

# Bachelor Thesis

zur Erlangung des akademischen Grades  
Bachelor

Technische Hochschule Wildau  
Fachbereich Wirtschaft, Informatik, Recht  
Studiengang Wirtschaftsinformatik (B. Sc.)

## Thema (Deutsch)

Die Umstellung einer monolithischen in eine Microservices Architektur  
am Beispiel von PluraPolit

## Thema (Englisch)

The conversion of a monolithic to a microservices architecture using the example of  
PluraPolit.

**Autor** Edgar Muss

**Matrikelnummer** 50033021

**Seminargruppe** I1/16

**Betreuer** Prof. Dr. Christian Müller

**Zweitgutachter** Prof. Dr. Mike Steglich

**Eingereicht am** 14.07.2020

# Abstract

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Problemstellung . . . . .	1
1.2. Zielsetzung . . . . .	3
1.3. Vorgehen . . . . .	4
<b>2. Theoretischer Rahmen</b>	<b>5</b>
2.1. Softwarearchitektur . . . . .	5
2.1.1. Definition . . . . .	5
2.1.2. Verteilte Systeme . . . . .	7
2.1.3. Interaktionsorientierte Systeme . . . . .	8
2.1.4. REST-Architektur . . . . .	10
2.1.5. Monolitische Architektur . . . . .	11
2.1.6. Einordnung des aktuellen Systems von PluraPolit . . . . .	13
2.2. Microservicesarchitektur . . . . .	15
2.2.1. Kohärenz und Kopplung . . . . .	15
2.2.2. Das Gesetz von Conway . . . . .	16
2.2.3. Domain Driven Design . . . . .	17
2.3. Microservice . . . . .	18
2.4. Kommunikation von Services . . . . .	20
2.5. Start-up . . . . .	21
2.6. Bedingungen ableiten . . . . .	23
<b>3. Methodik</b>	<b>25</b>
3.1. Erstellung der Interviewfragen . . . . .	25
3.2. Auswahl der Experten . . . . .	25
3.3. Durchführung des Interviews . . . . .	26
3.4. Methodik zur Auswertung . . . . .	27
<b>4. Auswertung der Interviews und Anwendung auf PluraPolit</b>	<b>28</b>
<b>5. Fazit</b>	<b>29</b>
<b>A. Interviewtranskripte</b>	<b>I</b>
A.1. Interview mit Christoph Rahles . . . . .	I
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>Erklärung der Urheberschaft</b>	<b>XII</b>

# 1. Einleitung

Für ein junges Unternehmen im Bereich der digitalen Produktentwicklung ist es wichtig, Ideen schnell umzusetzen und ein erstes Feedback zu erhalten. Dies hilft bei der Bestätigung von Annahmen und bei der Gewinnung von Investoren.

Diese schnelle Softwareentwicklung führt jedoch zu einigen Abstrichen hinsichtlich der Qualität. So wird zu Beginn oftmals auf einen automatischen Prozess zur Bereitstellung der Applikation verzichtet und leicht umsetzbare Lösungen werden vor langfristigen bevorzugt. Auch hinsichtlich der Auswahl der Architektur wird anfängliche Performance als oberstes Auswahlkriterium bestimmt. Endet der Weg für ein Start-up nicht nach wenigen Monaten, dann müssen die ursprünglichen Entscheidungen hinterfragt werden.

Genau an diesem Punkt befindet sich das junge Unternehmen PluraPolit, das Mitte letzten Jahres gegründet wurde und innerhalb von wenigen Monaten ein fertiges Produkt entwickelte. PluraPolit hat sich zur Aufgabe gestellt, eine Bildungsplattform für Jung- und Erstwähler zu entwickeln und sie bei der Meinungsbildung zu unterstützen. Gefördert wird das Projekt von der Zentrale für politische Bildung und ist politisch unabhängig. Als gemeinnütziges Unternehmen verfolgt PluraPolit nicht die Absicht, Gewinne zu erzielen.

Ich bin seit Anfang Januar an diesem Projekt beteiligt und begleite es als Frontend-Entwickler. Gemeinsam mit einem der drei Gründer bilden wir zu zweit die technische Abteilung des Unternehmens und sind für die Weiterentwicklung der Plattform zuständig. Die Inhalte der Plattform werden von den zwei anderen Gründern eingepflegt. Im Mittelpunkt stehen aktuelle politische Fragestellungen wie z. B.: *„Sollte der öffentlich-rechtliche Rundfunk abgeschafft werden?“* Hierzu werden Statements von Politikerinnen und Politikern aller Parteien, die im Bundestag vertreten sind, eingeholt und als Audioaufzeichnungen ohne inhaltliche Veränderung auf die Webseite geladen. Neben Fragen, die ausschließlich von Politikern diskutiert werden, kommen auch Themen auf die Plattform, die von den dafür ausgewiesenen Expertinnen und Experten beantwortet werden. So gibt es z. B. bei der oben genannten Fragestellung auch eine Stellungnahme des Vertreters der Landesrundfunkanstalten ARD.

Im Gegensatz zu anderen Anbietern von Nachrichten rund um Politik, stellt PluraPolit ausschließlich Sprachnachrichten auf die Plattform. Die Entscheidung für das Medium Tonaufnahme wurde bewusst getroffen, um eine junge Zielgruppe anzusprechen und die einzelnen Beiträge wie einen Podcast hören zu können.

## 1.1. Problemstellung

Umgesetzt wurde die Plattform in Ruby on Rails im Backend und React.js<sup>1</sup> im Frontend. Dabei liefert das Backend auf Anfrage Inhalte an das Frontend und kümmert sich um

die Speicherung von Daten. Das Frontend im Gegensatz fordert beim Laden der Webseite alle benötigten Informationen an und stellt sie anschließend dar. Trotz dieser Einteilung handelt es sich um eine Applikation mit gemeinsamer Codebase und einem Bereitstellungsprozess.

Gehostet werden die Applikationen über den Cloud-Computing-Anbieter Amazon Web Services<sup>2</sup>(AWS).

Es wurde sich für diesen Dienst entschieden, um möglichst geringe Fixkosten zu haben und bei Bedarf die Kapazität ändern zu können. Die Anwendung wird in einem Docker-Container<sup>3</sup> gespeichert und per Github Actions<sup>4</sup> an AWS geliefert. Dort wird die Applikation in das Elastic Container Service<sup>5</sup> (ECS) geladen und von Fargate<sup>6</sup> verwaltet. Die Daten werden in einer PostgreSQL<sup>7</sup> Datenbank abgespeichert, die auf einer Relational Database Service<sup>8</sup> (RDS) Instanz hinterlegt ist. Bilder und Tonaufnahmen werden in einem Simple Storage Service-Bucket<sup>9</sup> (S3) gespeichert und stehen der Webseite per URL zur Verfügung. Um automatisch zu jedem Beitrag Intros zu generieren, wurde eine AWS Lambda<sup>10</sup> Funktion geschrieben, die auf der Basis von Beschriftungstexten für jede Audioaufnahme eine weitere Aufnahme für die Einleitung erstellt.

Mit wachsender Codebase erhöht sich der Aufwand, der notwendig ist, um neue Funktionen zu entwickeln und zu implementieren. Dies liegt besonders daran, dass sich im Laufe der Entwicklung viele Abhängigkeiten zwischen Klassen und Methoden ergeben haben.

---

<sup>1</sup>React.js ist eine JavaScript Bibliothek zum Erstellen von Benutzeroberflächen. Diese verwaltet die Darstellung im HTML-DOM und ermöglicht dem Entwickler, Informationen zwischen Funktionen zu administrieren (*React* 2020).

<sup>2</sup>AWS ist ein Tochterunternehmen des Online-Versandhändlers Amazon mit einer Vielzahl an Diensten im Bereich Cloud-Computing (*AWS Homepage* 2020).

<sup>3</sup>Docker-Container sind isolierte virtuelle Umgebungen, in der eine Anwendung separat vom System des Rechners betrieben wird. Dadurch können Applikationen leicht von einem Computer zu einem Hosting Dienst geladen werden (*What is a Container?* 2020).

<sup>4</sup>Github Actions ist ein Software Dienst von Github, welches hilft Prozesse zu automatisieren. Es kann z. B. zum automatischen Bereitstellen einer Webseite verwendet werden (*Github Actions* 2020).

<sup>5</sup>Elastic Container Service ist ein Container-Orchestrierungs-Service von Amazon Web Services, mit dessen Hilfe Container skalierbar verwaltet werden können (*AWS ECS* 2020).

<sup>6</sup>Fargate ist eine Serverless-Datenverarbeitungs-Engine, welche Container im Rahmen der vordefinierten Parameter verwaltet. So werden z. B. durch diesen Dienst bei erhöhtem Bedarf neue Instanzen bereitgestellt und bei Verlust von Last Container-Instanzen eliminiert (*AWS Fargate* 2020).

<sup>7</sup>PostgreSQL ist eine objektrelationale Datenbank, welche sowohl Elemente einer relationalen als auch einer Objektdatenbank besitzt (*PostgreSQL* 2020).

<sup>8</sup>RDS ist ein Service von Amazon Web Services, mit dessen Hilfe relationale Datenbanken verwaltet werden. Der Dienst ermöglicht das Aufsetzen, Managen und Skalieren von Datenbanken, wie z. B. MySQL, MariaDB und PostgreSQL (vgl. Baron, Baz und Bixler 2016, S.161 f.).

