient der Unterscheidung der Datensätze und ist auf das Verfahren zur Gewährleistung der Konsistenz zurückzuführen. Zur Gewährleistung der eventuellen Konsistenz werden Timestamps und Vektoruhren eingesetzt. Neben der eventuellen Konsistenz bietet Voldemort einen Betrieb mit starker Konsistenz an.

#### 4.1.4 Redis

Redis [Seg13] ist ein In-Memory-, Key-Value-Store mit einer Option für Persistenz. Redis Datenmodell unterstützt Strings, Hashes, Listen, Mengen und sortierte Mengen. Obwohl Redis für In-Memory-Daten entworfen wurde, kann je nach Anwendungsfall ein (semi-) persistenter Bestand angelegt werden. Dieser wird durch die Intervall basierte Ablage des Datenbestandes auf die Festplatte erreicht. Überdies werden durch Aufzeichnen eines Logs alle ausgeführten Operationen protokolliert. Weiterhin kann Redis mit einer Master-Slave-Architektur repliziert werden. Genau wie andere Key-Value-Stores implementiert Redis insert, delete und lookup Operatoren. Weiterhin setzt Redis atomare Updates durch locking um.

#### 4.1.5 HBase

HBase ist eine verteiltes, Open Source Column Store Datenbanksystem, welches auf Googles BigTable basiert [CDG<sup>+</sup>06]. HBase läuft auf Apache Hadoop und Apache ZooKeeper [HKJR10] und verwendet das Hadoop Distributed Filesystem (HDFS) [SKRC10], um Störung-Toleranz und Replikation zu bieten. Zeilenoperationen sind in HBase atomar, mit Sperren auf Zeilenebene und Transaktionen. Partitionierung und Verteilung sind transparent, da es kein clientseitiges Hashing oder feste Schlüsselräume wie in einigen NoSQL-Systemen gibt. Insbesondere stellt es lineare und modulare Skalierbarkeit, sowie streng konsistenten Datenzugriff und automatische, konfigurierbare Fragmentierung von Daten zu Verfügung. Auf Tabellen kann in HBase über eine Java-, Avro- oder Thrift-API zugegriffen werden. Anwendungen speichern in HBase Daten in Tabellen, die aus Zeilen und Spalten-Familien bestehen. Spalten-Familien beinhalten wiederum Spalten. Darüber hinaus kann jede Zeile einen anderen Satz von Spalten beinhalten. Alle Spalten sind mit einem vom Benutzer bereitgestellten Schlüsselspalte indiziert und in Spalten-Familien gruppiert.

#### 4.1.6 Cassandra

Apache Cassandra ist ein Wide Column Store der von Facebook entwickelt wurde [LM10]. Es ist eine Mischung aus Amazon Dynamo und Google BigTable, wodurch es des öfteren als Hybrid zwischen Key-Value-Store und Column Store bezeichnet wird. Cassandra wurde entwickelt, um große Daten-Workloads über mehrere Knoten, ohne Single Point of Failure zu behandeln. Die Architektur ist von der Annahme geprägt, dass System-und Hardware-Fehler auftreten können und diese auch wirklich auftreten. Cassandra behandelt das Problem von Fehlern durch Verwendung eines Peer-to-Peer-System, in dem alle Knoten gleich sind und die Daten über alle Knoten des Clusters verteilt werden. Jeder Knoten tauscht Informationen über das Cluster im Sekundentakt aus. Ein Commit-Log auf jedem Knoten fängt Schreibaktivität ab, um Datenhaltbarkeit zu gewährleisten. Daten werden zuerst auf eine In-Memory Struktur (memtable) geschrieben. Sobald die Speicherstruktur voll ist werden die Daten in eine Datei (SSTable) auf der Festplatte abgelegt. Alle Schreibvorgänge werden automatisch aufgeteilt und auf mehrere Cluster repliziert.

Cassandras Datenmodell basiert auf einem partitionierten Row-Store mit eventueller Konsistenz. Zeilen werden in Tabellen organisiert, wobei die erste Komponente des Primärschlüssels einer Tabelle der Partition-Schlüssel ist. Innerhalb einer Partition werden Zeilen nach den verbliebenen Spalten des Primärschlüssels geclustert. Andere Spalten können

getrennt vom Primärschlüssel indiziert werden. Was Cassandra von HBase unterscheidet sind ihre Spalten, die in einer verschachtelten Weise in Spalten-Familien gruppiert werden können.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal stellt die Möglichkeit zur Angabe der Konsistenz Anforderung dar, die zum Zeitpunkt der Abfrage angebbar ist. Weiterhin ist Cassandra ein schreiborientiertes System, während HBase entwickelt wurde um hohe Leistung für intensive Leseaufgaben zu erzielen.

#### 4.1.7 VoltDB

VoltDB [Vol13c] ist ein ACID-konformes, relationales In-Memory-Datenbanksystem, abgeleitet vom Forschungsprototyp H-Store [KKN<sup>+</sup>08]. Da VoltDB auf dem Ansatz der relationalen Algebra beruht zählt es zu den NewSQL-Datenbanken. Es basiert auf einer Shared-Nothing-Architektur und wurde entwickelt, um auf einem Cluster mit mehreren Knoten zu laufen. Erreicht wird dies indem die Datenbank in getrennte Partitionen aufgeteilt wird, bei dem jeder Knoten Besitzer und Verantwortlicher für die jeweiligen Partitionen ist. Durch Verwendung von gespeicherten Prozeduren als Transaktionseinheit werden Round-Trip-Messages zwischen SQL-Anfragen verhindert. Die Anfragen werden seriell in einem einzigen Thread ausgeführt, sodass kein locking and latching mehr notwendig ist [Vol13b]. Die Daten werden im Arbeitsspeicher gehalten, was eine Ausführung ohne Netzwerkzugriff und I/O-Vorgänge ermöglicht, falls die Daten nur auf einem Knoten liegen.

#### 4.1.8 H2

H2 ist ein in Java geschriebenes relationales Datenbanksystem, dass im Jahre 2004 von Thomas Müller veröffentlicht wurde. Es wird unter der Eclipse Public License verbreitet und ist damit Open Source. H2 bietet neben den festplattenbasierten Tabellen, auch eine In-Memory Variante an. Tabellen können dabei dauerhaft oder temporär sein. Weiterhin beherrscht H2 referentielle Integrität, Transaktionen, Clustering, Datenkompression, Verschlüsselung und SSL [Mü13]. Die Datenbank kann im Embedded- oder Server-Modus betrieben werden.

### 4.2 Gegenüberstellung

Zur übersichtlichen Gegenüberstellung der Datenbanken wird die Tabelle 4.1 herangezogen. Sie enthält vergleichbare Eigenschaften von Datenbanken, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Die erste Eigenschaft ist das Erscheinungsjahr einer Datenbank, welches Rückschlüsse auf die Ausgereiftheit ermöglicht. Ältere Datenbanken haben bereits viele ihrer anfänglichen Fehler beseitigt, was sie für den Einsatz in produktiven Umgebungen geeignet macht. Natürlich sind ältere Systeme nicht gänzlich frei von Fehlern, allerdings existieren für viele Probleme entsprechende Lösungsansätze. Cassandra zum Beispiel, erhielt über die Jahre neben zahlreichen Bugfixes, MapReduce Support, sekundäre Indizes, verbesserte Komprimierung, eine eigene Query Sprache (CQL). Es gibt allerdings keine Regel die besagt zu welchem Zeitpunkt ein System die Reife für den produktiven Einsatz erreicht hat. Es spielen natürlich auch andere Faktoren bei der Bestimmung der Ausgereiftheit eine Rolle, wie z.B. die Größe des Unternehmens oder Teams das hinter der Datenbank steht. Die Eigenschaft hat weniger den Zweck eines Kriteriums, sondern eher eines Indikators.

Eine wichtige Rolle die Lizenz unter der die Datenbank vertrieben wird. Für Unternehmen ist die Wirtschaftlichkeit eines Produktes von immenser Bedeutung. Deshalb bieten Open Source Produkte mit ihren geringen Anschaffungskosten einen hohen Anreiz. Bei der

Verwendung von Open Source ist allerdings mit einem schwächeren Support als bei kommerziellen Produkten zu rechnen. Ein weiteres Argument zur Nutzung von Open Source ist die Möglichkeit einen Einblick in den Quelltext zu erhalten und diesen gegebenenfalls auch zu bearbeiten. Kommerzielle Lizenzen bieten hingegen eine höhere Zukunftssicherheit als Open Source Produkte, da Unternehmen in ihrer Arbeit beständiger sind als Privatpersonen.

Die Betrachtung von unterstützten Programmiersprachen und Betriebssysteme ist zum feststellen der Kompatibilität mit vorhandenen Systemen sinnvoll. In Unternehmen sollte idealerweise schon Erfahrung in den potenziellen Technologien vorhanden sein. Denn externe Mitarbeiter, sowie Schulungen sind teuer und sollten bei der Wahl einer Technologie oder Produkte berücksichtigt werden.

Um über die Notwendigkeit eines Datenbankschemas entscheiden zu können, sollte zuvor die Struktur der Daten untersucht werden. Wenn sich die Struktur der abzulegenden Daten häufig ändert oder keine einheitliche Struktur unter den Daten zu erkennen ist, sind schemafreie Datenbanken von Vorteil. Den sie bietet ein hohes Maß an Flexibilität, wohingegen durch die Nutzung eines Schemas eine bessere Kontrolle über die Daten entsteht.

Tabelle 4.1: Gegenüberstellung der Datenbankeigenschaften

Eigenschaft	HBase	Cassandra	CouchDB	MongoDB	Redis	Voldemort	VoltDB	H2
Release-Datum	2008	2008	2005	2009	2009	2009	2010	2004
Datenbankmodell	Wide Column	Wide Column	Document	Document	Key-Value	Key-Value	Relational DBMS	Relational DBMS
Lizenz	Open Source	Open Source	Open Source	Open Source	Open Source	Open Source	Kommerziell	Open Source
Server-Betriebssysteme	Linux, Unix, Windows	BSD, Linux, OS X, Windows	Android, BSD, Linux, OS X, Solaris, Windows	Linux, OS X, Solaris, Windows	BSD, Linux, OS X, Windows	Linux, Unix, Windows	Linux, OS X	plattformunabhängig
Daten-schema	schemafrei	schemafrei	schemafrei	schemafrei	schemafrei	schemafrei	ja	ja
Typisierung	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	ja
Sekundärindizes	nein	eingeschränkt	ja (über Views)	ja	nein	nein	ja	ja
SQL	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja
APIs und andere Zugriffskonzepte	Java API, RESTful HTTP API, Thrift	Proprietäres Protokoll (CQL)	RESTful HTTP/JSON API	Proprietäres Protokoll basierend auf JSON	Proprietäres Protokoll	Proprietäres Protokoll	Java API, RESTful HTTP/JSON API, JDBC	Java API, ODBC, JDBC
Unterstützte Programmiersprachen	C, C#, C++, Java, Perl, PHP, Python, Ruby, Scala	C#, C++, Java, JavaScript, Perl, PHP, PL/SQL, Python, Ruby, +5	C, C#, Java, JavaScript, Perl, PHP, PL/SQL, Python, Ruby, +9	C#, C++, Java, JavaScript, Perl, PHP, Python, Ruby, +4	C#, C++, Java, JavaScript, Perl, PHP, Python, Ruby, +12	C#, C++, Java, Perl, PHP, Python, Ruby, +8	C#, C++, Java, PHP, Python	C#, C++, Java, PHP, Python
MapReduce	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
Konsistenzkonzept	Immediate Consistency	Eventual Consistency, Immediate Consistency	Eventual Consistency	Eventual Consistency, Immediate Consistency	Eventual Consistency	Strict Consistency, Eventual Consistency	Integritätsbedingungen	Integritätsbedingungen
Transaktionskonzept	nein	nein	nein	nein	optimistisches Locking	nein	ACID	ACID
Nebenläufigkeit	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Embeddable	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
In-Memory-fähig	nein	nein	nein	nein	ja	hybrid	ja	ja

Sekundärindizes können Lesegeschwindigkeiten steigern, weshalb sie zum erreichen von kurzen Antwortzeiten eine interessante Datenbankenfunktion darstellen. Sie erlauben Indizes auf einem oder mehreren Schlüsseln oder Nicht-Schlüsselattributen, wodurch die Effizienz einer Suche gesteigert werden kann. Einige NoSQL-Datenbanken unterstützen solche Indizes, wohingegen relationale Datenbanksysteme die Definition beliebiger Sekundärindizes gestatten.

Die Vermeidung von Laufzeitfehlern ist ein Ziel der Typisierungen. Typisierte Datenbanken schränken den Wertebereich von Variablen ein. Ein Vorteil der dadurch entsteht ist eine Vorabkontrolle der Daten, sodass nur Daten mit den entsprechenden Eigenschaften verwendet werden. Zum Nachteil kann die mangelnde Flexibilität ausgelegt werden. Der Entwickler muss sich wie beim Schema zwischen Flexibilität und Kontrolle entscheiden.

Das in der Datenbank verwendete Zugriffskonzept spielt bei der Architektur des gesamten Systems eine Rolle. Zu einem ist zu unterscheiden ob es sich um ein proprietäres Protokoll oder ein standardisiertes Protokoll handelt. Proprietäre Protokolle weisen meist eine höhere Einarbeitungszeit für die Mitarbeiter auf. Bei der Arbeit mit Standardtechnologien kann auf vorhandenem Wissen aufgebaut werden, was die Einarbeitungszeit verkürzt.

Eine Entscheidung hinsichtlich der Stärke von Konsistenz wird durch den Anwendungsfall bestimmt. In manchen Anwendungen ist es egal, ob Daten redundant sind oder nicht. Allerdings sollte die nächst höhere Anwendungsschicht bei Inkonsistenz damit rechnen, sonst kann es zu schwerwiegenden Fehlern kommen.

Das Transaktionskonzept (Nebenläufigkeit) gibt an, ob gleichzeitig ausgeführte Datenmanipulationen durch die Datenbank unterstützt werden. Genau wie bei der Konsistenz ist der Anwendungsfall für die Wahl des Transaktionskonzeptes ausschlaggebend.

Datenbanken die im Embedded-Modus betrieben werden sehr einfach in Anwendungen integriert werden. Dadurch können z.B. Verzögerungen durch Netzwerkzugriffe bei der Datenabfrage vermieden werden.

Die Eigenschaft In-Memory spiegelt den Wunsch der CAS Software AG wieder. Sie stellt somit eines der wichtigsten Kriterien für die Auswahl der Datenbank dar.

### **4.3 Auswahl einer Datenbank**

Jede Datenbank hat ihre eigenen Stärken und Schwächen. Bei der Wahl einer geeigneten Datenbank ist nicht entscheiden welche Datenbank für allgemeine Aufgaben die optimale ist. Es ist wichtiger, dass die entsprechende Datenbank die optimale Kombination von Charakteristika zur Erfüllung der Anforderungen besitzt.

In dieser Arbeit steht die Erreichung einer geringen Antwortzeit der Datenbank im Vordergrund. Die Verwendung des Hauptspeichers als Speichersystem bedeutet einen theoretischen Geschwindigkeitsvorteil um circa 50.000 [Pla13b]. Das Speichersystem alleine ist zwar nicht aussagekräftig genug um die Entscheidung nur aus diesem Grund zu treffen. Es wird allerdings angenommen das simple Abfragen, die hauptsächlich Daten lesen, um einiges schneller sind als in festplattenbasierten Datenbanken. Fünf von den Datenbanken bieten diese Eigenschaft nicht. Deswegen ist zu bewerten, ob diese Datenbanken andere Charakteristiken aufweisen können, die den Nachteil auszugleichen.

Cassandra und HBase ermöglichen hohe Performance durch horizontale Skalierung. Horizontale Skalierung ist vor allem bei hoher Last sinnvoll. Die Kunden der CAS Software AG sind alles mittelständische Unternehmen, welche nicht an die Nutzerzahlen von Facebook und Google herankommen. Daher sind keine Zugriffe im Millionen Bereich zu erwarten. Horizontale Skalierung ist dementsprechend nicht notwendig, sowie durch die Limitierung

auf einen Rechner nicht möglich. Außerdem ist zu erwarten das Cassandra und HBase auf einzelnen Servern nicht an die Performance von In-Memory fähigen Datenbanken herankommen. Aufgrund dessen wurde sich gegen die beiden Vertreter der Wide Column Stores entschieden.

Die Document Store Datenbanken sind zwar auch horizontal skalierbar, jedoch kann wie bereits geschildert dieser Vorteil nicht ausgenutzt werden. Ihre Stärke liegt in ihrer Schema freien Datenhaltung, die an dieser Stelle von geringem Wert ist, da die verwendeten Daten eine feste Struktur besitzen. Außerdem werden Funktion wie *SUM()* nicht in der Datenbank eigenen API mitgeliefert, was sie für analytische Aufgaben bedingt brauchbar macht. Letztendlich können CouchDB und MongoDB keine Argumente liefern, weshalb sie für unser Szenario geeignet sind. Infolgedessen entschied man sich gegen sie.

Die Key-Value-Stores ermöglichen niedrige Zugriffszeiten mit ihrer In-Memory Datenhaltung. Was ihnen zum Nachteil ausgelegt werden kann, ist ihre mangelnde Komplexität. Weiterhin sind sie auf Punkt-Abfragen ausgelegt. Komplexe Abfragen können daher nur in der Logikschicht realisiert werden. Diese würde zu einer nicht vorhersehbaren Steigerung im Aufwand führen. Daher wurde sich auch gegen die Key-Value-Stores entschieden.

VoltDB ist von den Eigenschaften her ein optimaler Kandidat, allerdings nicht Open Source. Aufgrund dessen wurde sich gegen VoltDB entschieden. Die H2-Datenbank hingegen ist Open Source und bietet Optionen zum vorhalten der Daten im Hauptspeicher. Davon werden sich hohe Geschwindigkeitsvorteile gegenüber herkömmlichen relationalen Datenbanksystemen erhofft. Durch den Ansatz der relationalen Algebra ist die Arbeit mit SQL möglich. Das birgt Vorteile, da auf bereits bekanntem Wissen aufgebaut werden kann.



# 5. Konzeption

Ein Konzept dient in der Softwarearchitektur zur Bildung eines abstrakten Systemmodells als Basis für die Umsetzung. Zur Gestaltung werden technische Details weggelassen und stattdessen allgemeingültige Begriffe und ihre Zusammenhänge definiert. Weiterhin wird ein Grundverständnis durch definieren von Strukturen und Konzepten gebildet. Zu Beginn der Überlegung werden Systemgrenzen festgelegt und beschrieben was Teil des System ist. Überdies werden Schnittstellen definiert, die Wechselwirkungen zwischen den Komponenten beschreiben. Weiterhin werden im Zuge der Überlegungen Technologien ausgewählt, die zur Umsetzung der verschiedenen Komponenten verwendet werden. Abschließend wird auf die Entwürfe der einzelnen Komponenten näher eingegangen.

## 5.1 Architektur

Zuerst wird ein erster Überblick über den groben Aufbau des Systems gegeben. In Abbildung 5.1 können die Zusammenhänge des abzubildenden Software-Systems betrachtet werden. Bei einer Betrachtung in der 3-Schichten-Architektur stellt der Browser und die Client.war die Darstellungsschicht dar. Die Fachkonzeptschicht ist in der Server.war umgesetzt. Die Datenbank befindet sich zwar auch in der Server.war, allerdings ist sie trotzdem unabhängig und kann jederzeit separat betrieben werden.

**Vaadin Client-Side-Engine** Die Vaadin Client-Side-Engine verwaltet das Rendering der Oberfläche im Web-Browser, durch den Einsatz verschiedener clientseitiger Widgets, die das Gegenstücke zu den serverseitigen Komponenten bilden. Es leitet Benutzerinteraktionen an die Serverseite weiter und rendert anschließend die Änderungen für die Benutzeroberfläche. Die Kommunikation findet über asynchrone HTTP-oder HTTPS-Anfragen statt.

**Vaadin Servlet** Serverseitig arbeitet die Vaadin-Anwendungen auf der Java-Servlet-API. Das Vaadin-Servlet oder genauer die Klasse *VaadinServlet* ist für die Delegation verschiedenen Clients zuständig. Sie empfängt Anfragen und legt mithilfe von Cookies fest welche Benutzersitzung, zu welchem Client gehört. Interaktionen mit dem Benutzer-Interface-Komponenten erzeugen Events, die zunächst auf der Clientseite durch Widgets verarbeitet werden. Nachfolgend werden die Events durch den HTTP-Server, das Vaadin-Servlet und durch die Komponenten der Benutzeroberfläche geleitet, bis sie zu den in der Anwendung

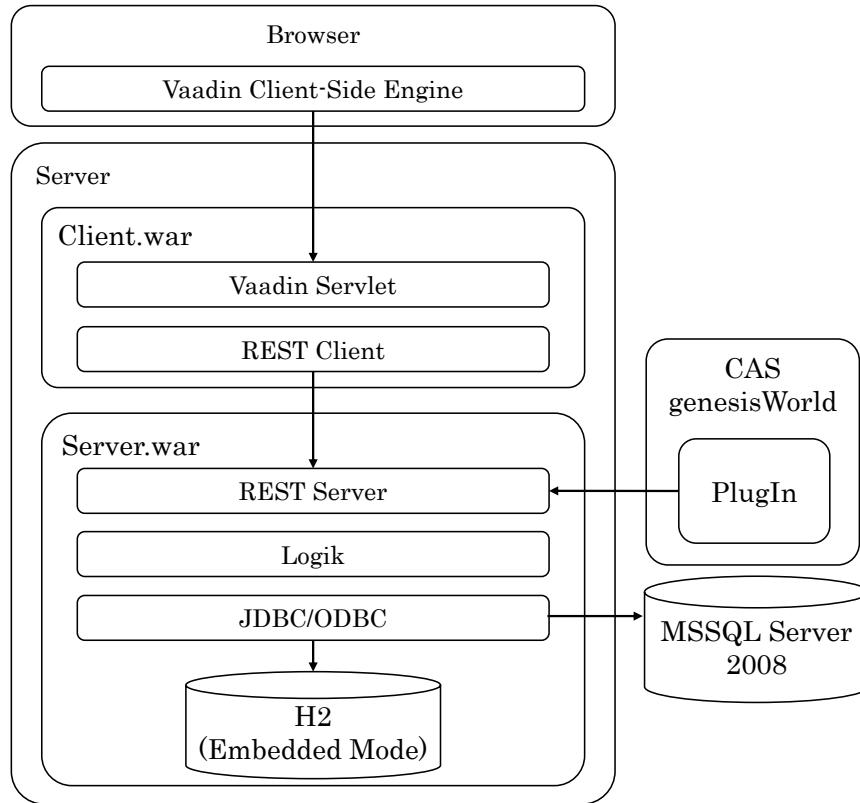


Abbildung 5.1: Konzeptionelle Darstellung der Architektur

definierten Event-Listenern gelangen. In den Listenern wird mithilfe des REST-Clients ein POST-Requests an die Logik gesendet. Dieser enthält alle in der Oberfläche definierten Parameter.

In der Server.war werden REST-Requests entgegen genommen. Anhand der mitübertragenen Filteroptionen, werden die Bedingungen für die Datenbankabfrage zusammengestellt. Anschließend wird eine Verbindung zur H2-Datenbank aufgebaut. Das Ergebnis der Abfrage wird in das JSON-Format überführt und zurück an die Client.war geschickt. Dort angekommen werden die Daten an die Chart-Komponenten übergeben, was ein Neuaufbau der Komponente bewirkt.

**REST Client & Server** Eine der Anforderung ist die unabhängige Umsetzung von Client und Server. Der erste Schritt zur Umsetzung der geforderten losen Kopplung zwischen Darstellung und Logik, wird durch die Aufsplittung in zwei verschiedene Anwendungen erreicht. Die Client.war beinhaltet die Klassen und Objekte der Darstellung. Wohingegen die Server.war alle Elemente zur Umsetzung der Logik enthält. Die Verwendung des REST-Protokolls zwischen der Client.war und Server.war stellt den nächsten Schritt der losen Kopplung dar. Einer der Vorteile ist, dass Funktionen des Systems durch andere Clients genutzt werden können, ohne Änderungen am Server durchführen zu müssen. Beide WAR-Dateien werden in einem Apache-Tomcat-Webserver deployed und können über die dementsprechende URL angesprochen werden.

**Logik** Die Logikkomponente in der Architektur stellt eine Zusammenfassung aller Funktionen des Anwendungskerns dar. Sie kümmert sich um die Generierung der Abfragen, welche an die Datenbank gestellt werden. Dabei erfolgt eine dynamische Generierung der

Abfragen, um nicht durch unnötige Bedingungen die Abfragegeschwindigkeit zu verringern. Abfragen werden mithilfe der Java Database Connectivity(JDBC) an die Datenbank gestellt. Neben der Generierung der Abfragen enthält die Logikkomponente Funktionen zum Extrahieren und Transformieren der Daten, aus der alten Datenbank. Der ETL-Prozess wird nur einmalig ausgeführt, allerdings stellt er einen wichtigen Schritte für die Umsetzung dar.

**CAS genesisWorld Plugin** Um nicht periodisch Extraktion und Transformation wiederholen zu müssen, wird ein selbstgeschriebenes Plugin im CAS genesisWorld Anwendungsserver eingesetzt. Die Grundidee des Plugins ist Benachrichtigungen über Änderungen an unser System zu übermitteln. Dort findet eine Kontrolle statt, die den Datensatz auf Relevanz prüft. Ist dies der Fall, besorgt sich die Anwendungslogik anhand der zuvor übermittelten GGUID alle benötigten Daten.

## 5.2 Technologien

Als einer der am meist verbreitetsten Programmiersprachen, stellt Java die Grundlage aller verwendeten Technologien dar. Zur Darstellung der Inhalte für den Client wird Vaadin verwendet. Der Apache Tomcat7 nimmt die Rolle des Anwendungsservers ein. Die Kommunikation auf Basis von RESTful Web Services wird mithilfe von Jersey realisiert. Weiterhin wird opencsv für das Lesen und Schreiben von CSV-Dateien verwendet. JDBC dient der Kommunikation zwischen Anwendungsserver und der Datenbank. Die H2-Datenbank stellt die Datenquelle des Systems dar. Im Folgenden werden alle Bestandteile bis auf den H2 der bereits erläutert wurde, näher beschrieben.

**Vaadin** Vaadin ist ein Open-Source, Java basiertes Framework für den Aufbau von modernen Web-Anwendungen. Der Kerngedanke des Frameworks ist, dass die gesamte Anwendungslogik in der Serverseite einer Anwendung ausgeführt wird, während die Clientseite nur für das Senden der Benutzeraktionen an den Server und verantwortlich für die Reaktion auf die Antworten ist. Da es auf GWT basiert, kann sowohl der Client- und Server-Code in reinem Java geschrieben werden.

Die aktuelle Version von Vaadin, wurde im Februar 2013 veröffentlicht. Die folgenreichste Änderung von Vaadin6 war die Integration von GWT zu Vaadin, die eine bessere Unterstützung für die clientseitige Widget-Entwicklung bedeutet und sogar die Möglichkeit zu Erstellung von offline Vaadin-Anwendungen mit sich bringt.

Neben Open-Source, ist die im Unternehmen vorhandene Erfahrung ein Grund für die Wahl des Frameworks. Allerdings war VaadinCharts, eine Erweiterung für Vaadin, für die Auswahl ausschlaggebend. Es basiert auf Highcharts, einem JavaScript-Packet. Highcharts zeichnet sich durch eine umfangreiche Sammlung an Funktionen zur Darstellung von Diagrammen aus.

**Jersey** Jersey RESTful Web Services ist ein Open-Source-Framework zur Entwicklung von RESTful Web Services in Java, die Unterstützung für JAX-RS-APIs bietet und die JAX-RS (JSR 311 und JSR 339)-Referenzimplementierung darstellt. JAX-RS-Annotationen werden verwendet um die REST Relevanz von Java-Klassen zu definieren. Jersey ist dabei die Referenzimplementierung dieser Spezifikation. Jersey enthält im Grunde einen REST-Server und einen REST-Client. Auf der Serverseite verwendet Jersey ein Servlet, das vordefinierten Klassen abtastet um REST-Ressourcen zu identifizieren. Über die web.xml

Konfigurationsdatei werden die von der Jersey-Distribution bereitgestellten Servlets registriert. Diese Servlets analysieren die eingehenden HTTP-Anforderungen und wählen die richtige Klasse und Methode für die Anfragen aus. Diese Auswahl basiert auf Annotationen in den Klassen und Methoden. Weiterhin unterstützt JAX-RS die Erstellung von XML- und JSON, über die Java Architektur für XML Binding (JAXB).

**Apache Tomcat** Tomcat ist ein Open-Source Webserver, entwickelt von der Apache Group. Der Apache Tomcat implementiert die Java-Servlet und die Javaserver-Pages(JSP) Spezifikationen von Sun Microsystems und ist daher ebenfalls eine Referenzimplementierung. Er stellt weiterhin eine rein auf Java basierende HTTP-Webserver Umgebung dar. Apache Tomcat enthält Tools für Konfiguration und Management, kann aber auch durch die Bearbeitung von XML-Dateien konfiguriert werden.

**opencsv** Da Java das Parsen von CSV-Dateien nativ nicht unterstützt, müssen wir auf Drittanbieter-Bibliothek zurückgreifen. Mit opencsv erhalten wir eine sehr einfache CSV-Parser-Bibliothek für Java. Die Bibliothek kann zum erstellen, lesen und schreiben von CSV-Dateien benutzt werden. Die beste Fähigkeit des opencsv-Parsers ist das Mapping von Ergebnissen auf Java-Bean-Objekte.

**JDBC** Die JDBC-API ermöglicht den programmgesteuerten Zugriff auf relationale Daten, direkt aus der Java Programmiersprache heraus. Durch Verwendung der JDBC-API können Anwendungen SQL-Anweisungen ausführen, Ergebnisse abrufen und die Veränderungen auf die Datenquelle zurückschreiben. Der JDBC-API kann auch mit mehreren Datenquellen in einer verteilten, heterogenen Umgebung interagieren.

## 5.3 Datenbankdesign

Das Datenbankdesign stellt einen wichtigen Abschnitt der Konzeption dar. Festlegungen im Bereich des Datenmodells werden in dieser Phase getroffen. Sie entscheiden ob Anforderungen und Erwartungen erfüllt werden können. In dieser Phase sind die Charakteristika der Daten zu untersuchen und das Datenmodell entsprechend nach ihnen auszulegen.

### 5.3.1 Konzeptionelles Design

Normalisierung dient der Organisation von Feldern und Tabellen einer relationalen Datenbank, um Redundanz und Abhängigkeit zu minimieren. Die Kehrseite hingegen ist eine Steigerung des Aufwands, um die benötigten Daten wiederzugewinnen. Normalisierung bietet die Möglichkeit einen Austausch zwischen Performance und Stabilität des Datenbankmodells vorzunehmen. In unserem Fall stellt ersteres absolute Priorität dar. Daher wird versucht die Normalisierung so gering wie möglich zu halten.

Die erste Überlegung hinsichtlich des Schemas ist, welche Daten für die Beantwortung der Abfragen benötigt werden. Der Datenbankdesigner steht bei analytischen Systemen immer wieder vor der Entscheidung, wie viele Informationen aus dem alten System in das Neue übernommen werden sollten. Um höchst mögliche Performance zu erreichen werden lediglich die für das Szenario benötigten Daten extrahiert. Allerdings entsteht durch nachträgliches hinzunehmen von Funktionen ein erhöhter Aufwand für Änderungen am Schema und des ETL-Prozesses. Abbildung 5.2 zeigt das für die Datenbank neu entworfene Schema.