<sup>9</sup>Der Speicherdienst von AWS S3 ist einer der ersten Dienste des Cloud-Computing-Anbieters. Er erleichtert die Speicherung von Objekten in der Cloud jeglichen Formats und lässt sich einfach verwalten. Die verwendete Speichermenge ist dynamisch und richtet sich automatisch nach der Größe der Dateien (vgl. Baron, Baz und Bixler 2016, S. 23).

<sup>10</sup>Amazon Lambda ist ein Service von AWS, über den Funktionalität innerhalb der Cloud ausgeführt wird. Es handelt sich dabei um ein Service der Serverless ist, was bedeutet, dass man sich nicht um das Betriebssystem des Servers kümmern muss. Somit können kleine Programme mit wenig Aufwand ausgeführt werden (vgl. Wolff 2018, Kap. 15.3; *AWS Lambda* 2020).

Hierdurch steigt der Aufwand, der nötig ist, um sich in den Quellcode einzuarbeiten. Verursacht wird diese Korrespondenz, indem im Frontend die Funktionen und Klassen in logisch getrennte Bausteine geteilt und an mehreren Stellen verwendet werden. Dies ermöglicht zwar eine schnelle Entwicklung, führt jedoch dazu, dass die Veränderung einer Komponente Änderungen an mehreren Stellen auslöst. Diese Abhängigkeiten machen es mit steigender Menge an Sourcecode immer komplexer, weitere Funktionen umzusetzen ohne die bestehende Logik zu verändern. Hinzukommt, dass neben dem eigenen Quellcode auch externe Funktionalitäten genutzt werden, welche durch den Paketverwaltungsdienst von Node.js (Node.js 2020) npm installiert werden.

Diese werden jedoch nur in Teilen der Anwendung verwendet, werden allerdings zum gesamten Frontend hinzugefügt. Insgesamt verlangsamt es die Bereitstellung der Applikation, da sie während des Prozesses installiert werden müssen. Für eine schnelle Entwicklung ist es somit wichtig, einen rapiden Bereitstellungsprozess zu entwickeln und die Zahl der externen Pakete auf das Nötigste zu begrenzen.

Um in Zukunft eine schnelle Weiterentwicklung der Applikation sicherzustellen, hat PluraPolit beschlossen, den aktuellen Aufbau in eine Microservicearchitektur zu ändern und die gesamte Plattform in inhaltlich getrennte Module zu teilen.

## **1.2. Zielsetzung**

Schon im Jahr 2005 hat Peter Rodgers auf der Web Services Edge Conference über Micro-Web Services referiert. Er kombinierte die Konzepte der Service-Orientierten-Architektur (SOA) mit denen der Unix-Philosophie und sprach von verbundenen REST-Services. Dadurch versprach er sich eine Verbesserung der Flexibilität der Service-Orientierten-Architektur (vgl. Rodgers 2018). Erstmalig 2011 wurde dieser Ansatz als Microservicearchitektur bezeichnet (vgl. Dragoni u. a. 2017). Ab 2013 entwickelte sich rund um das Thema ein immer größer werdendes Interesse, welches dazu führte, dass mehr Blogposts, Bücher, sowie wissenschaftliche Arbeiten geschrieben wurden. Somit sind die Definition und die Charakteristiken bis ins Detail beleuchtet. Des Weiteren gibt es einige Beispiele von bekannten Unternehmen, wie Netflix und Amazon, die die Herausforderungen der Überführung ihres Systems zu einer Microservicearchitektur beschreiben.

Trotz der Informationslage ist jedoch noch relativ unbekannt, ob auch Start-ups Microservices umsetzen können und welche Bedingungen dafür erforderlich wären. Es gibt kaum Erfahrungen, die es PluraPolit ermöglichen abzuschätzen, ob sich eine Umstellung zum aktuellen Zeitpunkt lohnt und welche Eigenschaften ein Unternehmen erfüllen muss.

Das Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, für PluraPolit die Bedingungen zu ermitteln, die für eine mögliche Umstellung erforderlich sind und eine klare Bewertung für den Nutzen

des Vorhabens abzugeben. Es sollen die notwendigen Anforderungen an ein Unternehmen ausgearbeitet werden, das sein System von einer monolithen Architektur zu einer Microservices-Architektur umstellen möchte.

### **1.3. Vorgehen**

Die Arbeit teilt sich in drei Bereiche auf:

- den theoretischen Rahmen,
- die Methodik und
- die Auswertung.

Im ersten Abschnitt wird die theoretische Grundlage für Microservices dargestellt. Es werden einzelne wichtige Merkmale beleuchtet und beschrieben. Zwischen der aktuellen Software-Architektur des Unternehmens und Microservices wird ein Vergleich erstellt. Aus den Merkmalen und der Gegenüberstellung werden wichtige Bedingungen für die Umstellung zu einer Microservicearchitektur abgeleitet, welche Grundlage für die Einschätzung sind.

Im nächsten Abschnitt werden diese Bedingungen im Rahmen einer qualitativen Befragung von Experten im Bereich Microservices eingeschätzt und bewertet. Hierfür werden Interviews durchgeführt. Es wird beschrieben, welche Experten ausgewählt werden und welche Expertise sie mitbringen. Die einzelnen Interviewfragen werden vorgestellt und deren Zusammenhang zur Zielsetzung erklärt. Dadurch wird deutlich, welchen Einfluss die Expertenaussagen auf die Einschätzung für PluraPolit haben.

Abschließend werden die Aussagen aus den Befragungen mit der theoretischen Ausarbeitung verglichen und auf PluraPolit bezogen. Hierfür wird die Machbarkeit für das junge Unternehmen hinterfragt und die Auswertung diskutiert. Neben Microservices wird auch SOA als alternative Lösung vorgestellt. Beendet wird die These mit einer Einschätzung für PluraPolit, in der eine klare Beurteilung für oder gegen eine Überführung abgegeben wird.

## 2. Theoretischer Rahmen

### 2.1. Softwarearchitektur

Seitdem die ersten Großrechner gebaut wurden und ein Projekt nicht mehr von einem Team allein entwickelt werden konnte, entstand der Bedarf komplexe Systeme aufzuteilen und zu strukturieren. So war es schon in den 60er Jahren notwendig, die Entwicklung des Betriebssystems OS/360 von IBM auf mehrere Teams aufzuteilen und klare Schnittstellen zwischen den Teilen zu bestimmen (Brooks 1995). Es entwickelte sich daraus eine der ersten Anwendungen und Umsetzungen von Softwarearchitektur, welche erstmalig 1969 bei einer Softwaretechnik Konferenz in Rom auch als solche bezeichnet wurde (vgl. Buxton und Randell 1970, S. 12).

In den darauffolgenden Jahren wuchs das Interesse an der Thematik und die Anwendungen der Teilung und Strukturierung von Softwaresystemen. Hieraus entstand die im Jahr 2000 veröffentlichte Norm IEEE1471:2000, welche am 15. Juli 2007 als ISO/IEC 42010 übertragen wurde. In diesem Standard werden Anforderungen an die Beschreibung von System-, Software- und Unternehmensarchitekturen definiert (Hilliard 2020).

#### 2.1.1. Definition

Nach der Norm IEEE1471:2000 handelt es sich bei dem Begriff Softwarearchitektur, um eine *„grundlegende Organisation eines Systems, die in einzelne Komponenten und ihren Beziehungen untereinander unterteilt ist“*, sowie der technischen Umsetzung und weiterführenden Prinzipien hinsichtlich des Programmierparadigma (Clements 2005, S. 12).

Helmut Balzert, einer der führenden Pioniere im Bereich Softwarearchitektur und Autor der Bücherreihe *Lehrbuch der Softwaretechnik*, beschreibt diese als *„eine strukturierte oder hierarchische Anordnung der Systemkomponenten, sowie Beschreibung ihrer Beziehungen“* (Balzert 2011, S. 580). Nach Balzert lässt sich somit jedes System in mehrere einzelnen Komponenten teilen, welche untereinander in Verbindung stehen und gemeinsam das Gesamtsystem formen.

Paul Clements, Autor der IEEE Norm, schließt sich Balzert an und beschreibt Softwarearchitektur als *„Strukturen eines Softwaresystems: Softwareteile, die Beziehungen zwischen diesen und die Eigenschaften der Softwareteile und ihrer Beziehungen“* (Clements u. a. 2010, S. 23).

Neben diesen rein technischen Betrachtungen des Begriffes, gibt es auch eine von Martin Fowler, die mehr auf den soziale Austausch beim Entwickeln abzielt und Softwarearchitektur als *„geteiltes Verständnis von hart zu ändernden Entscheidungen sieht“* (Fowler 2003, S. 3). Dabei gibt Fowler keinerlei Vorgaben hinsichtlich jeglicher Untergliederung,



sondern beschreibt mehr den Austausch, durch welchen Softwarearchitektur im Unternehmen ausgeführt wird. Nach Fowler handelt es sich dabei um einen offenen Disput, indem jeder Entwickler oder jede Entwicklerin die Rolle des Softwarearchitekten einnehmen kann (Fowler 2003, S. 3 f.).

Somit wird, abgesehen von der Betrachtung von Fowler, Softwarearchitektur als Strukturierung von einzelnen Komponenten, die untereinander in Beziehung stehen definiert. Dabei können sowohl die Komponenten als auch die Beziehungen Eigenschaften besitzen. Die einzelnen Komponenten zusammen ergeben das Gesamtsystem, welches in einer bestimmten Struktur vorliegt und beschrieben wird. Folglich beinhaltet die Softwarearchitektur alle nötigen Informationen über die Struktur der einzelnen Systemkomponenten und deren Kommunikationen untereinander.

Wird ein Softwaresystem in Komponenten geteilt, welches jedoch selbst eine Funktionalität besitzt, bedeutet dies, dass auch diese Logik in Teile geteilt wird und jede einzelne Komponente einen Teil erfüllt. Um gleichermaßen den selben Funktionsumfang, wie das Gesamtsystem bewältigen zu können, müssen die einzelnen Komponenten zusammenarbeiten. Es ist deshalb wichtig, die Zuständigkeit jeder einzelnen Komponente genau zu klären und die Abhängigkeiten zu bestimmen. Auf Grund der Abhängigkeiten werden im Anschluss Schnittstellen definiert, über die die einzelnen Komponenten Informationen austauschen können.

Bei der Teilung in einzelne Komponenten können bekannte Architekturstile helfen, da sich diese im Laufe der Zeit entwickelt haben und gut dokumentiert sind. Architekturstile sind dabei einige Regeln zur Strukturierung eines Systems und fassen Merkmale eines IT-Systems, sowohl hinsichtlich der Komponenten als auch ihrer Kommunikation zusammen (vgl. Starke 2015, S. 102). Seit Beginn der Softwarearchitektur hat sich eine Vielzahl an solchen Stilen entwickelt, die aus unterschiedlichen Intentionen entstanden sind. Jedes System hat dabei unterschiedliche Herangehensweisen, sowie Vor- als auch Nachteile. Da die Lösung eines Problems von der eigentlichen Umsetzung unabhängig ist, können auch unterschiedliche Architekturstile zur ein und derselben Lösung verwendet werden. Hinsichtlich der Auswahl des Stiles gibt es demnach keine richtige oder falsche Antwort. Es ist viel mehr das Abwägen von Pro und Kontra, sowie eine persönliche Präferenz der Entwickler.

Da die unterschiedlichen Architekturstile nicht im Fokus dieser Bachelor Thesis sind, werden nur folgende Stile betrachtet:

1. Verteilte Systeme,
2. Interaktionsorientierte Systeme,
3. REST-Architektur,

## 4. Monolitische Architektur

### 2.1.2. Verteilte Systeme

Nach Andrew Tanenbaum werden verteilte Systeme als eine Menge unabhängiger Computer bezeichnet, die dem Benutzer wie ein einzelnes, kohärentes System erscheinen (Tanenbaum und Steen 2007). Weiterführend beschreibt Gernot Starke die einzelnen Komponenten als entweder Verarbeitungs-, oder Speicherbausteine, die über definierte Schnittstellen innerhalb eines Kommunikationsnetz zusammenarbeiten (vgl. Starke 2015, S. 116). Im Gegensatz zur Definition von Softwarearchitektur grenzt sich das verteilte System dadurch ab, dass von unabhängigen Computern geredet wird. Dadurch entstehen einige Vorteile. So lassen sich auf Grund der Unabhängigkeit, diese einzelnen Rechner unterschiedlich skalieren. Es entsteht dadurch ein Netzwerk an heterogenen Computern. Somit kann je nach Anforderung der einzelnen Komponenten, eine entsprechende Rechenleistung genutzt werden. Des Weiteren gibt es auf Grund der Verteilung eine gewisse Ausfallsicherheit. Diese entsteht, weil das Gesamtsystem nicht durch eine, sondern durch mehrere Maschinen getragen wird. Es können einzelne Computer ausfallen ohne, dass das Anwendungssystem ausfällt. Jedoch kann dadurch ein Teil der gesamten Funktionalität wegfallen, der ggf. für das System notwendig ist. Um dies zu verhindern, sollten geeignete Maßnahmen getroffen werden, indem z. B. nicht allein ein Computer für die Funktionalität verantwortlich ist, sondern mehrere.

Jedoch entsteht mit der Verteilung auch ein Anstieg der Komplexität, sowohl bei dem Konzipieren des Systems, als auch bei der Wartung und Managen dessen. Außerdem muss nicht nur ein Rechner abgesichert werden, sondern ein ganzes Netzwerk. Dadurch entsteht ein höherer Aufwand zur Absicherung.

Die einzelnen Computer können über verschiedene Mechanismen miteinander kommunizieren: Einerseits durch direkten Aufruf entfernter Funktionalität und andererseits durch indirekten Austausch von Informationen (vgl. Starke 2015, S. 116). Dabei kann der Transfer synchron oder asynchron ablaufen. Bei einem synchronen Aufruf, der nur direkt ausgelöst wird, führt ein Computer über das Netzwerk die Funktionalität eines anderen aus und wartet auf dessen Antwort (*Synchrone Kommunikation* 2018). Bei einem asynchronen Aufruf wird entweder direkt oder indirekt Logik eines anderen Computer aufgerufen, während der aufrufende Rechner, ohne auf die Antwort zu warten, weiter verarbeitet. Ist die aufgerufene Rechner fertig gibt er das Resultat zurück, welches vom ersten Computer aufgenommen und verarbeitet wird (*Asynchrone Kommunikation* 2019).

Der Austausch von Informationen und das Aufrufen von externer Funktionalität kommt in einem System dauerhaft vor. Dadurch besteht das Risiko, dass einzelne Informationen verloren gehen können und das System sicherstellen muss, dass das Anwendungssystem

nicht darunter leidet.

### 2.1.3. Interaktionsorientierte Systeme

Interaktionsorientierte Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie den Fokus auf die Interaktion zwischen Mensch und Maschine legen (vgl. Starke 2015, S. 124). Ein viel verwendeter Vertreter hiervon ist der Model-View-Controller Ansatz. Hierbei werden die einzelnen Komponenten in drei unterschiedliche Kategorien eingeteilt, von dem jeweils ein Repräsentant vorhanden sein muss. Eingeteilt wird in die drei Kategorien: Model, View und Controller, wobei jede Gattung eine eigene Funktion besitzt.

So kümmert sich das Model um die Datenspeicherung, den Datenabruf und die Verarbeitung von Informationen und ist eine Verbindung zwischen dem Speichermedium und der Anwendung (siehe Abb. 1 und Abb. 2 Punkt 4 und 5 bzw. Punkt 5 und 6). Da jegliche Speicherung ausschließlich über das Model abläuft, wird dadurch das Speichern, sowie das Abrufen einheitlich geregelt.

Davon getrennt sind die graphischen Darstellungen, welche durch Views definiert werden. Sie erhalten ihre Informationen vom Model. Dabei können die Daten entweder direkt vom View angefordert (siehe Abb. 2 Punkt 4) oder indirekt vom Controller übergeben werden (siehe Abb. 1 Punkt 3 und 7). Unabhängig vom Informationsfluss hilft es die Darstellung von der Restlichen Logik zu trennen, um eine einheitliche Verantwortung zu wahren. Dies ist insbesondere empfehlenswert, da Dateien, zum beschreiben von Views, schnell unübersichtlich werden.

Der Controller hingegen kümmert sich, um die Verwaltung der Benutzereingabe und um das Aufrufen der Views (siehe Abb. 1 und Abb. 2 Punkt 2 und 7 bzw. Punkt 2 und 3). Er sorgt dafür, dass die Events oder Aktionen, die vom Benutzer über die Views ausgelöst werden, verarbeitet werden und führt entsprechende Datenverarbeitungen im Model aus. Falls notwendig lädt er auch Informationen aus der Datenbank und übergibt sie der entsprechenden View, welche er abschließend rendert.

Beim Model-View-Controller Ansatz handelt es sich um ein Muster, welches oft in der Softwarearchitektur verwendet wird, da es die Verantwortlichkeiten trennt und das System somit verständlicher wird. Im Unterschied zu verteilten Systemen stellt das Muster jedoch keine Anforderungen bezüglich der Hardware. Viel mehr beschreibt es eine Möglichkeit, den Quellcode hinsichtlich seiner Funktion zu teilen. Deshalb kann dieser Stil auch für Co-deteilung innerhalb einer Komponente verwendet werden und beschreibt nicht zwingend einen Architekturstil, der sich auf das Gesamtsystem bezieht.

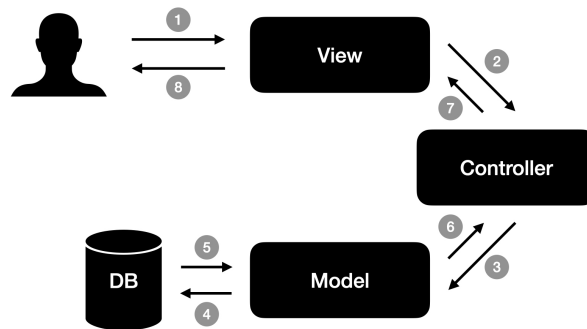


Abbildung 1: Kommunikation zwischen Controller und Model,

(1) Der Benutzer sieht die graphische Darstellung und führt eine Aktion aus (2). Der Controller verarbeitet die Aktion und ruft über das Model Daten ab (3). Das Model greift auf die Datenbank zu und lädt die entsprechenden Informationen (4 und 5). Anschließend gibt es die Inhalte an den Controller zurück (6). Dieser gibt die Daten an die View weiter (7), welche abschließend die neuen Inhalte dem Benutzer anzeigt (8).