Die Idee hinter dem Schema ist die Verwendung einer einzelnen Tabelle zur Aufbewahrung der Informationen, der Verbindungsmerkmale. Diese Tabelle ermöglicht es ausgehend von



Abbildung 5.2: Neues Datenbankschema

einem Benutzer, alle Verbindungen zu anderen Personen zu finden. Im Grunde genommen sind vier Spalten dafür ausreichend. Die erste Spalte *startID* beinhaltet die Person, von der die Suche ausgeht. Eine Zuordnung der Tupel zu einem Datum erfolgt über die Spalte *Date*. Um Verbindungsmerkmale zu unterscheiden werden Zahlen von 1 bis 5, für die jeweiligen Verbindungsmerkmale, in der Spalte *DataTyp* verwendet. Die letzte Spalte *endID*, beinhaltet die Personen zu denen die Verbindungsmerkmale letztendlich führen. Anderen Spalten wie z.B. *Town* oder *Country* dienen lediglich der Filterung der Ergebnisse.

Um mit den geringeren Speicherkapazitäten die uns zur Verfügung stehen zurechtzukommen, wird auf das Problem der Datenredundanz eingegangen. Durch Normalisierung lässt sich Datenredundanz zwar nicht verringern, allerdings kann man sie in kontrollierbare Bahnen lenken. Im neuen Schema wurden solche Maßnahmen auf die Spalte *Town* und *Country* angewendet. Beide Spalten werden voraussichtlich Millionen von Werten beinhalten. Allerdings gibt es nur 193 Länder auf der Welt. Wörter wie Deutschland werden sich daher sehr oft wiederholen. Die Spalte *Country* ist vom Datentyp *Varchar*, welches pro Zeichen 2 Byte benötigt. Das wären beim Wort Deutschland 22 Byte. Legt man nun für die Spalte *Country* eine neue Tabelle an, wird in dieser jedes Land nur einmal vermerkt. Jedes Land bekommt einen Schlüssel in Form einer Zahl. In der eigentlichen Tabelle *Data* werden nur noch die Zahlen, anstatt den vollständig ausgeschrieben Wörtern verwendet. Das würde beispielsweise bei dem Wort "Deutschland" eine Reduktion von 22 Byte auf 1 Byte bewirken. Die Reduzierung auf 1 Byte lässt sich auf das *tinyint*-Format zurückführen. Das gleiche gilt für die Spalte *Town*. Bei ihr wird allerdings der Datentyp *smallint* verwendet, mithilfe dessen ein Zahlenbereich von -32768 bis 32767 abgebildet werden kann. Die Spalten *isEmployee*, *isContact* und *isFirm* können nur zwei verschiedene Zustände darstellen. Trifft zu oder trifft nicht zu. Der Datentyp *bool* reicht daher zur Abbildung der zweiwertigen Zustände aus. Ein Feld vom Datentyp *datetime* benötigt 8 byte an Speicher. Um hier ebenfalls Einsparungen vorzunehmen, wurde beschlossen das Datum als *smallint*

zu deklarieren. Dies ist möglich da nur der Tag innerhalb des Datums von Interesse ist. Dazu wird ein frei gewählter Nullpunkt festgelegt. In unserem Fall wurde der 01.01.1990 als Nullpunkt gewählt, da keine älteren Daten existieren, die Relevanz besitzen. Darauf aufbauend wird das Datum, durch die Differenz in Tagen zum Nullpunkt, in der Spalte *Date* abgelegt. Die Hochrechnung der Tabelle 5.1 zeigt, dass durch die Normalisierung der Speicherplatzverbrauch um bis zu  $\frac{1}{6}$  gesenkt werden kann.

Möchte man nun die Abfrage eines Benutzers die eine Filterung anhand einer Stadt voraus sieht beantworten, muss man zuerst an die *ID* der Stadt herankommen. Dabei können zwei verschiedene Ansätze verfolgt werden. Der erste Ansatz wäre ein Join zwischen *Town* und *Data*, um direkt mit dem Namen der Stadt zu arbeiten. Diese Variante dürfte aufgrund des Kreuzproduktes von Millionen von Zeilen nicht sehr performant sein. Eine andere Möglichkeit ist, eine separate Abfrage an die Datenbank zu stellen, in der die *ID* zum Namen ermittelt wird. Mithilfe der *ID* kann dann ohne einen Join die Ergebnismenge ermittelt werden. Dieser Ansatz dürfte vor allem durch die Abwesenheit von Netzwerkzugriffen zu höheren Abfragegeschwindigkeiten führen. Dieses Vorgehen kann für die Stadt, das Land und die Gruppenzugehörigkeit angewendet werden.

#### Speicherplatzverbrauch ohne Normalisierung

Zeitpunkt(timestamp)	8 byte	x	18.000.000	=	$\sim$ 137 MB
Stadt(varchar)	16 byte	x	18.000.000	=	$\sim$ 343 MB
Land(varchar)	20 byte	x	18.000.000	=	$\sim$ 274 MB
					Summe $\sim$ 754 MB

#### Speicherplatzverbrauch mit Normalisierung

Zeitpunkt(smallint)	2 byte	x	18.000.000	=	$\sim$ 34 MB
Stadt(integer)	4 byte	x	18.000.000	=	$\sim$ 72 MB
Stadt(varchar)	16 byte	x	21.000	=	$\sim$ 0,32 MB
Land(tinyint)	1 byte	x	18.000.000	=	$\sim$ 17 MB
Land(varchar)	20 byte	x	218	=	$\sim$ 0,004 MB
					Summe $\sim$ 123 MB

Tabelle 5.1: Vergleich des Speicherplatzverbrauchs

Die Tabelle *GroupDate* unterscheidet sich von den anderen Tabellen wie *Town* oder *Country*, da in dieser noch weitere Details vermerkt sind. Diese ermöglichen es die Zusammenstellung von Gruppen über die Zeit nachzuvollziehen. In der Spalte *Action* wird festgelegt ob die Tupel einen Eintritt oder einen Austritt einer Person darstellt. Die Spalte *Date* beinhaltet das Datum des Ereignisses. Mithilfe beider Attribute lassen sich Gruppenzusammensetzung auf bestimmte Zeitpunkte bezogen rekonstruieren.

### 5.3.2 Zugriffsstrukturen

Indizes dienen der Beschleunigung von Suchen nach bestimmten Spaltenwerten. Ohne Indizes müsste die H2-Datenbank beim ersten Datensatz beginnen und dann die gesamte Tabelle durchgehen, um eine Abfrage zu beantworten. Je größer die Tabelle ist, desto höher sind die Kosten dafür. Daher bietet der Einsatz sich gerade in Anbetracht nach der Forderung von hoher Abfragegeschwindigkeit an. Jeder Index bedeutet allerdings einen Zuwachs im Speicherplatzverbrauch. Zur Indexierung der Tabellen *Town*, *Country*, *User*

und *Group* eignen sich Hash-Indizes. Sie bieten einen extrem schnellen Zugriff auf die Daten. Diese Schnelligkeit ergibt sich aus der Verwendung von Berechnungsvorschriften, zur Ermittlung der Position des gesuchten Wertes. Indizierungen sollen in unserem Schema über die Spalten mit der Bezeichnung *Name* in den jeweiligen Tabellen vorgenommen werden, da der Client mit dem Namen anstatt der ID arbeitet. Mithilfe des Namens wird deshalb die zugehörige ID ermittelt. Die Nutzung von Hash-Indizes bringt allerdings Limitierungen mit sich. Eine der wichtigsten ist, dass sie nur für Vergleiche(“=”) verwendet werden können. Somit werden keine Wertebereich-Abfragen(“<” oder “>”) unterstützt. Es gibt allerdings noch andere Nachteile [SSH11], auf die aber in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird.

Für die Tabelle *UserGroup* eignet sich der  $B^+$ -Baum Standard-Index von H2. Dieser kann für die Spalte *userID* verwendet werden, der den ersten Wert einer Suche darstellt. Der  $B^+$ -Baum-Index eignet sich auch für die Tabelle *Data*. Hier ist außerdem die Verwendung eines Mehr-Attribut-Indexes vorgesehen. Der Vorteil eines Mehr-Attribut-Indexes ist, dass bei einer Punkt-Abfrage über alle Zugriffsattributwerte nur ein Indexzugriff erfolgen muss. Indexiert werden in unserem Fall die Spalte *startID* und *Date*. Beide Spalten sind sortiert und bieten sich somit für die Verwendung eines geclusterten Index an. Geclusterte Indizes sind in der gleichen Form sortiert wie die interne Relation. Ein geclusterter Index unterstützt Bereichsanfragen sehr gut, was bei der Beschränkung auf Zeitspannen von Vorteil sein dürfte.

## 5.4 Extract Transform Load Prozess

Daten der operativen Systeme unterstützen die wertschöpfenden Geschäftsprozesse innerhalb eines Unternehmens. Sie sind demnach auf die Steuerung und Überwachung des Tagesgeschäfts ausgerichtet und daher transaktionsbezogen. Somit sind die Daten in ihren Begrifflichkeiten häufig nicht vergleichbar und ihrer Bewertung sowie Konsolidierung unterschiedlich. Um die Daten dennoch für analytische Zwecke einzusetzen, ist eine Überführung in eine geeigneter Struktur von Vorteil. Eine solche Überführung wird in der Literatur als Extract-Transform-Load(ETL)-Prozess bezeichnet [ESHB11].

### 5.4.1 Extract

Zunächst dient die Extraktion primär der Beschaffung von Daten, aus dem MSSQL Server. Überdies können durch den Prozess Daten bereits reduziert, zusammengeführt und ersetzt werden. Für eine zutreffende Formulierung der Abfragen, müssen Besonderheiten in die Ermittlung der Daten beachtet werden. Eine vollständige und korrekte Datenmenge stellt die Grundlage jeder guten Analyse dar.

Die erste Besonderheit stellt die Analyse über Zeiträume hinweg dar. Es gilt dabei die Veränderungen der Daten über die Zeit zu berücksichtigen. Die Tabelle *Changelogbook* ermöglicht es Veränderungen in den Datensätzen nachzuvollziehen. Eine solche nachvollziehbare Veränderung ist in der Gruppenzusammensetzung zu finden, aufgrund von Abgängen und Zugängen von Personen. Neben den Datensätze die über die Zeit verändert wurden, existieren Datensätze die sich über längere Zeiträume erstrecken. Termine wie Tagungen beispielsweise, erstrecken sich über mehrere Tage. In der MSSQL-Datenbank werden diese Termine in einer Tupel aufbewahrt. Bei unserer Analyse hingegen stellt jede Tupel eine Verbindung zu einem bestimmten Zeitpunkt in Tagen dar. Somit muss ein Datensatz der sich über mehrere Tage erstreckt, in der H2-Datenbank durch mehrere Tupeln repräsentiert werden. Aufgrund dessen muss im Ergebnis der SQL-Abfrage die Anzahl der Tage vermerkt werden. In späteren Transformationen kann mithilfe dieser Angaben die entsprechende Anzahl an Tupeln erzeugt werden.

Eine weitere Besonderheit ergibt sich durch ein nicht im System vorgesehenes Verhalten der Benutzer, welche die Auswertung der Daten erschwert. CAS genesisWorld ermöglicht es Termine zu schieben. Diese Funktion wird von manchen Nutzern missbraucht. Anstatt für einen ähnlichen Termin einen neuen Eintrag anzulegen, wird ein alter Termin aus Bequemlichkeit geschoben. Das hat zur Folge, dass Termine die tatsächlich statt gefunden haben, in der Datenbank nicht mehr existieren. Um trotzdem diese Termine zu berücksichtigen wurde folgendes Konzept erarbeitet. Dem *Changelogbook* lässt sich entnehmen ob die Felder *start\_dt* und *end\_dt* verändert wurden. Zur Feststellung ob ein Termin stattgefunden hat und anschließend geschoben wurde, müssen zwei Bedienungen erfüllt sein. Die erste ist der Zeitpunkt der Schiebung, die nach dem Termin liegen muss. Wird ein Termin aus anderen Gründen geschoben, findet dies in der Regel vor dem Start des Termimes statt, damit die Personen nicht unnötig zum Termin erscheint. Die zweite Bedingung ist, dass der neue Termin in der Zukunft liegen muss. Neben den beiden Bedingungen ist zu beachten, ob die Operation auf den Datensätzen ein Update war. Nur dann ist der Datensatz von Relevanz für die Abfrage.

Die Ergebnisse sämtlicher Extraktionen sollen in CSV-Dateien abgespeichert werden. Damit werden unter anderem Fehlersuchen vereinfacht. Weiterhin wird die Belastung des Hauptspeichers verringert, da nicht alle Ergebnisse bis zum Schluss des ETL-Prozesses in der Java-Laufzeitumgebung aufbewahrt werden müssen.

#### 5.4.2 Transform

Zu Beginn der Transformation werden Filterungen durchgeführt. Unter der Filterung von operativen Daten versteht man eine Bereinigung syntaktischer oder inhaltlicher Defekte, der zu übernehmenden Daten. Die MSSQL-Datenbank besteht zu 37% aus Nullwerten und zu 4% aus leeren Feldern. Daten die beispielsweise Nullwerte enthalten und für die Ermittlung des Datums benötigt werden, sind für die Analyse nicht zu gebrauchen. Sie können daher im Laufe des Prozesses aus den Daten entfernt werden. Bei den anderen Filteroperationen können Nullwerte vernachlässigt werden, da sie zweckmäßig abdingbar sind.

Der nächste Schritt wäre die Harmonisierung der Daten. Unter anderem besitzen die Telefonnummern kein einheitliches Format. Sie wurde manuell von Sachbearbeitern eingetragen. Das erfordert ein zusammenführen aller Nummern in ein einheitliches Format, welches einen automatischen Vergleich ermöglicht. Die Verbindungsmerkmale müssen ebenfalls in eine einheitliche Form gebracht werden. Spalten die gleiche Inhalte besitzen, aber unterschiedlich bezeichnet sind, müssen unter einer Bezeichnung zusammengeführt werden.

Die in der Extraktion genannten Besonderheiten werden durch unterschiedliche Datenbankabfragen ermittelt. Dies führt zu vielen separaten Dateien. Zur Nutzung der Daten sind sie zum Abschluss der Transformation zusammenzuführen. Das Ergebnis wird anschließend in einer CSV-Datei gespeichert, welche die Basis für das Befüllen der H2-Datenbank bildet.

#### 5.4.3 Load

Beim Laden der Datensätze in die H2-Datenbank kommt ein sogenannter "bulk load" zum Einsatz. Dieser wird häufig zum laden von großen Datenmengen aus einer Datei in eine Datenbank eingesetzt. Er ermöglicht ein wesentlich schnelleres befüllen der Datenbank bei großen Datenmengen, als wie üblicherweise mit INSERT-Operatoren.

## 5.5 Synchronisation des Datenbestandes

Systeme die auf dem Datenbestand anderer Systeme aufbauen, können zwei verschiedenen Ansätze zur Sicherstellung ihrer Aktualität verfolgen. Unser nebenläufiges System bezeichnen wir als A und den CAS genesisWorld Anwendungsserver als B. Einer der Ansätze ist die Intervall basierte Nachfrage über Veränderungen von A. Hierbei fragt A bei B zu festgelegten Zeitpunkten nach, ob Daten verändert wurden. Die Definition eines optimalen Intervalls stellt eine der größten Schwierigkeiten dar. Ist der Intervall zu groß, sinkt die Aktualität des Datenbestandes. Ist er zu klein, entsteht ein starke Belastung für B. Der andere Ansatz ist A über Veränderungen an den Datensätzen von B zu informieren. Dadurch werden keine unnötigen Abläufe angestoßen, da nur im Falle einer Manipulation eines Datensatzes Prozesse in Bewegung gesetzt werden. Zwar wird die Aktualität der Daten gewährleistet, jedoch büßt A an Entscheidungsfreiheit ein. A kann nicht mehr selbst entscheiden wann aktualisiert wird. Der zweite Ansatz ist zwar effizienter, jedoch nicht immer umsetzbar. Das kann technische oder unternehmenspolitische Gründe haben, die notwendige Veränderung am Legacy-Systems ausschließen.

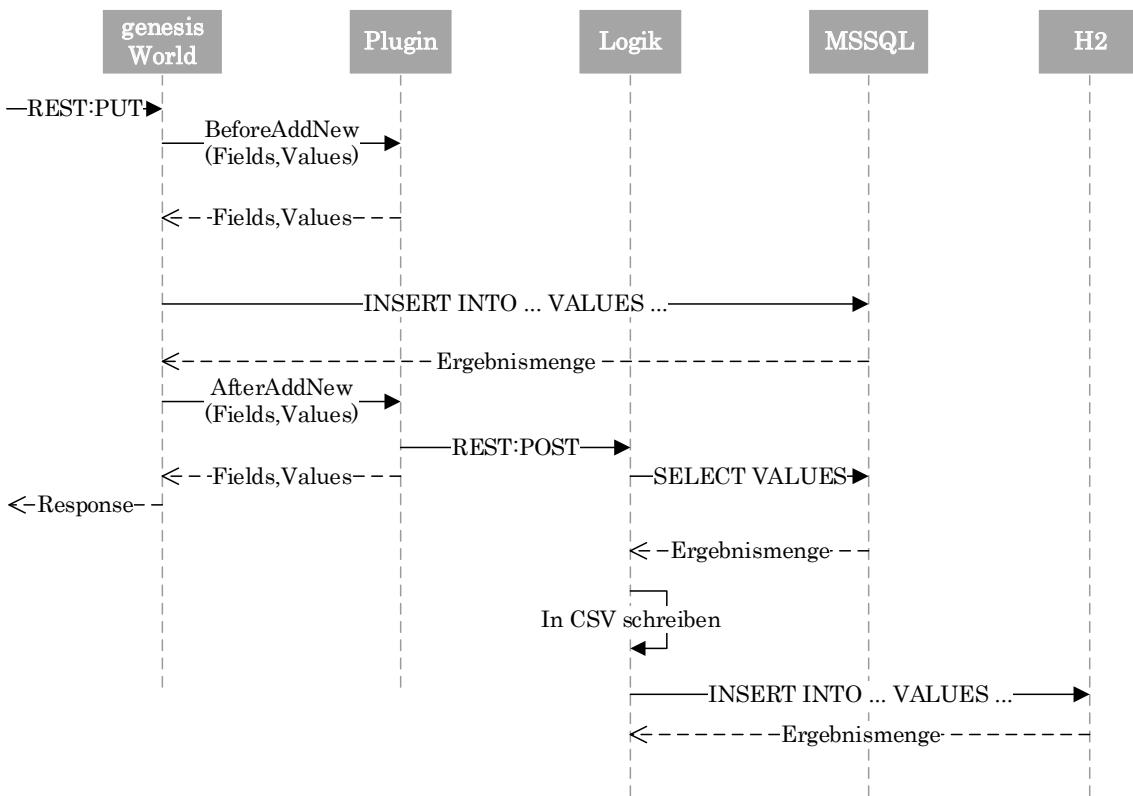


Abbildung 5.3: Sequenzdiagramm für einen neuen Datensatz

In CAS genesisWorld gibt es eine Möglichkeit den zweiten Ansatz umzusetzen. Die Idee dabei ist den Applikationsserver um ein sogenanntes Plugin zu erweitern, welches über Veränderungen in den Datensätzen benachrichtigt wird. Ein solches Plugin kann als COM-Objekt mithilfe des Interfaces *IGWSDKDataPlugIn* realisiert werden. Das resultierende COM-Objekt wird im Server von CAS genesisWorld registriert. Der Server delegiert, wie in Abbildung 5.3 zu sehen, bei einer Datenoperation den Aufruf an die für die jeweiligen Tabellen registrierten Plugins. Das Plugin selbst soll einen REST-Client besitzt, der einen POST an die Logik sendet. Er enthält die *GGUID* des Veränderten Datensatzes. Mithilfe dessen die Extraktion des betroffenen Datensatzes angestoßen werden soll. Geplant ist neue Datensätze zuerst in einer CSV-Datei zwischenzuspeichern und anschließend in die H2-Datenbank einzufügen. Aktualisierungen der H2-Datenbank können auf der momenta-

nen Datenbasis nur durch Erfassung neuer Datensätze aus dem MSSQL Server umgesetzt werden. Um auch Updates zu berücksichtigen müsste zu jeder Tupel die entsprechende *GGUID* vorhanden sein. Ohne die *GGUID* ist eine Zuordnung der Datensätze zwischen den Datenbanken nicht möglich. In diesem Fall wurde entschieden, dass dies kein Problem darstellt und es ausreichend ist die neuen Datensätze zu erfassen.

## 5.6 Darstellungskonzepte

Bei der Konzeption einer Darstellung ist die Grad der Granularität von Informationen ein wichtiger Leitfaktor, zur Bestimmung des Aufbaus. In unserem Fall ist nicht die Eigenschaft eines Verbindungsmerkmals von interessiere, sondern ihr Typ und ihre Häufigkeit zu einer bestimmten Person. Da keine Detailinformationen zum Verbindungsmerkmal vorhanden sind, kann jeder Benutzer frei wählen von welcher Person ausgehend die Analyse stattfinden soll. Für die Oberfläche bedeutet dies einen Einstiegspunkt in Form eines Fensters, in dem der jeweilige Benutzername von dem die Suche ausgehen soll, eingegeben wird. Zusätzlich soll die IP-Adresse und Portnummer des Server angebbar sein, falls sich dieser auf einem anderen Rechner befindet.

Nach der Anmeldung findet eine Weiterleitung auf die eigentliche Seite statt. Dessen Aufbau ist in Abbildung 5.4 (a) zu sehen. Im oberen Bereich auf der Seite sind alle Regler, CheckBoxen und Eingabefelder zur Filterung der Ergebnismenge zu finden. Direkt darunter befindet sich ein Diagramm, welches die Ergebnismenge einer Abfrage visualisieren soll.

Diagrammtypen gibt es viele allerdings ergeben sich Einschränkungen durch die Verwendung eines Framework. Im Prinzip lässt sich jede Darstellung verwirklichen, allerdings ist das Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu berücksichtigen. In einer Vorauswahl wurden einige umsetzbare Typen ausgewählt die in Abbildung 5.4 (b)-(f) dargestellt sind.

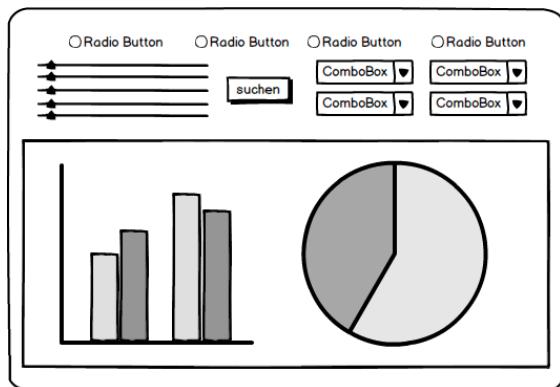
Netzdiagramme geben Eigenschaften verschiedener Systeme wieder. Sie eignen sich daher gut zur Darstellung von Ausprägungen. Für unsere Form der Daten ist diese Darstellung gänzlich ungeeignet, da mit Mengen gearbeitet wird.

Mithilfe von Liniendiagrammen lassen sich Trends und Zeitreihen darstellen. Die Verwendung verschiedener Linien ermöglicht zudem, die Darstellung mehrerer Trends. Die Benutzung dieses Diagramms macht keinen Sinn, da die Ergebnismenge sich nicht auf verschiedene Zeitpunkte bezieht, sondern die Summe der Werte aus einer Zeitreihe beinhalteten soll.

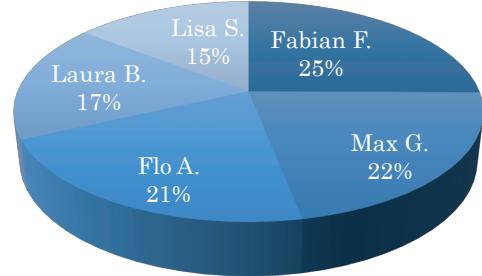
Bei einer Tree Map steht jede Fläche eines Rechtecks im proportionalen Zusammenhang zur Gesamtfläche. Die Beachtung von Größenverhältnissen stellt einen nützliche Eigenschaft für unsere Daten dar. In unserem Fall würde jedes Rechteck aus dem jeweiligen Anteilen der Verbindungsmerkmale bestehen oder mithilfe eines Drilldowns<sup>1</sup> die Verbindungsmerkmale aufzeigen. Beispielsweise könnte die Person Ludwig Neer wiederum in Rechtecke unterteilt werden, mit der jeweiligen Anzahl der verschiedenen Verbindungsmerkmale. Das würde allerdings schnell zu einer schlechten Übersicht führen, da zu viele Kacheln zu einer schlechten Übersicht führen. Wird in einer Tree Map die Drilldown-Navigation gewählt, ist die Übersicht aller Informationen auf einen Blick nicht mehr gegeben. Aufgrund der Nachteile in der jeweiligen Variation wurde sich gegen den Einsatz einer Tree Map entschieden.

Kreisdiagramme ermöglichen eine Betrachtung der Gesamtheit zu ihren Einzelstücken, da der Kreis ein geschlossenes System darstellt. Allerdings müssen alle Teile sich auf die gleiche

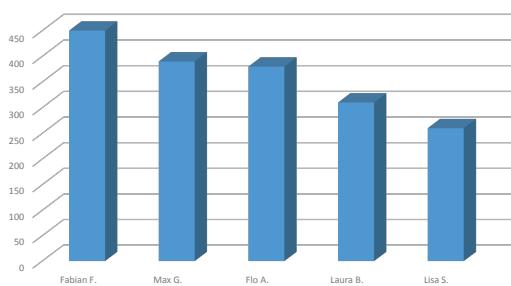
<sup>1</sup> Als Drilldown wird im Allgemeinen die Navigation in hierarchischen Daten bezeichnet. Auf Oberflächen bezogen wird damit die Darstellung von Detailinformationen durch einen Klick auf Darstellungselemente ausgedrückt.



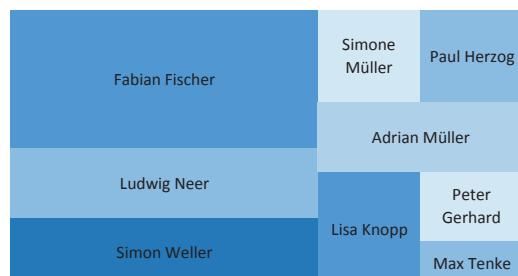
(a) Grober Entwurf des Aufbaus der Hauptseite



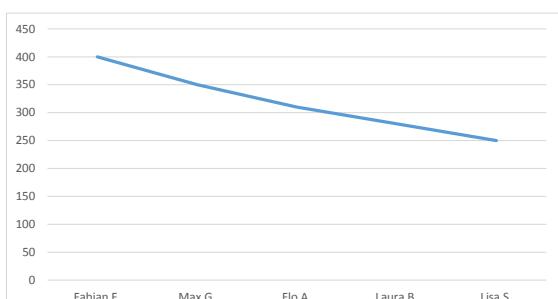
(b) Tortendiagramm



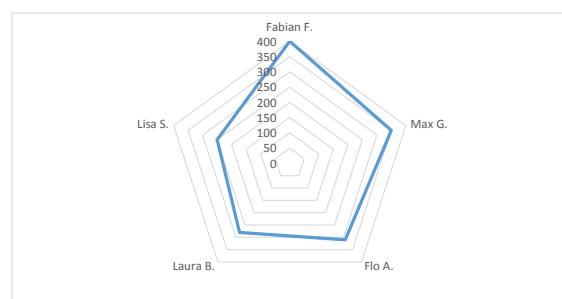
(c) Balkendiagramm



(d) Tree Map



(e) Liniendiagramm



(f) Netzdiagramm

Abbildung 5.4: Entwürfe für die Oberfläche

Basis beziehen. Es eignet sich hervorragend zur Darstellung von Verhältnissen. Wird nun eine weitere Unterteilung der Teilwerte gefordert, geht die Übersicht verloren. Um das zu vermeiden wird die unterteilte Teilmenge häufig in separaten Ansichten dargestellt. Allerdings steigt dadurch der Aufwand für den Nutzer in der Bedienung des Systems.

Am besten dürfte sich ein Balkendiagramm eignen. Reihenfolgen beispielsweise lasse sich durch die resultierenden Stufen sehr gut darstellen. Balken selbst lassen sich außerdem in einzelne Teile aufspalten, ohne die Übersichtlichkeit zu verringern. Gegenüber dem Kreisdiagramm kann es zwar keine Betrachtung des Gesamten liefern ,allerdings ist das in diesem Anwendungsfall auch nicht nötig.

# 6. Umsetzung

In diesem Kapitel wird auf die konkrete Umsetzung der Konzepte eingegangen. Die Komponenten des Systems selbst wurden aus architektonischer Sicht, wie in der Konzeption beschrieben umgesetzt. Daher wird vielmehr auf die genaue Umsetzung der Funktionen und Prozesse eingegangen. Anhand von Klassendiagrammen wird in den ersten beiden Kapiteln die Struktur und Funktionsweise der Webprojekte erläutert. Weiterhin wird der ETL-Prozess und die Abfrageerzeugung genauer betrachtet. Der genaue Ablauf in der Aktualisierung wird in dem darauf folgenden Abschnitt beschrieben. Abschließend wird der Aufbau der Oberfläche mit den damit verbundenen Designentscheidungen erläutert.

## 6.1 Aufbau der Server.war

Die Web-Archive-Datei beinhaltet ein dynamisches Webprojekt aus dem Eclipse Web Tools Platform (WTP)-Projekt. Das Webprojekte besitzt die Struktur und Einstellungen die automatisch beim erzeugen des Projektes festgelegt werden. Deshalb wird direkt auf die Klassen eingegangen. Abbildung 6.1 zeigt das Klassendiagramm der Server-WAR-Datei. Das Diagramm dient als Basis für die nachfolgenden Erläuterungen.

Die H2-Datenbank wird im Embedded-Modus betrieben, was eine Instanziierung der Datenbank zur Laufzeit notwendig macht. Die Instanziierung erfolgt in der Klasse *Database*. Das Attribut *dataSource* stellt die H2-Datenbank in Form eines Objektes dar. Eine Verbindung zur Datenbank wird mithilfe der Methode *getConnection()* aufgebaut. Diese Verbindung wird permanent offen gehalten, solang der Tomcat-Server läuft. Dazu wird die Verbindung dem Attribut *con* zugewiesen, welches von allen Methoden verwendet wird, die eine Verbindung zur Datenbank aufbauen wollen. Um die Datenbank mit der Web-Anwendungen zu starten, ist die Verwendung eines Servlets nötig. Dazu benutzen wir die Klasse *EntryPoint*, die das Interface *HttpServlet* implementiert. Um das Servlet direkt beim Start aufzurufen sind in der *web.xml* folgende Zeilen eingetragen:

```
1 <servlet>
2   <servlet-name>H2</servlet-name>
3   <servlet-class>de.cas.db.EntryPoint</servlet-class>
4   <load-on-startup>1</load-on-startup>
5 </servlet>
```

Die 1 im Element `<load-on-startup>` bewirkt den Aufruf der Methode `init()` die eine Instanziierung der Klasse `Database` vornimmt. Zur Erzeugung des Schemas wird eine separate Klasse namens `SchemaBuilder` eingesetzt. In ihr werden sämtliche SQL-Anweisungen zur Generierung des Schemas aufbewahrt und können über die Methode `createSchema()` ausgeführt werden.

Mit der Klasse `JerseyServer` wird der REST-Server umgesetzt. Sie besitzt Methoden die mit den entsprechenden Annotationen, wie `@GET` oder `@POST`, die REST-Requests entgegen nehmen. Mit der Annotation `@Path` wird die URL angegeben, unter der die Methode angesprochen werden kann. Diese Methoden können Übergabeparameter vom Typ `UriInfo` und/oder `HttpHeaders` besitzen, die Abrufe von Metadaten der REST-Requests ermöglichen.