Abbildung 2: Kommunikation zwischen View und Model,

(1) Der Benutzer sieht die graphische Darstellung und führt eine Aktion aus (2). Der Controller verarbeitet die Aktion und rendert umgehend die graphische Darstellung (3). Der View lädt über das Model die Daten (4). Das Model greift auf die Datenbank zu und lädt die angeforderten Informationen (5 und 6). Anschließend gibt es die Inhalte an den View zurück (7). Dieses zeigt abschließend die neuen Inhalte dem Benutzer anzeigt (8).

#### 2.1.4. REST-Architektur

Neben den bislang genannten Architekturstilen gibt es eine Vielzahl von weiteren Strukturierungen, die sich erst in den letzten 20 Jahre entwickelt haben. Einer dieser Architekturstile ist die REST-Architektur, welche vom Miterfinder des HTTP-Standards Roy Fielding definiert wurde (Starke 2015, S. 128). Er beschrieb diesen Stil in seiner Dissertation an der Universität von Kalifornien im Jahr 2000 und charakterisiert ihn als Architekturstil für das Web.

Dabei steht REST für *Representational State Transfer*, welches einen Architekturstil für verteilte Systeme beschreibt und auf der Server-Client Architektur aufbaut (Fielding 2000, S. 76). Server-Client Architektur beschreibt eine Ausprägung eines verteilten Systems, bei dem die Anwendung in Server und Clients geteilt werden (Starke 2015, S. 117).<sup>11</sup>

Ein Server ist dabei eine Software Komponente im Netzwerk, welche Services anbietet. Ein Service könnte beispielsweise zuständig sein, alle Informationen der hinterlegten Kunden auszugeben. Der Client hingegen konsumiert lediglich diese Informationen und dient dem Benutzer als Bedienungsoberfläche. Dies bedeutet, dass der Server nur passiv auf Anfragen vom Client wartet, während der Client selbst keine Informationen verarbeitet, sondern ausschließlich anzeigt. Nichtsdestoweniger handelt es sich um ein Programm, welches auf dem Endgerät des Benutzers (Computer, Mobiltelefon) ausgeführt wird.

Die REST-Architektur verwendet diese Aufteilung, um eine feste Trennung der Zuständigkeit zu integrieren (vgl. Fielding 2000, S. 78).

Die zweite Bedingung, die Fielding an den Architekturstil stellt, ist dass die Kommunikation zustandslos, zu Englisch (stateless), abläuft (Fielding 2000, S. 78). Dies bedeutet, dass die Nachrichten, die zwischen Server und Client ausgetauscht werden, alle nötigen Informationen beinhalten (Starke 2015, S. 128). Somit gibt der Server auf Anfrage des Clients stets die gleiche Antwort zurück, egal ob dieser zum Ersten, oder wiederholten Mal angefragt wurde. Des Weiteren hängt die Antwort nicht vom Client ab. Diese Entkopplung zwischen den Komponenten ermöglicht, dass die Aufgabe des Servers, sowie des Clients durch mehrere Computer verrichtet werden kann und somit das System skalierbar ist (Fielding 2000, S. 79).

Der Hauptunterschied zwischen der REST-Architektur und anderen Stilen, liegt jedoch in der genauen Bestimmung der zu verwendenden Kommunikationsschnittstellen. So bestimmt die REST-Architektur sehr explizit, welche Form zur Kommunikation verwendet werden darf. Anders als andere Stile beruht der Aufruf von Methodiken nicht auf indi-

---

<sup>11</sup>Dabei beziehen sich die Begriffe „*Server*“ und „*Client*“ auf Software Komponenten und auf den physischen Server und das Endgerät des Nutzers (Client). Des Weiteren grenzt sich der Architekturstil von der Mainframe Architektur ab, bei der über Terminals Anweisungen an einen Großrechner gestellt werden.

vidueller Funktionalität, sondern auf dem HTTP-Standard. Konkret bedeutet dies, dass die einzelnen Dienste des Servers sich nach den HTTP-Optionen (GET, PUT, POST und DELETE) richten und keinen eigenen verwenden (vgl. Starke 2015, S. 128). Somit baut die REST-Architektur auf einem Kommunikationsstandard auf, der sich im Internet etabliert hat.

Auf Grundlage der standardisierten Kommunikation können zwischen Server und Client intelligente Zwischenstationen geschaltet werden, die dafür zuständig sind, häufig vorkommende Anfragen abzuspeichern (vgl. Fielding 2000, S. 79 f. Starke 2015, S. 128). Somit lässt sich eine Vielzahl von Serveranfragen im Voraus beantworten.

Die Antwort des Servers erfolgt durch Repräsentationen der Daten, wovon es für jede Ressource mehr Formate gibt. So kann eine Schnittstelle abhängig des angeforderten Mediums, sowohl JSON, als auch XML oder HTML zurückgeben (vgl. Starke 2015, S. 128).

Verwendet wird die REST-Architektur ausschließlich für Anwendungen im Internet, da es auf die Anwendung des Hypertext Transfer Protokoll<sup>12</sup> (HTTP) angewiesen ist. Dabei findet der Architekturstil sowohl Anwendung für ganze Systeme, als auch in komplexen Anwendungen mit einer Vielzahl einzelner Services.

### 2.1.5. Monolitische Architektur

Der Begriff „*Monolith*“ leitet sich vom altgriechischen „*monólithos*“ ab und bedeutet „*aus einem Stein*“ (vgl. Duden *Monolith* 2020; vgl. DWDS – *Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache* 2020). In der Gesteinskunde wird damit ein natürlich entstandener Gesteinsblock bezeichnet, der komplett aus einer Gesteinsart besteht (vgl. DWDS – *Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache* 2020).

Nach Rod Stephens liegt eine monolithische Softwarearchitektur vor, wenn jegliche Funktionalität des Systems miteinander verbunden ist. Dabei spricht er über die Verbindung von Dateneingabe, Datenausgabe, Datenverarbeitung, sowie Fehlerhandhabung und Benutzeroberflächen (vgl. Stephens 2015, S. 94).

Anders sieht es Sam Newman. Nach ihm liegt ein monolites System schon dann vor, wenn die gesamte Funktionalität eines Systems gemeinsam über einen Deployment-Prozess bereitgestellt wird (vgl. Newman 2019, Kap. 2.2). Folglich muss nicht zwingend jegliche Logik miteinander verbunden sein. Er unterteilt monolitische Systeme in drei Kategorien: Einzelprozess Monolitische, Modulare Monolitische und verteilte Monolitische (vgl. Newman 2019, Kap. 2.2).

Der Einzelprozess Monolith ist die gängigste Form und deckt sich mit der Definition

---

<sup>12</sup>Weitere Informationen zum Hypertext Transfer Protokoll kann unter folgender Literatur gefunden werden (Leach u. a. 2020).

von Rod Stephens. Somit handelt es sich dabei, um ein System bei dem das gesamte System einen Prozess abbildet. Dies bedeutet, dass jegliche Funktionalität aufeinander aufbauend ist und nur eine Datenspeicherung für die gesamte Anwendung verwendet wird (vgl. Newman 2019, Kap. 2.2.1).

Anders ist dies beim Modularen System. Es zeichnet sich darin aus, dass die Funktionalität in einzelne Module geteilt wird und sogar einzelne Module eine separate Datenspeicherung besitzen können (vgl. Newman 2019, Kap. 2.2.2). Diese Form des monolithen Systems ist jedoch seltener und wird nur vereinzelt von Unternehmen eingesetzt.

Im Gegensatz zu verteilten Systemen sind die einzelnen Komponenten nicht auf separaten Computern verteilt und werden durch einen Deployment-Prozess online gestellt. Des Weiteren sind die einzelnen Module nur leicht entkoppelt, so kann es immer noch Abhängigkeiten geben, anders als bei verteilten Monolithen (vgl. Newman 2019, Kap. 2.2.2). Diese sind komplett entkoppelt und kommunizieren nur noch über definierte Schnittstellen (vgl. Starke 2015, S. 116). Sie erfüllen somit jegliche Anforderungen an ein verteiltes System, sind jedoch in einem einzigen Bereitstellungsprozess gebündelt. Diese Form wird jedoch kaum verwendet.

Weder Stephens noch Newman geben Vorgaben hinsichtlich der Gliederung innerhalb eines monolithischen Systems. Demnach kann ein Model-View-Controller Ansatz als monolithisches System gelten, solange es einheitlich bereitgestellt wird. Anders ist es mit einem verteilten System, da nach Definition ein Monolith kein verteiltes System sein kann.

Im Rahmen dieser Arbeit wird beim jeglichen weiteren Referieren auf den Begriff Monolith stets von einem Einzelprozess Monolithen ausgegangen, außer es wird expliziert von einem Modularen, oder verteilten Monolithen geschrieben.

Im Vergleich zu einem verteilten System gibt es einige Vor- als auch Nachteile (vgl. Newman 2019, Kap. 2.2.4 und Kap. 2.2.5). So ist das Bereitstellen eines Monoliths einfacher, da es einen Bereitstellungsprozess für die gesamte Anwendung gibt. Wiederum führt dies dazu, dass der Prozess deutlich länger dauert. Diese Tatsache ist insbesondere dann gravierend, wenn vermehrt kleine Änderungen vorgenommen werden. Andererseits vereinfacht eine Anwendung, die als ein Prozess zu sehen ist, die Fehlersuche und ermöglicht es Funktionen mehrfach zu verwenden. So lassen sich Funktionen und Klassen in einem Einzelprozess Monolithen mehrfach verwenden und schneller neue Funktionen umsetzen. Das verursacht jedoch, dass schnell Abhängigkeiten entstehen können und Änderungen ungewollte Fehler verursachen. Dadurch wird die Umsetzung von neuen Funktionen mit steigender Codemenge verlangsamt und der Einstieg von neuen Teammitgliedern erschwert.

Bei größeren Unternehmen mit mehreren Teams kommt hinzu, dass es leicht zu Konflikten kommen kann, da alle auf die gleiche Codebase zugreifen. So führt ein Monolith dazu,

dass bei einer großen Anzahl von Entwicklern viele Absprachen notwendig sind und es zu Problemen bei der Zusammenführung von Funktionen kommen kann (vgl. Newman 2019, Kap. 2.2.4). Anders ist es beim Erstellen von System übergreifenden Tests: Diese werden durch ein monolithisches System begünstigt und können im Vergleich zu einem verteilten System einfacher umgesetzt werden (vgl. Newman 2019, Kap. 2.2.5).

#### **2.1.6. Einordnung des aktuellen Systems von PluraPolit**

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, bietet PluraPolit eine Plattform an, die Jung- und Erstwählern bei der politischen Bildung hilft. Dafür wurde ein Softwaresystem entwickelt, in welches sich zum einen leicht neuer Content einpflegen lässt und zum anderen die hinterlegten Tonaufnahmen den Benutzern zur Verfügung gestellt werden. Um dies zu erreichen, wurde neben der eigentlichen Plattform ein Content Management System (CMS) konzipiert. Umgesetzt wurde dies in einer Ruby on Rails Anwendung mit Zugriffsbeschränkung durch Passwortabfrage.

Ruby on Rails, kurz auch als Rails bezeichnet, ist ein quellenoffenes Webframework, welches für die Programmiersprache Ruby entwickelt wurde (vgl. Hartl 2016, S.4; *Ruby on Rails* 2020; vgl. Tate 2011, S. 24). Es ist komplett Open Source und wird von einer aktiven Community entwickelt. Es gibt eine Vielzahl von kostenfreien Paketen, sogenannte Gems, die nach Belieben zu einem Projekt hinzugefügt werden können. Im Vergleich zu anderen Frameworks zeichnet sich Rails besonders durch seine Implementierung der REST-Architektur aus (vgl. Hartl 2016, S. 5). Diese Implementierung führt jedoch dazu, dass eine Vielzahl von Bedingungen an die Entwicklung und Implementierung von Rails Anwendungen gestellt werden. Getreu dem Motto „*Konvention vor Konfiguration*“ nutzt Rails die Bestimmungen als Vorteil und integriert ein System, in das externe Pakete ohne Konfigurationsaufwand hinzugefügt werden können (*Ruby on Rails Doctrine* 2020).

Dabei orientiert sich Rails bei der Teilung der Dateien an dem Model-View-Controller-Ansatz (vgl. Hartl 2016, S. 66 ff.).

Für das Einpflegen von neuen Tonaufnahmen bedeutet dies konkret, dass anhand der Eingabe der Url der für das Verwalten von Tonaufnahmen zuständige Controller die gewünschte Darstellung anzeigt. Daraufhin kann die Aufnahme als Datei hochgeladen werden. Dies geschieht, indem per Klick im CMS ein HTTP-Anfrage mit der geladenen Datei an den Controller geschickt wird. Dieser kümmert sich anschließend um die Speicherung der Datei über das Model in der Datenbank und gibt die Bestätigung der Aktion im View wieder (siehe Abb. 3).

Die Tondatei selbst wird nicht in der Datenbank gespeichert. Hierfür wird der Speicherservice von Amazon Web Services (S3) genutzt. Somit sendet, nachdem die Datei im View hinterlegt wurde, der Controller die Datei automatisch an S3 und erhält anschließend



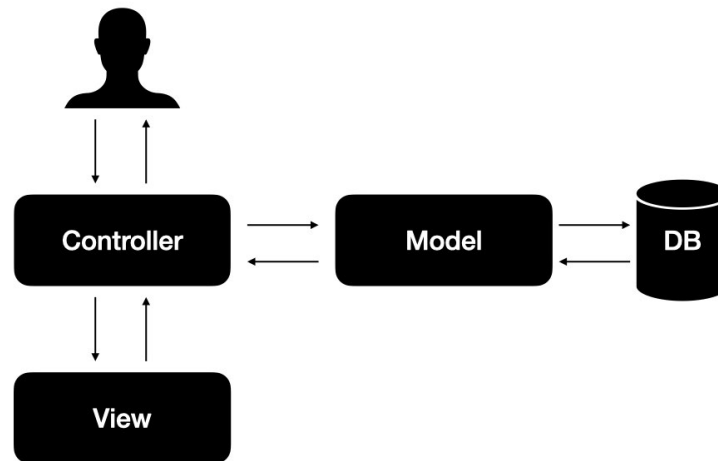


Abbildung 3: Darstellung des Model-View-Controller-Ansatz

eine Url zurück, die anschließend abgespeichert wird und als Referenz zur eigentlichen Tonaufnahme dient (siehe Abbildung).

Neben dem Hochladen von Tonaufnahmen fungiert jedoch das CMS auch dazu, bestehende Informationen zu bearbeiten und ggf. anzupassen. Im Detail bedeutet dies, dass die jeweilige Webseite per Url Aufruf angefragt wird, der Controller die angeforderten Daten über das Model aus der Datenbank lädt und die entsprechende graphische Darstellung rendert. Dabei übergibt der Controller die Informationen an den View, der anschließend die Daten über Embedded RuBy in HTML integriert und anzeigt (siehe Abbildung).

Auch die Plattform ist in Ruby on Rails implementiert. Dabei handelt es sich bei der Plattform um dieselbe Applikation wie das CMS außer dass die graphische Darstellung durch das JavaScript Framework React übernommen wird. So wird beim Aufruf der Plattform eine Anfrage an den Controller geschickt und dieser gibt anschließend die kompilierte React Anwendung aus. Diese lädt eigenständig jegliche Informationen über HTTP Anfragen und kümmert sich um interne Seitenaufrufe. Die Anfragen werden dabei asynchron an die Rails Applikation geschickt und vom Controller beantwortet. Somit erhält die React Anwendung über die Kommunikation von Controller und Modul, den Content aus der Datenbank, der vorher eingepflegt wurde (siehe Abbildung).

Es gibt also eine Aufteilung bezüglich der graphischen Darstellung in Content Management System und Plattform. Die Datenspeicherung und Verwaltung sind jedoch gleich. Die gesamte Codebase wird in einem Bereitstellungsprozesses dem Hosting Service zur Verfügung gestellt. Damit handelt es sich bei dem System von PluraPolit um ein Monolith, welches teilweise Modular ist, die REST-Standards erfüllt und nach dem Model-View-Controller-Ansatz aufgeteilt ist. Des Weiteren nutzt es vereinzelt externe Services von AWS, um Tondateien zu speichern und Transkriptionen vorzunehmen.

## 2.2. Microservicesarchitektur

Nach der Vorstellung der einzelnen Architekturstile und der Einordnung des Systems von PluraPolit, wird nun Microservicesarchitektur vorgestellt.

Hier handelt es sich um eine Architekturstil, der ein Vertreter der verteilten Systeme ist und sich historisch aus der Service Orientierten Architektur ableitet (siehe Abschnitt 1.2).

Eberhard Wolff beschreibt Microservices als Ansatz, Software in einzelne Module zu teilen und definiert es als Modularisierungskonzept, welches Einfluss auf die Unternehmensorganisation und den Software-Entwicklungsprozess hat (vgl. Wolff 2018, Kap. 1.1). Dabei ist jedes Modul ein eigenes Programm.

Sam Newman stützt die Aussage von Wolff und beschreibt Microservices als voneinander unabhängig einsetzbare Dienste, die um eine Geschäftsdomäne herum modelliert sind (vgl. Newman 2019, Kap. 2.1).

Somit beschreiben beide Microservices als ein System aus einzelnen, unabhängigen Services, die sich an eine Geschäftsdomäne richten. Die Abhängigkeit zum Geschäftsprozess wird im Abschnitt 2.2.3 näher beschrieben.

### 2.2.1. Kohärenz und Kopplung

Wenn es um das Aufteilen von Software geht, ist das Verständnis der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Funktionen und Klassen und deren Verknüpfungen wichtig.