Neben den Methoden zur Beantwortung von REST-Requests, enthält die Klasse alle Objekte zur Durchführung des ETL-Prozesses. Die Klasse `ConnectorJDBC` besitzt ein Attribut namens `con`, welches den Verbindungsauflauf zum MSSQL-Server, mithilfe von JDBC ermöglicht. Zur Extraktion der Daten aus dem MSSQL-Server wird ein Objekt der Klasse `QueryBuilder` verwendet. Wie in der Abbildung zu sehen werden für die verschiedenen Tabellen, des neuen Schemas, eigene Methoden zur Verfügung gestellt. Methoden welche die Übergabewerte `table`, `date` und `n` besitzen, werden für die verschiedenen Verbindungsmerkmale benötigt. Mithilfe des Parameters `table` wird der Name der Tabelle in der MSSQL Datenbank übergeben. Der Parameter `date` gibt das Feld an, was für die Ermittlung des Datums verwendet werden soll. Um den Typ eines Verbindungsmerkmals zwischen Personen festzuhalten wird der Parameter `n` verwendet, der eine Zahl zwischen eins und fünf beinhaltet. `QueryBuilder` verwendet ein Objekt vom Typ `CSV-Builder`, um die Ergebnisse in Dateien festzuhalten. Den Methoden wird als Übergabeparameter ein Dateiname, sowie die zu speichernden Informationen übergeben.

Die Klasse `Transform` enthält Attribute und Methoden zur Bearbeitung der CSV-Dateien. Weiterhin werden die durch die Extraktionen gewonnenen CSV-Dateien mithilfe eines `CSVReaderWriter` Objekts ausgelesen. Nach der Bearbeitung durch die Methoden der `Transform` Klasse, werden die Daten wieder in CSV-Dateien abgelegt. `CSVBuilder` besitzt Methoden die zusätzliche Parameter zum schreiben aufweisen, die modifizierte Schreiboperationen erlauben. Wohingegen `CSVReaderWriter` mithilfe der Methode `writeDataToCSV()`, sowie den Parametern `path` und `data` allgemeine Schreiboperationen durchführt.

Mithilfe der Klasse `Load` wird die Datenbank gefüllt. Sie kann wie zuvor erwähnt von einem `Database` Objekt verwendet werden oder durch ein `JerseyServer` Objekt. Beim `JerseyServer` werden mit der Methode `load()` die Methoden der `Load` Klasse aufgerufen. In der Klasse `Database` werden sie im Konstruktor selbst aufgerufen.

Die Klasse `Logik` beinhaltet Attribute und Methoden zum beantworten von Benutzerabfragen. Um Bedingungen zu einer SQL-Abfrage hinzuzufügen werden separate Methoden verwendet. Die jeweiligen Methoden werden nur gerufen, sobald die entsprechende Bedingung in der vom Nutzer erhaltenen JSON-Datei vorhanden ist. Generiert werden die Abfragen durch die Methode `buildQuery()`.

## 6.2 Aufbau der Client.war

Einstiegspunkt in der Client.war ist die Klasse `CasAnalyticUI`. Sie ist von der Klasse `UI` abgeleitet. Die `UI` ist die oberste Komponente jeder Komponentenhierarchie in Vaadin. Es gibt eine Benutzeroberfläche für jede Vaadin-Instanz in einem Browserfenster. Ein `UI` Objekt kann entweder ein gesamtes Browserfenster (oder Tab) oder einen Teil einer HTML-Seite, wo eine Vaadin-Anwendung eingebettet ist darstellen. Nachdem eine `UI` von der

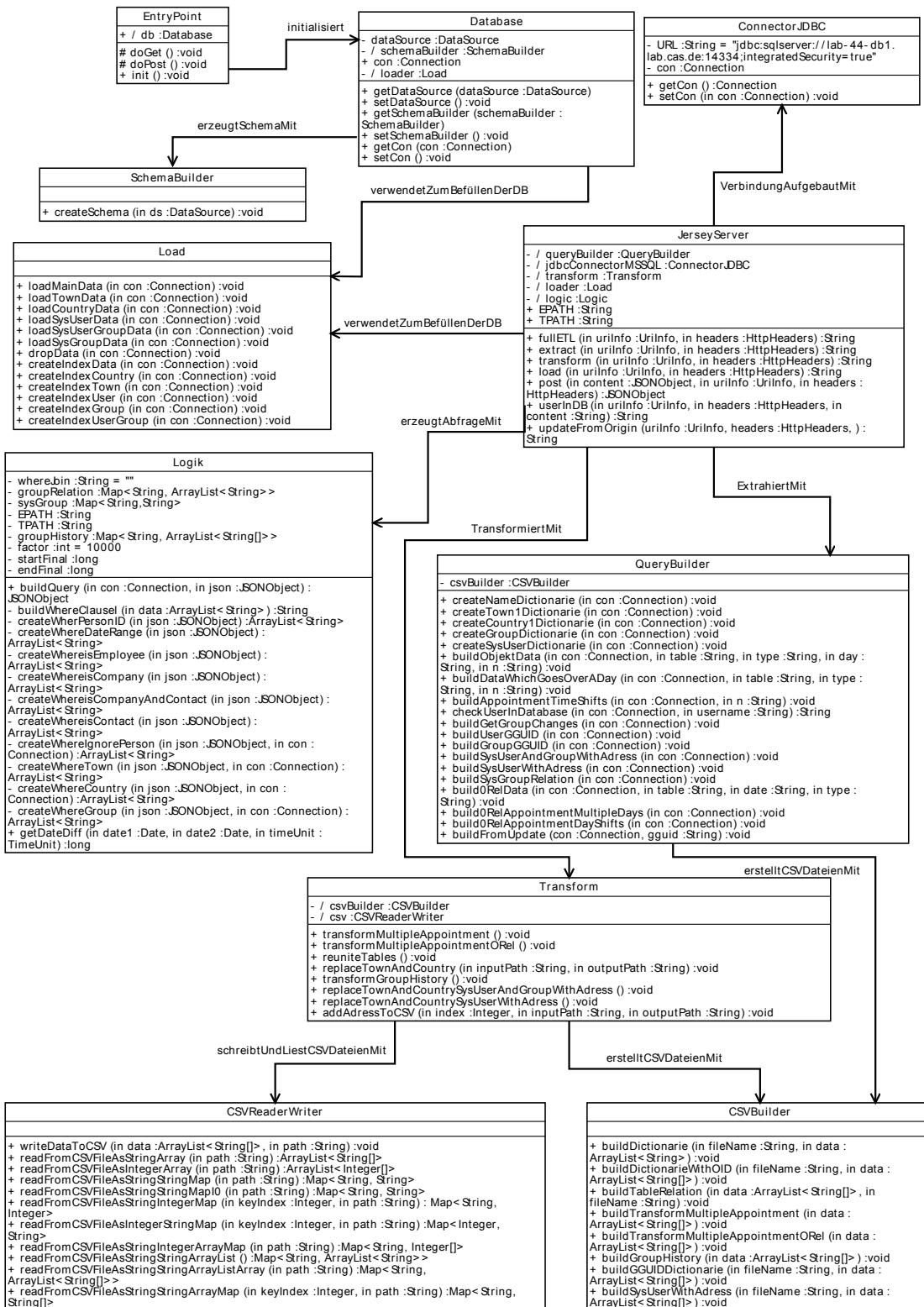


Abbildung 6.1: Server Klassendiagramm

Anwendung erstellt wurde, wird diese mit der Methode `init(VaadinRequest)` initialisiert. Zur Übersicht werden die Komponenten der Darstellung in die Klasse `RootUI` ausgelagert.

`RootUI` wird dabei von der `CasAnalyticUI` instanziiert. Die Klasse `RootUI` beinhaltet das Anmeldefenster, sowie die Hauptansicht. Mithilfe der Methode `buildLoginView()` werden die Komponenten des Anmeldefensters zur `UI` Komponente hinzugefügt. Nach der Erzeugung der Komponenten, wird eine `JerseyClient` Klasse instanziiert. Diese wird verwendet sobald der Nutzer IP, Port und einen Namen eingegeben hat und auf anmelden klickt. Anschließend wird die Methode `doPostRequestUserData()` gerufen, um zu überprüfen ob der Nutzer im System vorhanden ist.

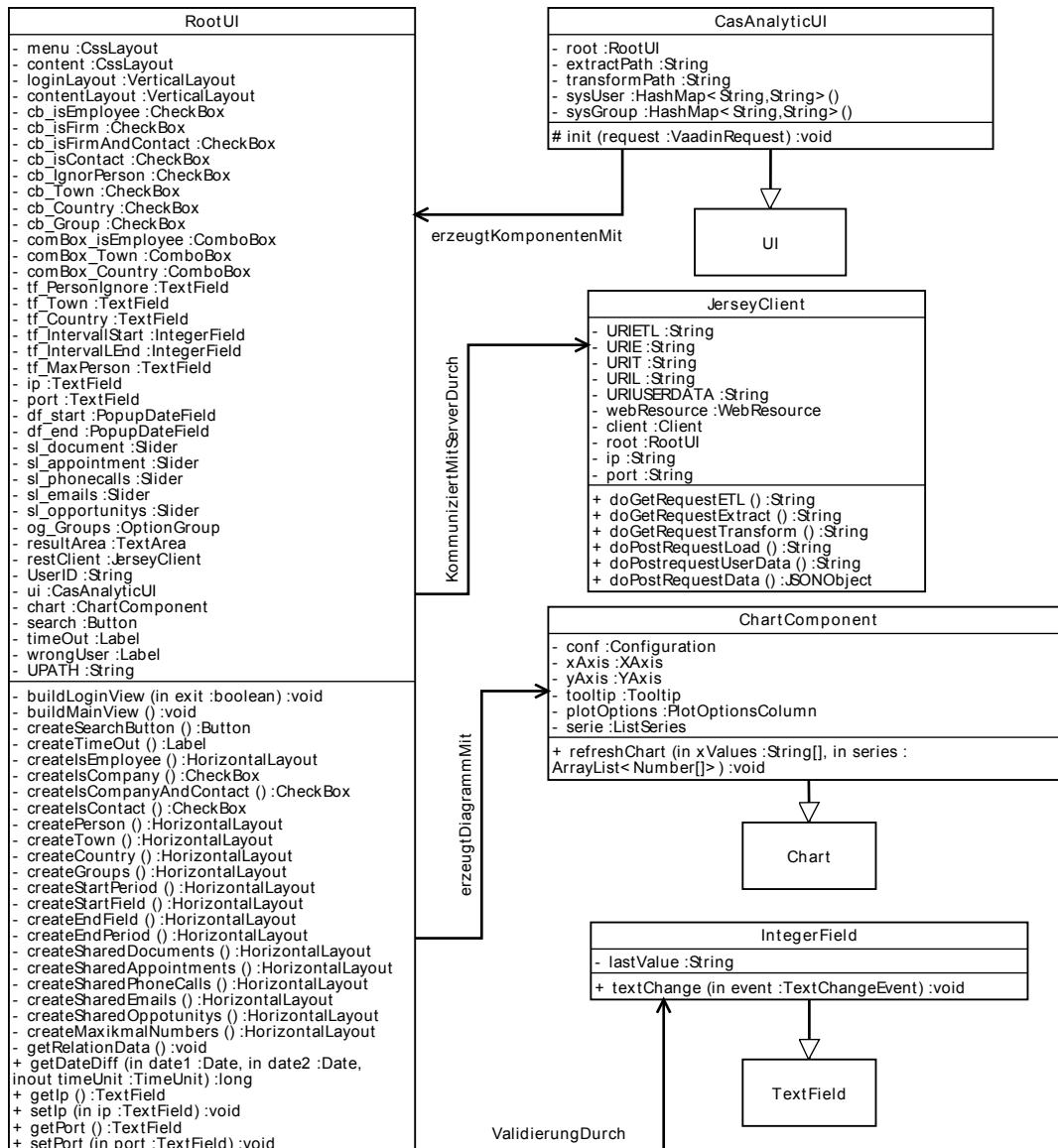


Abbildung 6.2: Client Klassendiagramm

Falls ja, werden durch die Methode `MainView()` alle bisherigen Komponenten der `UI` entfernt und durch Komponenten des Hauptfensters ersetzt. Das `JerseyClient` Objekt wird direkt im Anschluss verwendet, um Mithilfe der Methode `doPostRequestData()` einen REST-Request an den Server zu senden. Dieser liefert das Ergebnis der Abfrage in einem JSON-Objekt zurück. Mit dessen eine erste Erzeugung des Diagramms durchgeführt wird.

Das Diagramm selbst besitzt eine eigene Klasse namens *ChartComponent*. Sie leitet sich von der Klasse *Chart* ab, die Teil der VaadinChart-Bibliothek ist. Mithilfe der Methode *refreshChart()* wird das Diagramm bei Benutzerabfragen aktualisiert. Dazu werden ihr die Namen der Personen für die x-Achse übergeben, sowie die neuen Balkenwerte. Weiterhin wird für jedes Vaadin-Objekt, welches eine Element an der Oberfläche darstellt, eine separate Methode zur Erzeugung verwendet. Änderungen am Aussehen oder an der Funktionalität der jeweiligen Vaadin-Objekte, werden nur innerhalb der entsprechenden Methode vorgenommen.

An der Oberfläche gibt es Felder die nur Zahlen erwarten. Eingaben die nicht numerisch sind werden durch den Einsatz der Klasse *IntegerField* verhindert. Diese erweitert die Klasse *TextField*. Sie besitzt einen Event-Listener, der jede Eingabe des Benutzers abfängt. Gibt der Nutzer nicht numerische Zeichen ein werden diese direkt wieder entfernt. Dadurch werden Falscheingaben durch den Nutzer ausgeschlossen.

## 6.3 Erzeugung der Abfrage

Um SQL-Abfragen möglichst schlank zu halten, erfolgt die Erzeugung dynamisch. Die SQL-Abfrage kann dadurch je nach Benutzereingabe unterschiedlich aufgebaut sein kann. Die Basisfunktionalität ändert sich allerdings nicht. Diese besteht aus der Bildung von Summen der verschiedenen Verbindungsmerkmale. Nachdem festgestellt wurde wie viele Verbindungsmerkmale von den jeweiligen Typen zu einer Person verlaufen, wird zusätzlich die Gesamtsumme der Verbindungsmerkmale zu einer Person gebildet. Die Summe wird zur Sortierung der Ergebnisse verwendet. Bei der Sortierung wird absteigend vorgegangen, um die Personen mit den meisten Verbindungsmerkmale zu der von der Suche ausgehend Person zu ermitteln. Das Ergebnis wird wiederum auf eine durch den Benutzer festgelegte Anzahl reduziert. Überdies beschränkt die Abfrage den Zeitraum durch die Verwendung der Spalte *Date*.

Nutzer können durch nutzen der Filteroperatoren weitere Bedingungen zur SQL-Abfrage hinzufügen. Eine von ihnen ist die Gewichtung von Zeitspannen. Das Verfahren zur Gewichtung der Zeit wird anhand der Abbildung 6.3 erläutert. Die Abbildung zeigt ein Koordinatensystem mit der Gewichtung von einzelnen Zeitpunkten. Die x-Achse stellt den zeitlichen Verlauf und die y-Achse die Gewichtung dar. Der Startzeitpunkt wird durch  $t_s$  markiert, wohingegen  $t_e$  den Endzeitpunkt angibt. Mithilfe von  $t_1$  und  $t_2$  werden die zu gewichtenden Zeitspannen festgelegt. Um nun die Zeitspannen anders zu gewichten wird eine lineare Abstufung der Tage vorgenommen. Für die Zeitspanne zwischen  $t_s$  und  $t_1$  bedeutet dies, dass der Wert eines Tages zunehmend steigt. Wird  $t_1$  erreicht, besitzt jeder Tag wieder eine Wertigkeit von 1. Bei  $t_2$  verhält es sich ähnlich. Mit jedem Tag ab  $t_2$  sinkt der Wert des Tages bis der Zeitpunkt  $t_e$  erreicht ist.