Kohärenz bezieht sich dabei auf die funktionale Abhängigkeit zweier Funktionen oder Klassen (vgl. Newman 2019, Kap. 2.3.1). Es liegt eine hohe Kohärenz vor, wenn der Quellcode anhand seiner logischen Zugehörigkeit geordnet ist. Eine konkrete Umsetzung dieses Bestrebens ist im Abschnitt zum Model-View-Controller-Ansatz ausgeführt.

Kopplung beschreibt, in welchem Maß Funktionen und Klassen verbunden sind, ohne dass sie logisch zusammengehören (vgl. Newman 2019, Kap. 2.3.2). So bezieht sich Kopplung ausschließlich auf eine technisch vorliegende Verknüpfung. Ein typisches Beispiel hierfür ist, wenn ein Datenabruf an mehreren Stellen direkt über das Datenbankschema abläuft. Dadurch entsteht eine Abhängigkeit auf das Schema. Falls sich das Schema ändert, müssen auch die jeweiligen Aufrufe geändert werden.

Insbesondere in monolithischen Systemen können viele Kopplungen entstehen, da keine festen Abgrenzungen zwischen einzelnen logischen Bereichen definiert sind. Es ist also möglich, dass ein Monolith, welches historisch gewachsen ist, keine klare Struktur aufzeigt. Hieraus entsteht ein System, welches bei kleinen Veränderungen viele ungewollte Fehler erzeugt, die ggf. weitere Anpassungen erfordern.

Eine Microservicesarchitektur ist jedoch das Bestreben, klare Abgrenzung zu erlangen, und einzelne stabile Services zu etablieren. Diese sollen soweit es geht von einander entkoppelt funktionieren. Das Ziel für eine Microservicearchitektur ist es deshalb, eine hohe Kohärenz bei geringer Kopplung zu besitzen. Das ist nicht nur die Zielsetzung für Microservices allgemein, sondern ein generelles Bestreben für stabile Systeme.<sup>13</sup> Konkret bedeutet es für Microservices, dass ein Service ausschließlich aus funktional abhängigem Quellcode besteht und technische Implementierungen, wie z. B. Datenbankstrukturen und Funktionsaufrufe, hinter klar definierten Schnittstellen versteckt sind.

### 2.2.2. Das Gesetz von Conway

Wenn es um die Teamaufteilung in IT Projekten geht, wird in den meisten Fällen sich an die historischen Herangehensweise orientiert. Die Entwickler werden nach ihrer Spezifikation eingeteilt, Datenbankexperten, Frontend- und Backendentwicklern in jeweils einzelne Teams aufgliedert.

Entscheidet sich jedoch ein Unternehmen für eine Microservicearchitektur, bedeutet diese Aufteilung, dass für jeden einzelnen Service Absprachen zwischen den Teams entstehen. Daraus etablieren sich eine Vielzahl an einzelnen Kommunikationsbeziehungen, welche die Umsetzung von neuen Funktionen verlangsamen.

Der amerikanische Mathematiker Melvin Edward Conway umschrieb das Dilemma wie folgt: *„Organisationen, die Systeme designen, können nur solche entwerfen, welche die eigene Kommunikationsstruktur widerspiegelt.“* Er bezieht sich dabei auf die Tatsache, dass die Softwarearchitektur immer von den einzelnen Entwicklern mit entworfen wird und sich daher eingefahrene Kommunikationsstrukturen<sup>14</sup> in der Architektur wiederfinden lassen.

Nach Conway ist damit die Architektur direkt mit der Kommunikationsstruktur verbunden. Ein Unternehmen, welches das Gesamtsystem in einzelne Module teilt, sollte deshalb auch die gleiche Aufteilung in der Kommunikationsstruktur einführen. Konkret bedeutet das für ein Unternehmen, dass die Entwickler nicht nach Spezifikation, sondern nach Kontext des Service geteilt werden. Diese Teams besitzen dabei möglichst kurze Kommunikationswege und haben wenig Abhängigkeiten zu anderen Teams. Die Verknüpfung zu anderen Teams definiert sich über die Schnittstellen der Services. Um die Kommunikation für ein Service auf ein Minimum zu reduzieren, sollte nur ein Team pro Dienst verantwortlich sein, wobei ein Team auch mehrere Services betreuen kann.

---

<sup>13</sup>Dies bezieht sich auf das Gesetz von Constantine, welches besagt *„A structure is stable if cohesion is strong and coupling is low.“* (Endres und Rombach 2003, S. 43).

<sup>14</sup>Kommunikationsstrukturen sind dabei nicht zwingend gleich das Organigramm, da etablierte Kommunikationswege nicht zwingend von der Unternehmensstruktur abgebildet werden.

Für die Umsetzung der Microservicesarchitektur muss einerseits die Anwendung so komplex sein, dass sie sich in einzelne Services teilen lässt und andererseits müssen so viele Entwickler vorhanden sein, dass idealerweise jeder Dienst von einem Team betreut wird.

### 2.2.3. Domain Driven Design

Wie im Abschnitt 2.2.2 beschrieben, hat die Microservicesarchitektur das Ziel, autonome Teams zu etablieren und unnötige Absprachen zu reduzieren. Um dies zu erreichen und gleichzeitig eine hohe Kohärenz bei geringer Kopplung zu besitzen, bauen Microservices auf der Idee des Domain Driven Designs auf, welche von Eric Evans in seinem gleichnamigen Buch publiziert wird (vgl. Newman 2019, Kap. 2.4). Hierbei handelt sich dabei um eine Herangehens- bzw. Denkweise zur Modellierung komplexer Systeme, bei der das Gesamtsystem anhand der einzelner Geschäftsprozesse geteilt wird (vgl. Evans 2003, S. xix ff.).

Domain Driven Design ist dabei nicht nur für Microservices konzipiert, sondern beschreibt vielmehr den Ansatz, Softwareentwicklung und Geschäftsfunktion zu vereinen, die in verschiedenen Architekturen umgesetzt werden. Deshalb ist Domain Driven Design wesentlich für die Bestimmung der Grenzen eines Service und somit entscheidend für Microservices (vgl. Wolff 2018, Kap. 4.3).

Ein Hauptbestandteil des Domain Driven Designs ist die Idee des Kontextes bzw. der Kontextgrenze (vgl. Fowler 2014). Die Kontextgrenze ist hier die Abgrenzung eines logischen Abschnittes (Kontext) innerhalb eines Unternehmens. Es wird der Ansatz verfolgt, dass einzelne Funktionen und Inhalte nur innerhalb eines gewissen Bereiches Sinn ergeben. So ist z. B. in einem E-Commerce Unternehmen bei der Bestellung von Ware die Anzahl, die Größe und das Gewicht entscheidend, während bei der Buchung die Wichtung auf Preis und Steuersatz liegt. Je nach Kontext kann deshalb ein Begriff, wie Preis, unterschiedliche Bedeutungen haben, beim Bestellen von neuer Ware ist damit der Einkaufspreis, beim Verkauf von Ware der Verkaufspreis gemeint (vgl. Evans 2003, S. 24 ff.). Die Bedeutung des Wortes Preis hängt somit von dem zu lösenden Geschäftsprozess ab. Domain Driven Design empfiehlt, Kontextgrenzen so zu setzen, dass sie einen Geschäftsprozess umschließen und idealerweise genau ein spezifisches Problem lösen (vgl. Wolff 2018, Kap. 4.3).

Wie anfangs beschrieben, handelt es sich bei Domain Driven Design nur um eine Herangehensweise und nicht um klare Regeln. Es liegt deshalb im Ermessen jedes Unternehmens die Granularität der Kontexte zu setzen.

Der Fokus auf eine spezifische Problemstellung ermöglicht es, eine einheitliche Sprache innerhalb eines Kontexts einzufügen, sowie eine enge Verbindung zwischen Geschäftslogik und technischer Entwicklung zu erzeugen. Domain Driven Design vertritt den Ansatz,

dass technische Modelle und Prozessbeschreibungen die gleiche Terminologie besitzen (vgl. Evans 2003, S. 24 ff.). Die Kommunikation zwischen Fachkundigen und Softwareentwicklern sollen dadurch gestärkt werden.

Das bedeutet für die Einteilung von Microservices, dass ein Microservices einen Kontext abbildet, der sich an einen Geschäftsprozess orientiert (vgl. Wolff 2018, Kap. 4.3; vgl. Newman 2019, Kap. 4).

Diese Eigenschaft deckt sich mit der von Sam Newman beschriebenen Definition, dass Microservices „um eine Geschäftsdomäne herum modelliert sind“ (Abschnitt 2.2). Weiterhin fordert Domain Driven Design, dass ein Team fachlich divers ist und Experten und Expertinnen aus dem jeweiligen Fachgebiet einschließt (vgl. Evans 2003, S. 32 ff.). Konsequenterweise besteht ein Team aus Fachkundigen und Softwareentwicklern und hält engen Kontakt zu den Usern (vgl. Wolff 2018, Kap. 4.3).

Vorteile der Umsetzung von Domain Driven Design sind:

- Stärkung der Autonomie des Teams durch das Abgrenzen in einzelne Kontexte,
- Verstärkter Austausch zwischen Fachkundigen und Softwareentwicklern durch eine einheitliche Sprache,
- Entstehung eigenständiger Services, bei denen die verwendeten Daten und auch die Terminologien entkoppelt sind und
- Die Einteilung erfolgt anhand von Geschäftsprozessen.

## 2.3. Microservice

Microservices sind einzelne, unabhängige Services, die um eine Geschäftsdomäne modelliert sind, die auf Grundlage der klaren Schnittstellen entkoppelt und durch einzelne Kontexte begrenzt sind. Die Kontexte ermöglichen das Verwenden von Services interner Terminologie und die Verwendung ausschließlich benötigter Daten. Wie in Abschnitt 2.2.2 aufgezeigt, ist nur ein Team für einen Service zuständig.

In seinem Buch *Monolith to Microservices* geht Newman darauf ein, dass die wichtigste Eigenschaft von einem Microservice die unabhängige Einsetzbarkeit ist (vgl. Newman 2019, Kap. 2.1.1). Er sieht darin die Verkörperung von Unabhängigkeit und eigenständigen Teams, welche durch die Kommunikation der Services durch standardisierte Schnittstellen ermöglicht wird. Die verbreitetste Art der Schnittstelle ist die nach dem REST-Standard, welche sich an eine Kommunikation über HTTP richtet (siehe Abschnitt 2.1.4).

Da viele Programmiersprachen den Informationsaustausch über HTTP ermöglichen, ist ein Microservice unabhängig von einer bestimmten Technologie. Jedes Team kann eigen-

ständig entscheiden, welche Programmiersprache es verwenden will (vgl. Wolff 2018, Kap. 1.2). So können Sprachen nach Präferenz und Problemstellungen gewählt werden, ohne dass eine Inkompatibilität zum Rest des Systems entsteht.

Der Austausch über standardisierten Kommunikationswege ermöglicht, dass Services erstellt werden, die austauschbar sind (vgl. Wolff 2018, Kap. 1.2). Das hat zur Folge, dass z. B. einige Services durch Dienste von Drittanbietern ausgeführt werden und Entwicklungskosten eingespart werden. Es wird dadurch auch die Möglichkeit geschaffen auf bestehender Logik aufzubauen und ältere Systeme mit modernen Technologien zu verbinden.

Wie in Abschnitt 2.2.3 beschrieben, ermöglichen es Kontextgrenzen Microservices, Daten nach eigenem Ermessen zu benennen und zu verwalten. Jeder Dienst besitzt eine eigene Datenspeicherung, z. B. in Form eines File-Storage-Systems oder einer Datenbank (vgl. Newman 2019, Kap. 2.1.3). Das bedeutet für das Gesamtsystem: keine einheitliche Datenspeicherung, jeder Service verwaltet die notwendigen Informationen eigenständig. Zum Erhalt der Funktionalität des gesamten Systems muss im Vorfeld bestimmt werden, wie der Informationsaustausch zwischen den Services abläuft (vgl. Wolff 2018, Kap. 4.1). Es muss festgelegt werden, welche Services welche Informationen verwalten und bei Abhängigkeiten zu anderen Diensten sind die Schnittstellen festzulegen. Insbesondere die genauen Endpunkt und die zu erwarteten Informationen müssen bestimmt werden. Die Handhabung innerhalb eines Services obliegt dann wieder dem einzelnen Team.

Gibt es einen Service, der Informationen von einem anderen Dienst benötigt, fordert dieser die Daten über öffentliche Schnittstellen an. Durch die Verwaltung identischer Informationen durch mehrere Diensten kommt es zu unterschieden Datenständen (vgl. Wolff 2018, Kap. 4.1). So besteht die Herausforderung, Informationen zwischen Services konsistent zu halten.

Die volle Unabhängigkeit eines Microservice kann nur erreicht werden, wenn dieser auch für die Benutzeroberfläche verantwortlich ist (vgl. Wolff 2018, Kap. 4.4). In der Praxis ist dies jedoch schwierig, da eine Webseite Inhalte von mehreren Services anzeigt. Besonders nach der Veröffentlichung von AngularJS<sup>15</sup>, gibt es immer mehr JavaScript Frameworks, die zur Verbesserung der Benutzererfahrung mehr Logik in das Frontend legen. React.js ist eines dieser Frameworks. Die Beliebtheit dieser Frameworks besteht darin, dass jede Webseite nicht mehr als einzelne Seite betrachtet wird, sondern Informationen zwischen Benutzeroberflächen hinweg verwaltet werden (vgl. Wolff 2018, Kap. 9.1). Ein Datenabruf kann über mehrere Webseiten hinweg geteilt werden und die Performance wird verbessert. Das Routing zwischen den Webseiten wird durch das Framework verwaltet. Dieser Ansatz wird als Single-Page-Application (SPA) bezeichnet und unterscheidet sich von der Idee des

---

<sup>15</sup>AngularJS ist ein JavaScript Framework, welches 2010 von Google entwickelt wurde und eine Open-Source-Software ist (*AngularJS — Superheroic JavaScript MVW Framework* 2020).

Model-View-Controller (siehe Abschnitt 2.1.3). Die nötigen Informationen werden aktive von der View geladen (*Single-Page-Webanwendung* 2019).

Auch kann es vorkommen, dass ein Microservices keine graphische Darstellung benötigt, da dieser ausschließlich E-Mails verschickt oder die beliebtesten Filme ermittelt. Folglich ist es umstritten, ob Microservice immer eine Benutzeroberfläche haben sollte.

Microservices bieten bezogen auf Skalierung viele Vorteile (vgl. Newman 2019, Kap. 2.1.4). So lassen sich, unabhängig vom Gesamtsystem, intensiv genutzte Services individuell skalieren. Kosten können eingespart werden, da nur einem einzelnen Teil und nicht das gesamte System mehr Ressourcen zu geteilt werden. Auf Basis der eingeteilten Teams werden weitere Entwickler angestellt und das Unternehmen wächst personell.

Während Microservices Skalierungen begünstigen, erschweren sie Service übergreifende Veränderungen (vgl. Newman 2019, Kap. 2.15). Auf Grund der technologischen Freiheit ist es aufwendiger, Entwickler von einem Service zu einem anderen zu überführen. Verstärkt wird dies durch die Speicherung unterschiedlicher Daten und die Verwendung verschiedener Terminologien. Die technologische Überführung von Funktionen wird durch den Einsatz von verschiedenen Programmiersprachen erschwert. Äquivalent ist das Zusammenführen von Datenschemata, welches durch die unterschiedlichen Attributbezeichnungen boykottiert wird. Dies führt dazu, dass ein Zusammenschluss nur durch einen großen Aufwand erreicht werden kann.

## 2.4. Kommunikation von Services

Eine Microservicearchitektur besteht, wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, aus einzelnen, unabhängigen Services besteht, die voneinander entkoppelt sind. Um die Funktionalität des Gesamtsystems zu gewährleisten, müssen die einzelnen Services untereinander im Austausch stehen. Die Grundvoraussetzung für das Implementieren einer Microservicearchitektur ist deshalb die Kommunikation und das Vorhandensein eines kommunikationsfähigen Netzwerks.

Im Vergleich zu einem monolithen System hat der Austausch von einzelnen Services über ein Netzwerk einige Nachteile:

- Höherer Aufwand bei der Absicherung eines Systems aus einzelnen Komponenten vor Angriffen
- Erhöhtes Risiko für potenzielle Angriffe, da jede öffentliche Schnittstelle angreifbar ist
- Aufrufe über das Netzwerk sind langsamer, als Aufrufe innerhalb eines Prozesses (vgl. Wolff 2018, Kap. 6.1).

Neben der Kommunikation über den REST-Standard gibt es weitere Arten der Kommunikation wie GraphQL (*GraphQL* 2020) und gRPC (*gRPC* 2020). Diese wurden in den letzten fünf Jahren entwickelt und setzten deutlich andere Schwerpunkte.

Im Unterschied zu REST wird bei GraphQL nicht für jeden individuellen Client eine separate Schnittstelle geschrieben. Beim Aufruf gibt der Client die Informationen mit, welche er erhalten möchte (vgl. *GraphQL* 2020). Im Vorfeld wird über ein Schema festgelegt, welche Informationen der Server zur Verfügung stellt. So können über GraphQL nicht nur Informationen von einer Relation (Tabelle) abgerufen werden, es kann auch über Verbindungen zwischen Relationen, auf Daten von anderen Tabellen zugegriffen werden. Auch hier wird die Spezifikation der Inhalte vom Client beim Aufrufen der Schnittstelle mitgegeben. Es entstehen so wenige Programmschnittstellen, die jedoch eine Vielzahl Anforderungen bedienen können. Von Bedeutung ist dies für Aggregierte Informationen aus mehreren Tabellen, sowie für Systeme, in denen mehrere Clients unterschiedliche Informationen vom selben Service abrufen.

gRPC ermöglicht einem Client, Funktionen eines Servers über das Netzwerk aufzurufen, als wären sie in der gleichen Codebase. Hierbei ist gRPC Programmiersprachen unabhängig, sodass ein in Java geschriebener Client auf ein Python-Server zugreifen kann. Im Gegensatz zum REST-Standard, der für Web-Anwendungen erstellt wurde, entwickelte Google gRPC speziell für den Austausch unter Services. So werden keine Statuscodes oder andere Meta-Daten verschickt, sodass die Geschwindigkeit im Vergleich zum REST-Standard schneller ist. Des Weiteren ermöglicht gRPC das Monitoren der Kommunikation zwischen Services, um auftretende Fehler schneller zu erkennen. gRPC den moderneren HTTP/2 Standard, wodurch der Datenaustausch beschleunigt und optimiert wird.