Um die Gewichtung eines bestimmten Tag zu berechnen werden die folgenden zwei Faktoren verwendet:

$$f_1 = \frac{1}{t_1 - t_s} \quad (6.1)$$

$$f_2 = \frac{1}{t_e - t_2} \quad (6.2)$$

Neben den Faktoren  $f_1$  und  $f_2$  werden Variablen zum erfassen der schrittweisen Erhöhungen und Verringerungen von Tagen benötigt. Für den Zeitraum zwischen  $t_s$  und  $t_1$  wird die Variable  $v_1$  verwendet. Im anderen Zeitraum wird die Variable  $v_2$  benutzt. Die Variable  $v_1$  beginnt mit dem Wert 0 und erhöht sich mit jedem Tag um 1. Die Differenz zwischen  $t_2$  und  $t_e$  stellt den Wert von  $v_2$  dar. Dieser wird mit jedem Tag ab  $t_2$  um 1 verringert.

Mit den Faktoren und Variablen werden die Werte der Tage berechnet. Dazu wird der Faktor mit der Variabel multipliziert. Das Produkt bildet den Wert eines Tages. Dieser wird in der Datenbankabfrage verwendet, um Tupeln einen geringeren Wert zuzuweisen.

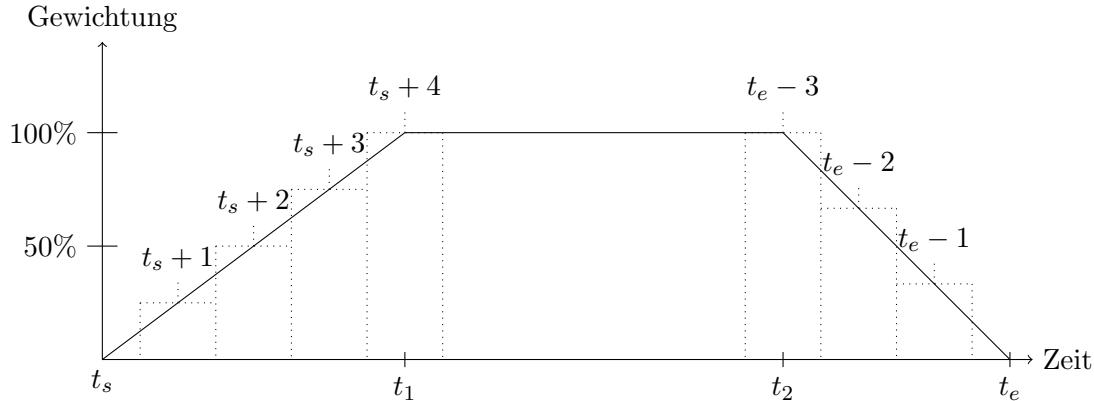


Abbildung 6.3: Gewichtung der Zeit

Neben der Gewichtung der Zeit lassen sich die jeweiligen Verbindungsmerkmale unterschiedlich gewichten. Bei einer Abweichung von 100 Prozent wird die Summe des jeweiligen Verbindungsmerkmals, um die durch den Nutzer bestimmten Prozentsatz verringert.

Die restlichen Parameter filtern die SQL-Abfrage und werden nach Bedarf hinzugezogen. Eine der Konditionen muss zuvor ermittelt werden und wird daher näher beschrieben. Es handelt sich dabei um Gruppen, die aus der Ergebnismenge ausgeschlossen werden können. Ihre Struktur ist im Laufe der Zeit variabel. Um dies zu berücksichtigen wird die Tabelle *UserGroup* verwendet. Dabei folgendermaßen vorgegangen: Zuerst wird die Ergebnismenge durch die ausgewählten Gruppen reduziert. Anschließend wird für jede Gruppe ein eigener Container erzeugt. Der Container beinhaltet die ID der Personen aus der Gruppe. Liegt nun der Zeitpunkt des Feldes *Date* nach dem Anfangszeitpunkt der Abfrage und die Spalte *Action* enthält eine 1, wird der Container um diese Person reduziert. Enthält sie eine 0, wird die Person zum Container hinzugefügt. Mit einer 1 in der Spalte *Action* wird der Austritt einer Person aus der Gruppe markiert. Eine 0 weist auf den Eintritt einer Person in die Gruppe hin. Dadurch wird die Struktur der Gruppe zum Anfangszeitpunkt wiederhergestellt. Mithilfe der Personen aus den Container, wird nun die SQL-Abfrage um weitere Bedingungen erweitert.

Innerhalb von Zeiträumen können sich Gruppen verändern, jedoch können diese nicht berücksichtigt werden. Es kann jeweils nur ein bestimmter Zeitpunkt betrachtet werden. In unserem Fall entschied man sich für den Anfangszeitpunkt  $t_s$ .

## 6.4 ETL Prozess

Um an die notwendigen Daten zu gelangen werden zuerst die Informationen aus der MSSQL-Datenbank extrahiert. Dazu wird ein Verbund gebildet, der Tupeln aus den betroffenen Tabellen verschmelzen lässt. Die in CAS genesisWorld manuell hinterlegten Verbindungen werden mithilfe der Tabelle *TableRelation* ermittelt. Zur Beschaffung der Verbindungen wird als erstes eine SQL-Abfrage definiert, die für jede der Tabellen *gwOpportunity*, *gwPhoneCall0*, *Document0*, *EmailStore0* und *Appointment0* separat ausgeführt wird.

Mithilfe eines Verbundes zwischen den Tabellen *SysUser* und *Address0* werden die Adressen zu den Personen ermittelt. Anschließend werden durch einen Verbund zwischen *TableRelation* und *SysUser* alle Tabellen ermittelt die mit den Personen eine Verbindung

besitzen. Der nächste Verbund wird zwischen *TableRelation* und einer der fünf zuvor genannten Tabellen gebildet. Um beispielsweise festzustellen welche anderen Personen mit einem Dokument arbeiten, wird ein weiterer Verbund mit der passenden ORel-Tabelle gebildet. In der ORel-Tabelle kann die *OID* positiv, sowie negativ sein. Bei einem negativen Wert stellt die *OID*, eine *GID* der Tabelle *SysGroup* dar. Zur Auflösung von Gruppen in einzelne Personen werden folgende Verbunde gebildet. Zuerst zwischen *SysGroup* und *SysGroupMember*, um alle Personen die zu einer Gruppe gehören zu erhalten. Anschließend zwischen *SysGroupMember* und *SysUser*, um die *OID* der Person zu erhalten.

Die durch den Verbund gewonnen Informationen werden weiterhin auf drei relevante Werte verringert. Zu einem die *OID* des *SysUser*, von dem die Suche ausgeht. Zum anderen das Datum, welches durch ein Verbindungsmerkmal ermittelt wird. Weiterhin wird die zweite *OID* behalten, die durch den Verbund mit einer zweiten *SysUser* Tabelle gewonnen wird. Zum Schluss wird manuell eine vierte Information beigelegt, die besagt welchem Verbindungsmerkmal die Tupel entstammt.

Für den Sonderfall das ein Datum über mehrere Tage geht, wird eine fünfte Spalte hinzugefügt, welche den Zeitraum in Tagen beinhaltet. Zur Beschaffung der geschobenen Termine wird genau wie in der Konzeption beschrieben verfahren.

Zur Ermittlung von direkten Verbindungen zwischen Personen wird lediglich ein Verbund aus den ORel-Tabellen eines Verbindungsmerkmals gebildet. Dieser Verbund beinhaltet bereits die *OID* der beiden Personen. Zur Ermittlung des Datums wird noch ein Verbund mit der Tabelle des Verbindungsmerkmals gebildet. Die negativen *OID* Werte werden genauso wie oben beschrieben aufgelöst.

Jedes Ergebnis einer Extraktionsabfrage wird in einer CSV-Datei direkt auf dem Tomcat gespeichert. Diese CSV-Dateien stellen die Grundlage der Transformation dar. Jede dieser Dateien beinhaltet Verbindungen zwischen Personen, in der Form wie sie in Abbildung 6.4 zu sehen ist.

Struktur der Datei	
"startID", "Date", "Typ", "EndID", "isEmployee", "isContact", "isFirm", "Town", "Country", "Dauer"	
Inhalt der Datei	
<pre> 1703 "10", "4211", "1", "14476", "false", "true", "false", "Karlsruhe", "Deutschland" 1704 "10", "4211", "1", "15260", "false", "false", "true", "Karlsruhe", "Deutschland" 1705 "10", "4211", "1", "16642", "true", "false", "false", "Karlsruhe", "Deutschland" 1706 "10", "4096", "1", "15916", "true", "false", "true", "Karlsruhe", "Deutschland" 1707 "10", "4096", "1", "12669", "false", "true", "false", "Karlsruhe", "Deutschland" 1708 "10", "4096", "1", "15836", "false", "true", "true", "Karlsruhe", "Deutschland", "3" 1709 "10", "4096", "1", "14462", "", "", "", "", "" 1710 "10", "4096", "1", "15912", "null", "null", "null", "null", "null" </pre>	

Abbildung 6.4: Ausschnitt einer CSV-Datei nach der Extraktion

Alle CSV-Dateien werden auf die in Abbildung 6.4 zu sehenden Ungereimtheiten untersucht. Dabei wird in Zeilen in denen die letzten fünf Werte fehlen, die Adresse über die *OID* (die vierte Zahl) ergänzt. Bei Nullwerten wird überprüft ob wirklich keine Adresse vorhanden ist, falls doch werden die Adressen ergänzt. Wenn wie in Zeile 1707 zu sehen,

ein Nullwert anstatt eines Datum existiert, wird die Zeile entfernt. Wenn wie in Zeile 1708 ein zusätzlicher Wert vorhanden ist, erstreckt sich das Merkmal über mehrere Tage. Die Zeile bleibt bestehen allerdings wird der letzte Wert entfernt. Die Zahl wird jedoch zwischengespeichert, um die entsprechende Anzahl an Tupeln zu erzeugen. Jede dieser Tupeln weist auf einen anderen Tag in der Zeitspanne hin. Nach der Beseitigung von Anomalien werden noch die Städte und Länder durch ihre jeweilige *ID* aus der Tabelle *Town* und *Country* ersetzt.

Die veränderten Daten werden wieder in CSV-Dateien abgelegt. Diese besitzen den gleichen Namen, besitzen allerdings noch den Zusatz ”\_transf”, der sie als transformiert kennzeichnet. Diese Dateien werden anschließend in einer CSV-Datei zusammengeführt. Bei der Zusammenführung sind zum ersten mal alle Daten gleichzeitig in der Anwendung vorhanden, weshalb an dieser Stelle alle Duplikate beseitigt werden. Weiterhin werden überdies die Zeilen sortiert. Dabei wird mit zwei Kriterien verfahren. Das erste Kriterium ist die *OID* der Person von der die Suche ausgeht. Falls Werte sich gleichen wird das zweite Feld (Datum) herangezogen. Nachdem alle Zeilen sortiert und von Duplikaten bereinigt sind, werden sie in einer CSV-Datei abgelegt.

Diese Datei werden bei jedem Start der Datenbank verwendet, um einen Bulk-Load für die H2-Datenbank zu initialisieren. Nach dem Einfügen der Daten in die Datenbank werden die Indizes auf den Datensätzen erzeugt.

## 6.5 Aktualisierung des Datenbestandes

Wie zuvor in Abschnitt 5.5 behandelt, wird die Aktualisierung unseres Datenbestandes von CAS genesisWorld angestoßen. Die Implementierung ist in Form einer COM-Komponente umgesetzt. Sie wird in einer DLL-Datei definiert. Diese muss Namenskonventionen einhalten. Es werden nur Dateien vom CAS genesisWorld Anwendungsserver erkannt die mit dem Prefix *pGSAxExtCustomServerDataPlugin* beginnen. Die DLL-Datei ist in der *RegisterSDKDataPlugIns.xml* hinterlegt, damit der Anwendungsserver beim Start das Plugin findet. Weiterhin ist in der XML-Datei eine Tabelle paarweise mit einer DLL angegeben. Dadurch wird ein Plugin auf eine Datenbanktabelle registriert und bekommt alle betreffenden Änderungen mit.

Die Programmbibliothek selbst ist in Delphi geschrieben. Abbildung 6.5 zeigt die Struktur der DLL-Datei. Die Klasse selbst implementiert sechs verschiedene Schnittstellen. *ComObj* stellt Funktionen zur Erstellung und Bearbeitung von COM-Objekten zur Verfügung. Um Funktionalitäten von CAS genesisWorld vollständig zu nutzen, wird die *ActiveX* Schnittstelle benötigt. Wie bereits behandelt findet die Übertragung der Daten über das REST-Protokoll statt, wofür die *idHttp* Schnittstelle verwendet wird. Um Konvertierungen der vom Anwendungsserver erhaltenen Binärwerte vorzunehmen, werden die Funktionen der Schnittstellen *CAS\_ToolsCOM* und *CAS\_VarType14Fix* genutzt. Das Abfangen der geänderten Daten, welches die eigentliche Kernfunktionalität darstellt, wird durch die Funktionen der *IGWSDKDataPlugin* Schnittstelle implementiert.

Die Funktionen der Abbildung 6.5 gehören von *BeforeAddNew()* bis *AfterUndelete()* zur *IGWSDKDataPlugin* Schnittstelle. Es sind zwar alle Funktionen der *IGWSDKDataPlugin* Schnittstelle in der DLL implementiert, allerdings sind nur die Funktionen die mit *After* beginnen auch mit Logik hinterlegt. Für unser System reicht es nämlich aus, über Änderungen im Nachhinein benachrichtigt zu werden. Die Funktionen enthalten alle die gleiche Logik und unterscheiden sich lediglich in den Übergabeparameter.

Die Funktionsweise wird im Folgenden anhand der Abläufe in der Logik erläutert. Nachdem der Nutzer Datensätze geändert hat wird das Plugin aufgerufen. Die entsprechende

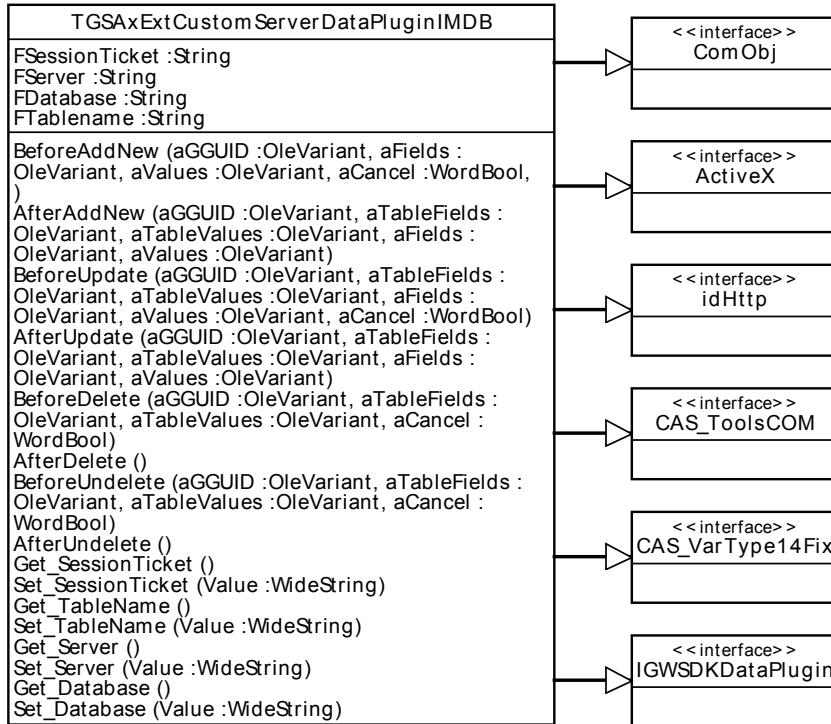


Abbildung 6.5: Klassendiagramm Plugin

Funktion erhält die *GGUID* der Tupel, den Namen der Spalte, sowie die veränderten Werte. Anschließend wird überprüft, ob die Änderungen für unser System von Relevanz ist. Falls sie sich als relevant herausstellen, wird die *aGGUID* in einen String konvertiert. Anschließend werden die Header-Werte der *idHttp* Variable gesetzt. Sie beinhalten Werte wie die URI oder HTTP-Metadaten. Sobald alle Daten in der *idHttp* gesetzt sind, wird ein POST-Request an unser System übermittelt.

Der POST-Request enthält lediglich die *GGUID* und die Art der Operation, die auf den Daten ausgeführt wurde. Bei neuen Daten beispielsweise wird ein Header namens "newG-GUID" und dem Wert der *GGUID* gesetzt. Im Anwendungsserver wird der neue Wert zuerst in eine CSV-Datei geschrieben und anschließend in die Datenbank eingefügt.

## 6.6 Oberfläche

In diesem Abschnitt wird die Umsetzung der Darstellung erörtert. Den Einstiegspunkt für Nutzer stellt das in Abbildung 6.6 zu sehende Anmeldefenster dar. Der Hintergrund der Webseite ist in einem dunklen grau gestaltet, um einen Kontrast zum weißen Hintergrund der Bedienelemente zu schaffen. Dadurch werden die für den Nutzer verwendbaren Bereiche abgehoben. Zur Identifikation des Systems mit der Firma ist das Logo der CAS Software AG im linken Teil abgebildet. Im rechten Teil des Fensters existieren drei Eingabefelder. Zuerst ein Feld zur Eingabe der IP-Adresse des Server. Die dazugehörige Portnummer wird im darauf folgenden Feld eingegeben. Das dritte Feld ist für den Namen des Nutzers vorgesehen, der den Ausgangspunkt der Analyse darstellt. Abschließend wird ganz klassisch ein Button zum fortfahren auf der Webseite eingesetzt. Falls allerdings der eingegebene Nutzernname nicht existiert, wird eine Warnmeldung direkt über dem zweiten Eingabefeld ausgegeben.

Das Hauptfenster wurde vom Aufbau, wie in Abschnitt 5.6 beschrieben umgesetzt. Im oberen Bereich befindet sich eine Leiste, die anhand der Microsoft Richtlinien für Design

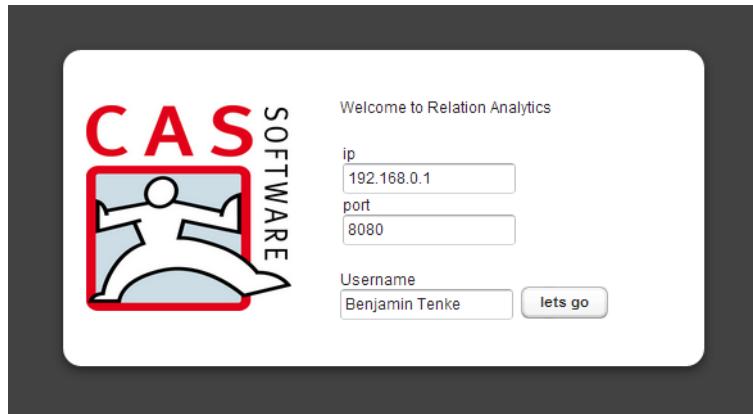


Abbildung 6.6: Anmeldefenster

entworfen wurde. Dies schafft ein vertrautes Gefühl mit der Oberfläche und schafft eine schnelle Akzeptanz bei den Nutzern. Die Leiste ist in vier Bereiche aufgeteilt. Der erste Bereich, ganz links, dient der Gewichtung der Verbindungsmerkmale und dem anstoßen der Abfrage. Aufgrund der Gewichtung in Prozent, ist ein fester Wertebereich von 0 bis 100 vorgegeben. Textfelder eignen sich daher weniger, da sie beliebige Eingaben ermöglichen. Der Einsatz von Reglern bietet eine einfachere und selbsterklärende Form der Bedienung. Der begrenzte und kleine Wertebereich begünstigen den Einsatz der Regler. Zum stellen der Anfrage wird ein einfacher Button eingesetzt. Direkt unter dem Button befindet sich ein Text, der die benötigten Zeit für die Abfrage ausgibt.

Der zweite Bereich dient zeitlichen Anpassungen. Das erste und dritte Feld können für Veränderung des Betrachtungszeitraums verwendet werden. Sie beinhalten den Anfangs- und Endzeitpunkt. Händische Eingaben weisen eine schlechte Bedienbarkeit auf, weswegen ein sogenannter "Datumspicker" eingesetzt wird. Dieser befindet sich direkt neben dem Textfeld und öffnet sich nach einem Klick auf das Symbol. Er stellt einen grafischen Kalender dar, aus dem durch klicken auf ein Tag das Datum bestimmt werden kann. Die Möglichkeit zur Eingabe durch direktes ändern des Textes bleibt allerdings weiterhin erhalten. Die anderen beiden Felder sind für die Gewichtung der Zeit vorgesehen. Diese Felder dienen zur Festlegung von  $t_1$  und  $t_2$ , aus der Abbildung 6.3. Das obere Feld ist für  $t_1$ . Hier kann die Zeitspanne zwischen  $t_s$  und  $t_1$  in Tagen festgelegt werden. Für  $t_e$  und  $t_2$  verhehlt es sich wie mit dem unteren Feld.

Bis auf die Gruppenfilterung sind im dritten Bereich alle restlichen Filtermöglichkeiten vorhanden. Mithilfe von Checkboxen kann der Nutzer festlegen, welche Filterungen auf die Analyse angewendet werden sollten. Neben der Filterung durch bestimmte Personen, Länder, Städte usw. ist hier eine Begrenzung der Ergebnismenge umgesetzt. Im untersten Feld kann der Nutzer diese bestimmen.

Der Bereich ganz rechts in der Leiste, ist für den Ausschluss von Gruppen vorgesehen. Hier werden alle Gruppen im System mit einer Checkbox und einem Namen dargestellt. Dabei können beliebig viele Gruppen ausgewählt werden. Da die Anzahl der Gruppen überschaubar ist, entschied man sich alle anzuzeigen, anstatt einer händischen Eingabe der Namen durch den Nutzer. Für Benutzer entsteht dadurch ein Vorteil, da sie Gruppen auswählen können die sie zuvor nicht kannten.

Den zentralen Bereich des Fensters stellt das Diagramm dar. Die Balken selbst sind in fünf verschiedene Elemente unterteilt. Jedes Element wird dabei, durch eine andere Farbe dargestellt. Die fünf Elemente sind die verschiedenen Verbindungsmerkmale. Die Zuordnung der Farbe zu dem jeweiligen Merkmal, wird über eine Legende im unteren Bereich des Fensters umgesetzt. Eine Besonderheit ist, dass durch einen Klick auf eine der Far-

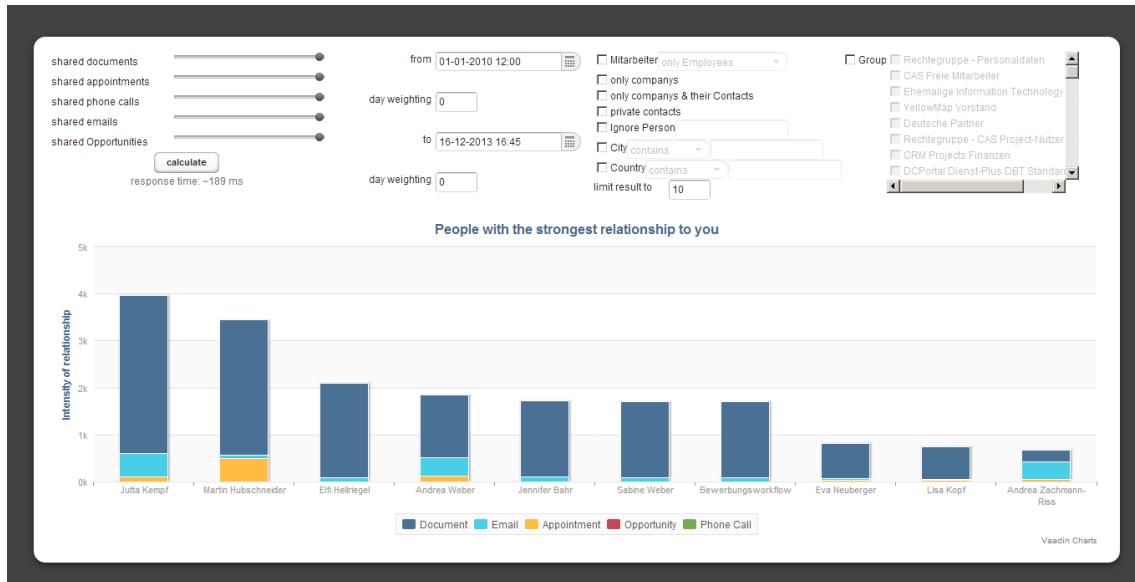


Abbildung 6.7: Hauptseite der Anwendung

ben, das jeweilige Merkmal von der Darstellung ausgeschlossen wird. Beispielsweise kann der Nutzer auf die blaue Farbe neben dem Dokument klicken, was einen Neuaufbau des Diagramms ohne Dokumente bewirkt. Durch den Ausschluss wird allerdings keine neue Abfrage gesendet. Das bedeutet die Reihenfolge in der die Personen angezeigt werden die Datenbasis gleich bleiben. Mit einem wiederholten Klick lässt sich der Originalzustand wiederherstellen. Zusätzlich zu der y-Achse, die eine Gesamtpunktzahl aufzeigt, kann der jeweilige Anteil eines Merkmals betrachtet werden. Dies geschieht durch einfaches platzen des Mauszeigers, auf dem jeweiligen Bereich des Balkens. Dadurch öffnet sich ein Tooltip, welches die Anzahl der Punkte im Verhältnis zur Gesamtpunktzahl zeigt.

Die Ausführung der Anfrage erfolgt in der Regel mit dem dafür vorgesehenen Button. Die Regler und das Datum, jedoch lösen bei Veränderungen automatisch eine neue Abfrage aus. Dies soll die hohe Antwortgeschwindigkeit des Systems untermauern und eine bessere Nutzererfahrung schaffen. Das Datum, sowie die Gewichtung wurden dazu ausgewählt, da sie die am meisten benutzte Konfigurationsmöglichkeit darstellen.



# **7. Fazit und Ausblick**

In diesem abschließenden Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit in ihren wichtigsten Punkten zusammengefasst und anhand der Anforderungen aus Kapitel 3.2 bewertet. Anschließend wird ein Ausblick auf weiterführende Möglichkeiten, sowie zukünftige Verbesserungsmöglichkeiten gegeben.

## **7.1 Zusammenfassung**

Aus der Motivation heraus wurde in der vorliegenden Arbeit ein System, basierend auf den Daten von CAS genesisWorld entwickelt. Hierzu wurden zuerst alle relevanten Komponenten von CAS genesisWorld untersucht. Dabei wurden Tabellen und Spalten identifiziert, die zur Realisierung der Lösung notwendig sind. Anschließend wurden die Anforderungen an das neue System erhoben. Mit dem Wissen über die zu übernehmenden Daten und den Anforderungen wurde eine passende Datenbank ausgewählt. Diese sollte den zuvor erhobenen Anforderungen gerecht werden. Dabei wurden NoSQL-Datenbanken hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Sie konnten in diesem Fall allerdings nicht überzeugen, somit entschied man sich für die H2-Datenbank. Die Entscheidung zugunsten der H2-Datenbank ist auf die im Hauptspeicher gehaltenen Tabellen zurückzuführen.

Aufbauend auf der zuvor ausgewählten Datenbank wurden Konzepte zur Umsetzung des Systems entwickelt. Bei der Konzeption wurde deduktiv vorgegangen. Zuerst wurde die Architektur definiert und anschließend die einzelnen Komponenten detailliert geplant. Bei der Planung wurde nicht versucht ein universell einsetzbares System zu entwickeln, sondern vielmehr eine domänen spezifische Lösung für das Szenario auszuarbeiten. Nachdem alle Technologien, sowie Vorgehensweisen festgelegt wurden, ging man auf die Umsetzungen ein. Indessen eine Beschreibung der Funktionsweise einzelner Komponenten durchgeführt wurde. Neben der Funktionsweise wurde die Interaktion unter den Komponenten dargestellt. Schlussendlich wurde die fertige Oberfläche und die getroffenen Designentscheidungen dargelegt.

## **7.2 Bewertung der Ergebnisse**

Die funktionalen Anforderungen konnten alle umgesetzt werden und wurden bereits im vorherigen Kapitel anhand der Oberfläche erläutert. Im Folgenden wird somit auf die Erfüllung der nicht funktionalen Anforderungen eingegangen. Dies erfolgt anhand der Gegenüberstellung von Anforderungen und den Charakteristika des Systems.

Die erste Anforderung konnte durch den Betrieb auf einem Server eingehalten werden. Weiterhin wurde eine lose Kopplung erreicht. Diese spiegeln sich in den REST-Schnittstellen der jeweiligen Komponenten wieder. Überdies gibt es keine Abhängigkeiten zwischen den Klassen der Darstellung und den Klassen der Geschäftslogik. Ein gewisses Maß an Portabilität wurde vorausgesetzt, damit ein Verlagern des Systems auf andere Instanzen kein Problem darstellt. Dies wurde durch die Verwendung der Web-Archive-Dateien erreicht. Sie ermöglichen den Einsatz auf verschiedenen Tomcat Servern, was sie nicht nur portabel macht, sondern auch verschiedenen Servern einsetzbar macht.

Einer der wichtigsten Anforderungen ist die geringe Abfragegeschwindigkeit. Tabelle 7.1 zeigt, dass dieser Forderung nachgekommen wird. Ebenfalls deutlich zu erkennen ist die Auswirkung des geänderten Schemas. Der Sprung von 98.000 ms auf 350 ms ist durch die Reduktion in der Abfragekomplexität zu erklären. Die Abfragen erfolgen über wesentlich weniger Tabellen und Spalten als zuvor. Außerdem wird im neuen Schema kein Verbund in der Datenbankabfrage mehr benötigt. Allerdings sind bei derartigen Maßnahmen, wie sie im Schemadesign ergriffen wurden, weitreichende Folgen zu beachten. Eine davon ist eine sehr schlechte Erweiterbarkeit des Schemas. Im momentanen Schema können lediglich Spalten hinzugezogen werden, dessen Inhalt in allen Verbindungsmerkmalen vorhanden ist. Außerdem würden für jede weitere Spalte, 18 Mio. zusätzliche Werte entstehen. Die Hinzunahme von merkmalspezifischen Attributen würde ebenfalls zu hohen Änderungsaufwänden führen. Als eine Konsequenz müsste die *data* Tabelle in mehrere Tabellen aufgeteilt werden. Dies würde eine starke Normalisierung des Schemas bewirken und den Einsatz von Verbundoperatoren erfordern. Dadurch würde die Verarbeitungsgeschwindigkeit bei Lesezugriffen steigen. Allerdings wären dennoch wesentlich weniger Verbundoperatoren als im alten Schema nötig. Aufgrund dessen ist trotzdem mit einer deutlichen geringeren Abfragegeschwindigkeit als in CAS genesisWorld zu rechnen.

Versuchskomponente	Zeit in ms
MSSQL Datenbank & Altes Schema	98000
MSSQL Datenbank & Neues Schema	350
H2 Datenbank & Neues Schema	80

Tabelle 7.1: Abfragegeschwindigkeit Vergleich

Nachdem Änderungen welche eine Steigerung der Komplexität bewirken betrachtet wurden, stellt sich folgende Frage: Ist die Datenbank nur aufgrund des geänderten Schemas deutlich schneller? Um dieser Frage nachzugehen wurden Tests durchgeführt. Abbildung 7.1 zeigt die Ergebnisse dieser Testreihen. Alle Testläufe wurden auf einem Client durchgeführt. Dieser simulierte mithilfe von Multithreading den Zugriff von 100 gleichzeitigen Benutzern. Die in den Diagrammen angegebene Zeit bezieht sich somit auf die Ausführung aller 100 Abfragen. Jeder simulierte Benutzer führt die auf der y Achse angegebene Anweisung aus. Beim obersten Balken in (a) sind es beispielsweise 15 Mio. SELECT-Anweisungen pro Benutzer. In (b) hingegen wird die Verarbeitungsgeschwindigkeit bei Updates verglichen. Der Vergleich anhand von Insert-Anweisungen wird in (c) gezeigt.

Die Ergebnisse der Tests zeigen, dass die H2-Datenbank bei den durchgeföhrten Tests deutlich schneller als die MSSQL Datenbank ist. Der H2 ist bei SELECT-Anweisungen, um den Faktor 37 schneller. Bei Update-Anweisungen sogar um den Faktor 117. Ebenso bei Insert-Anweisungen, die einen Unterschied um den Faktor 124 aufweisen. Daraus lässt sich ableiten, dass die H2-Datenbank durch ihre In-Memory-Tabellen deutlich an Geschwindigkeit, im Gegensatz zu herkömmlichen Datenbanken, gewinnt. Diese Geschwindigkeit wird zum Teil durch den Verzicht auf Persistenz erlangt. Würde die Datenbank ihre Daten zur Sicherung auf die Festplatte schreiben, müsste bei Schreiboperationen mit Performance-Verschlechterungen gerechnet werden. Im vorliegenden System, welches fast nur Leseope-

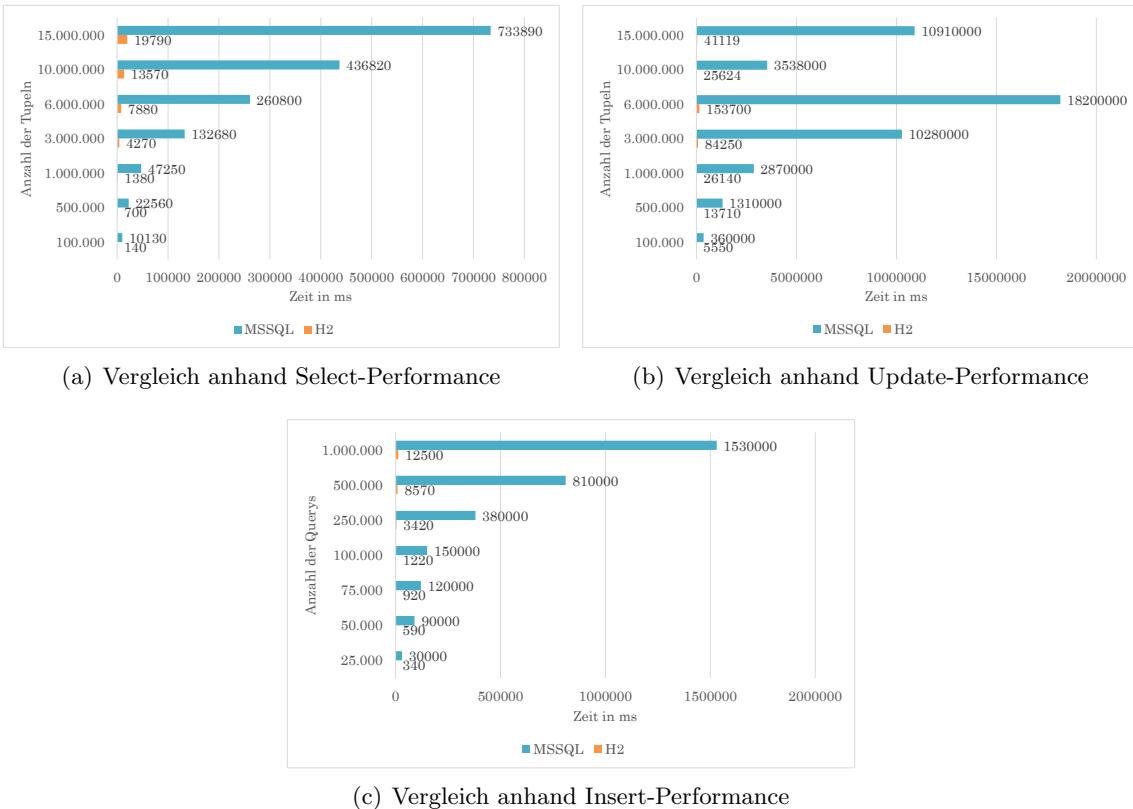


Abbildung 7.1: Abfragegeschwindigkeit Vergleich

rationen durchführt, stellt die mangelnde Persistenz allerdings kein großes Defizit dar. Ausschlaggebend für die Schnelligkeit ist allerdings die Nutzung des Hauptspeichers als Speichermedium. Dessen Gebrauch könnte allerdings in der Zukunft aufgrund der immer größer werdenden Datenmengen ein Problem darstellen.

### 7.3 Ausblick

Mit der Umsetzung des in der Arbeit beschriebenen Systems steht eine performante Lösung bereit, die eine Bewertung der Ausprägung von Beziehungen zwischen Personen aus einem CRM-System ermöglicht.

Die Bewertung der Beziehungen beruht derzeit lediglich auf der Anzahl von Verbindungsmerkmalen. Dementsprechend wird nur die Häufigkeit gewertet. Um die Bewertung einer Beziehungsausprägung genauer feststellen zu können, werden zusätzliche Regeln benötigt. Diese Regeln sollten auf psychologischen Erkenntnissen und Erfahrungswerten aufbauen. Durch Regeln ließe sich die Aussagekraft von Ergebnissen weiter steigern. Beispielsweise sind kommunikative Kontakte wie Telefonate oder E-Mail Verkehr, kein Indikator für Vertrauen. Die Einsicht in vertrauliche Dokumente setzt dagegen eine engere Zusammenarbeit bzw. Vertrauen voraus. Dies sollte somit stärker gewichtet werden.

Neben festen Regeln in der Anwendungslogik könnten Gewichtungsprofile für die Nutzer umgesetzt werden. Ein Profil stellt in diesem Fall eine Voreinstellung der Gewichtungen dar. Demnach würde jedes Profil eine andere Charakteristik in der Abfrage darstellen. Zu diesen Profilen sollte eine Beschreibung beiliegen, die dem Nutzer den Zweck der Gewichtung näher bringt. Dadurch könnten sinnvolle Anpassungen auch durch Mitarbeiter ohne entsprechendes Fachwissen über Beziehungen vorgenommen werden.

Weiterhin könnten durch Vertriebsmitarbeiter mithilfe des Systems individuell unterstützt werden. Dazu werden zusätzliche Informationen über den Wert eines Kunden benötigt. Unter den Kunden müsste wie bei den Beziehungen ein Ranking aufgestellt werden. Nun könnten die Rankings auf Diskrepanzen verglichen werden. Auf diese Weise könnten zu große Unterschiede im betriebenen Aufwand und gewonnenen Nutzen entdeckt werden. Weiterhin könnten Rankings in umgekehrter Folge durchgeführt werden. Dadurch könnten Kundenbeziehungen auf mangelhafte Kundenpflege hin untersucht werden. Dazu müsste lediglich eine Anpassung an der SQL-Abfrage vorgenommen werden.

Überdies könnten Ergebnisse verschiedener Personen verglichen werden. Der Vergleich könnte dabei unter Personen aus einer Gruppe oder aus selbst erstellten Personenkonstellationen erfolgen. Auf Vertriebsmitarbeiter angewandt könnte überprüft werden, ob die Verteilung der Kunden auf einzelne Mitarbeiter effizient gestaltet ist. Beispielsweise lässe sich damit feststellen, ob zu viele Mitarbeiter sich unwissentlich auf denselben Kunden konzentrieren.

Eine andere weiterführende Möglichkeit wären weitere Darstellungen, die Entwicklungen in Beziehungen über die Zeit hinweg zeigen. Liniendiagramme wären dabei eine geeignete Form der Visualisierung, da sich mit ihnen zeitliche Abläufe gut darstellen lassen. Der Datenbestand bietet die Möglichkeiten dies umzusetzen, allerdings müssen entsprechende Abfragen und Darstellungen implementiert werden.

# Literaturverzeichnis

- [AMF06] Daniel Abadi, Samuel Madden und Miguel Ferreira: *Integrating Compression and Execution in Column-oriented Database Systems*. In: *Proceedings of the 2006 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, SIGMOD '06, Seiten 671–682, New York, NY, USA, 2006. ACM, ISBN 1-59593-434-0. <http://doi.acm.org/10.1145/1142473.1142548>.
- [ASK07] Aditya Agarwal, Mark Slee und Marc Kwiatkowski: *Thrift: Scalable Cross-Language Services Implementation*. Technischer Bericht, Facebook, April 2007. <http://incubator.apache.org/thrift/static/thrift-20070401.pdf>.
- [Bre00] Dr. Eric Brewer: *PODC keynote*. 2000. <http://www.cs.berkeley.edu/~brewer/cs262b-2004/PODC-keynote.pdf>, Online;accessed 27-November-2013.
- [CD10] Kristina Chodorow und Michael Dirolf: *MongoDB - The Definitive Guide: Powerful and Scalable Data Storage*., Seiten 1–10, 16–17, 101–104, 127–129, 143–147. O'Reilly, 2010, ISBN 978-1-449-38156-1.
- [CDG<sup>+</sup>06] Fay Chang, Jeffrey Dean, Sanjay Ghemawat, Wilson C. Hsieh, Deborah A. Wallach, Mike Burrows, Tushar Chandra, Andrew Fikes und Robert E. Gruber: *Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data*. In: *Proceedings of the 7th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation - Volume 7*, OSDI '06, Seiten 1–15, Berkeley, CA, USA, 2006. USENIX Association. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1267308.1267323>.
- [Cor13] Janssen Cory: *SQL Server*. 2013. <http://www.techopedia.com/definition/1243/sql-server>, [Online;accessed 8-November-2013].
- [Cou13] CouchDB: *Technical Overview*. 2013. <http://docs.couchdb.org/en/latest/intro/overview.html>, Online;accessed 27-November-2013.
- [CSA13] CAS-Software-AG: *CAS Products WebServices SDK x5 documentation*. 2013. <https://partnerportal.cas.de/WebServicesSDK/pages/architecture/overview.html>, [Online;accessed 4-November-2013].
- [DG08] Jeffrey Dean und Sanjay Ghemawat: *MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters*. Commun. ACM, 51(1):107–113, Januar 2008, ISSN 0001-0782. <http://doi.acm.org/10.1145/1327452.1327492>.
- [ESHB11] Shaker H. Ali El-Sappagh, Abdeltawab M. Ahmed Hendawi und Ali Hamed El Bastawissy: *A proposed model for data warehouse {ETL} processes*. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, 23(2):91 – 104, 2011, ISSN 1319-1578. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S131915781100019X>.

- [GL02] Seth Gilbert und Nancy Lynch: *Brewer's Conjecture and the Feasibility of Consistent, Available, Partition-tolerant Web Services*. SIGACT News, 33(2):51–59, Juni 2002, ISSN 0163-5700. <http://doi.acm.org/10.1145/564585.564601>.
- [Hel13] Stefan Helmke: *Effektives Customer Relationship Management : Instrumente - Einführungskonzepte - Organisation*, 2013, ISBN 978-3-8349-4176-3. <http://swbplus.bsz-bw.de/bsz375372644cov.htmhttp://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-4176-3>.
- [HKJR10] Patrick Hunt, Mahadev Konar, Flavio P. Junqueira und Benjamin Reed: *ZooKeeper: Wait-free Coordination for Internet-scale Systems*. In: *Proceedings of the 2010 USENIX Conference on USENIX Annual Technical Conference*, USENIXATC'10, Seiten 1–11, Berkeley, CA, USA, 2010. USENIX Association. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1855840.1855851>.
- [KKN<sup>+</sup>08] Robert Kallman, Hideaki Kimura, Jonathan Natkins, Andrew Pavlo, Alexander Rasin, Stanley Zdonik, Evan P. C. Jones, Samuel Madden, Michael Stonebraker, Yang Zhang, John Hugg und Daniel J. Abadi: *H-Store: a High-Performance, Distributed Main Memory Transaction Processing System*. Proc. VLDB Endow., 1(2):1496–1499, 2008, ISSN 2150-8097. <http://hstore.cs.brown.edu/papers/hstore-demo.pdf>.
- [Lam78] Leslie Lamport: *Time, Clocks, and the Ordering of Events in a Distributed System*. Commun. ACM, 21(7):558–565, Juli 1978, ISSN 0001-0782. <http://doi.acm.org/10.1145/359545.359563>.
- [LLS13] Justin J. Levandoski, Per Ake Larson und Radu Stoica: *Identifying hot and cold data in main-memory databases*. 2013 IEEE 29th International Conference on Data Engineering (ICDE), 0:26–37, 2013, ISSN 1063-6382.
- [LM10] Avinash Lakshman und Prashant Malik: *Cassandra: a decentralized structured storage system*. SIGOPS Oper. Syst. Rev., 44(2):1–5, April 2010, ISSN 0163-5980. <http://doi.acm.org/10.1145/1773912.1773922>.
- [Loo01] Peter Loos: *Go to COM : [das Objektmodell im Detail betrachtet; COM von Grund auf; beispielorientiert]*. Go-To-Reihe. Addison-Wesley, München [u.a.], 2001, ISBN 3-8273-1678-2.
- [Mü13] Thomas Müller: *H2 Tutorial*. 0, 2013. <http://www.h2database.com/html/tutorial.html>, [Online; accessed 06-Januar-2014].
- [Pla13a] Hasso Plattner: *A Course in In-Memory Data Management : The Inner Mechanics of In-Memory Databases*, 2013, ISBN 978-3-642-36524-9. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-36524-9>.
- [Pla13b] Hasso Plattner: *Lehrbuch In-Memory Data Management : Grundlagen der In-Memory-Technologie*. Springer Gabler, Wiesbaden, c2013, ISBN 978-3-658-03212-8; 3-658-03212-X. [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=4452889&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=4452889&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm), 201309.
- [Rup13] Chris Rupp: *Systemanalyse kompakt*. Springer Vieweg, Berlin, 3. aufl. Auflage, 2013, ISBN 978-3-642-35445-8.
- [RWE13] Ian Robinson, Jim Webber und Emil Eifrem: *Graph databases : [compliments of Neo technology]*. O'Reilly, Beijing, 1. ed. Auflage, 2013, ISBN 978-1-449-35626-2; 1-449-35626-5. [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=4300566&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=4300566&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm).

- [Seg13] Karl Seguin: *The Little Redis Book*. 2013. <http://openmymind.net/redis.pdf>, [Online;accessed 11-November-2013].
- [SKRC10] Konstantin Shvachko, Hairong Kuang, Sanjay Radia und Robert Chansler: *The Hadoop Distributed File System*. In: *Proceedings of the 2010 IEEE 26th Symposium on Mass Storage Systems and Technologies (MSST)*, MSST '10, Seiten 1–10, Washington, DC, USA, 2010. IEEE Computer Society, ISBN 978-1-4244-7152-2. <http://dx.doi.org/10.1109/MSST.2010.5496972>.
- [SSH11] Gunter Saake, Kai Uwe Sattler und Andreas Heuer: *Datenbanken : Implementierungstechniken*. mitp, Heidelberg, 3. aufl. Auflage, 2011, ISBN 978-3-8266-9156-0; 3-8266-9156-3. [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3872660&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm;http://d-nb.info/1014629934/04](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3872660&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm;http://d-nb.info/1014629934/04), Seiten : 176 - 182.
- [Sto11] Michael Stonebraker: *New SQL: An Alternative to NoSQL and Old SQL for New OLTP Apps*. 0, 2011. <http://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/109710-new-sql-an-alternative-to-nosql-and-old-sql-for-new-oltp-apps/fulltext>, [Online;accessed 23-November-2013].
- [Vai13] G. Vaish: *Getting Started with Nosql*, Seiten 25–49. Packt Publishing, Limited, 2013, ISBN 9781849694995.
- [Vol13a] Project Voldemort: *Voldemort a distributed database*. 2013. <http://www.project-voldemort.com/voldemort/>, [Online;accessed 13-November-2013].
- [Vol13b] VoltDB: *Application Brief*. 2013. [http://voltdb.com/downloads/app-briefs/voltdb\\_transactions.pdf](http://voltdb.com/downloads/app-briefs/voltdb_transactions.pdf), [Online;accessed 14-November-2013].
- [Vol13c] VoltDB: *Technical Overview*. 2013. [http://voltdb.com/downloads/datasheets\\_collateral/technical\\_overview.pdf](http://voltdb.com/downloads/datasheets_collateral/technical_overview.pdf), [Online;accessed 14-November-2013].
- [WH04] Klaus D. Wilde und Hajo Hippner: *Methodisches Vorgehen zur Einführung von CRM*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2004, ISBN 978-3-409-12520-8. S. 15.