Seit der Beschreibung der Microservicearchitektur als ein System aus einzelnen REST-Services durch Peter Rodgers 2005 wurden neue Technologien zur Kommunikation zwischen Services entwickelt. Insbesondere gRPC besitzt auf Grund der moderneren Technik bedeutende Vorteile bezogen auf die Geschwindigkeit. Jedoch ist die Kommunikation zwischen entkoppelten Services langsamer als Aufrufe innerhalb eines Prozesses und bringen einige Nachteile mit sich.

Neben der Auswahl des Kommunikationsstandards muss ein Netzwerk vorliegen, das sowohl einen hohen Durchsatz als auch eine hohe Geschwindigkeit ermöglicht und vor Angriffe gesichert werden kann.

## 2.5. Start-up

Wie in Abschnitt 2.2.3 aufgezeigt, sind Softwarearchitektur und Geschäftsprozesse eng miteinander verbunden. So soll an dieser Stelle der Arbeit zum Verständnis des Ausmaßes



der Umstellung, die Situation eines Start-up beleuchtet werden, da „*hart zu verändernde Entscheidungen*“<sup>16</sup> stets im Kontext der Unternehmenssituation getroffen werden sollten.

Nach dem Wirtschaftslexikon Gabler ist ein Start-up, oder auch Start-up-Unternehmen, ein junges, noch nicht etabliertes Unternehmen, welches eine innovative Geschäftsidee verwirklichen möchte (vgl. Achleitner 2018). Ein Start-up agiert in einem jungen oder noch nicht existierenden Markt und muss erst ein funktionierendes Geschäftsmodell entwickeln. Wird ein solches gefunden und implementiert, gilt das Unternehmen nicht mehr als Start-up (vgl. *Start-up-Unternehmen* 2020).

Es ist jedoch schwierig, ein funktionierendes Geschäftsmodell zu finden und die meisten der Start-ups melden nach wenigen Jahren Insolvenz an. Neun von zehn Unternehmen scheitern innerhalb der ersten drei Jahre (vgl. Patel 2015).

Erfolgreiche Start-ups zeichnen sich durch adaptives Verhalten aus. Zwei Drittel der erfolgreichen Start-ups ändern ihre ursprüngliche Geschäftsidee drastisch (Mullins und Komisar 2009). Daraus lässt sich ein signifikanter Zusammenhang, zwischen Erfolg und Flexibilität ableiten. Ein erfolgreiches Start-up arbeitet dynamisch und fokussiert und sammelt schnell neue Erkenntnisse über die Bedürfnisse von Kunden.

Das Ziel eines Start-ups ist, ein Produkt zu entwickeln, das einen lukrativen Absatzmarkt besitzt, sowie für den Kunden einen Mehrwert zu generieren, für den dieser auch bezahlt.

Um dies zu erreichen, werden drei separate Phasen durchläuft (vgl. Maurya 2012, S. 8 f.):

1. Problem-Lösung Fit
2. Produkt-Market Fit
3. Skalierung

Zu Phase 1 (Problem-Lösung Fit): Es wird ermittelt, ob ein lösungswertes Problem vorliegt. Hierfür werden qualitative Kundenbefragungen und Kundeninterviews durchgeführt (vgl. Croll und Yoskovitz 2013, S. 170 ff.).

Zu Phase 2 (Produkt-Market Fit): Aus den Erkenntnissen der ersten Phase wird der minimale Funktionsumfang bestimmt und umgesetzt. Dieses sogenannte Minimum Viable Product (MVP) wird daraufhin für Anwendertests verwendet. Mit Hilfe der Ergebnisse aus den Tests wird abermals eine Anpassung des MVP genommen, das für weitere Kundentests eingesetzt wird. Dieser Prozess wird solange wiederholt, bis ein Produkt entwickelt wurde, welches das ursprüngliche Problem löst, oder Geld und Ressourcen ausgehen (vgl. Croll und Yoskovitz 2013, S. 28).

In Phase 3 (Skalierung): Das Start-up wird hinsichtlich Technologie, Struktur und Produkt

---

<sup>16</sup>Direkter Bezug zur Definition von Martin Fowler aus Abschnitt 2.1.1.

angepasst, damit es in Bezug auf Kundenbedarf, Personal und Funktionsumfang ideal wachsen kann (vgl. Maurya 2012, S. 9).

Besondere die Phasen Eins und Zwei zeichnen sich durch schnelles, fokussiertes Lernen aus, welches in kontinuierlichen Anpassungen des Geschäftsmodells endet. Folglich kommt es in diesen beiden Phasen zu ständigen Änderungen des Produkts und Geschäftsprozesses. Erst nach dem Erreichen des Produkt-Market Fits stabilisiert sich das Produkt und der Fokus wird auf Skalierung gelegt.

Im Gegensatz zu den meisten Start-ups, ist PluraPolit ein gemeinnütziges Unternehmen. Der Fokus liegt deshalb nicht auf dem Erwirtschaften von Gewinn sondern auf der Maximierung der Kundeninteraktion. Da Interaktion sich aus der Akzeptanz der Anwender ergibt, ist PluraPolit bestrebt, ein Produkt-Market Fit zu erreichen. Zum aktuellen Zeitpunkt befindet es sich jedoch noch in Phase Zwei.

## 2.6. Bedingungen ableiten

Aus den Erkenntnissen und Kernaussagen der voran gegangenen Abschnitte lassen sich Bedingungen ableiten, die als Leitfaden für die Entscheidungen von PluraPolit dienen. Im nächsten Gliederungspunkt werden diese von Experten qualitativ bewertet.

Wie in Abschnitt 2.2.2 beschrieben, hat eine Microservicearchitektur das Ziel, dass Teams möglichst unabhängig voneinander arbeiten können. Erreicht wird dies, indem die Verantwortung eines Service nur einem Team übertragen wird und sich Absprachen zwischen den Teams auf die Festlegung der Schnittstellen begrenzen. Daraus ergeben sich zwei Bedingungen an das Unternehmen:

1. Die Verantwortung für ein Geschäftsprozess an ein Team zu geben.
2. Die Services greifen ausschließlich auf Ressourcen zu, die über die Schnittstellen erreicht werden können.

Der Abschnitt über Domain Driven Design zeigt auf, dass Microservices die Komplexität eines Unternehmens reduziert, indem die Geschäftsprozesse in Services geteilt werden. Dieser Ansatz der Trennung der Geschäftsdomainen fördert die Fähigkeit, dass Services unabhängig voneinander wachsen können und gleichzeitig eine klare Verantwortung haben.

Es ergeben sich die Bedingungen zum Vorliegen eines Systems:

1. welches einerseits eine gewisse Komplexität aufweist und
2. andererseits Geschäftsabläufe besitzt, die sich trennen lassen.

Neben der Einteilung in einzelne Komponenten werden auch Bedingungen an das Netzwerk gestellt, wie in Abschnitt 2.4 ausgeführt. So ergeben sich folgende Anforderungen:

1. Kommunikation der Services untereinander.
2. Verhinderung von unbefugten Zugriffen.
3. Vorliegen einer möglichst hohen Datengeschwindigkeit.

Wie in Abschnitt 2.4 vorausgesetzt, weisen die Services Programmierschnittstellen auf, die Server zu Server Kommunikation erlauben.

Bei der Beschreibung der Situation eines Start-ups in Abschnitt 2.5 wurde deutlich, dass es in einem noch nichtexistierenden Markt operiert und dadurch besonders dynamisch agieren muss. Daraus ergibt sich die Anforderung, dass erst eine Microservicearchitektur umgesetzt werden kann, wenn ein Produkt-Market Fit vorliegt.

Aus der Literaturrecherche ergeben sich zusammenfassend neun Bedingungen:

1. Es ist möglich, die Verantwortung für ein Geschäftsprozess an ein eigenständiges Team zu geben.
2. Die Services greifen ausschließlich auf Ressourcen zu, die über die Schnittstellen erreicht werden können.
3. Das System weist eine gewisse Komplexität auf.
4. Die Geschäftsabläufe lassen sich voneinander trennen.
5. Das Netzwerk ermöglicht die Kommunikation zwischen den Services.
6. Der Zugriff aufs Netzwerk ist vor Unbefugten gesichert.
7. Das Netzwerk hat ein hohen Datendurchsatz.
8. Die Services verfügen über Schnittstellen, die Server zu Server Kommunikation ermöglichen.
9. Es liegt ein Produkt-Market Fit vor.

### 3. Methodik

Um herauszufinden, ob die Bedingungen aus der Literaturrecherche (Abschnitt 2.6) notwendig sind, bevor PluraPolit ihre Softwarearchitektur ändern kann, wurde eine Experteninterview durchgeführt. Es wurde sich für diese Methode entschieden, um in Ermangelung der wenigen Literatur eine qualitative Einschätzung zu bekommen und abschließend eine Empfehlung für PluraPolit zu geben. Weiterführend wurde sich für ein semi-strukturiertes Interview entschieden, um zum einen subjektive Erfahrungen, als auch vergleichbare Erkenntnisse zu erhalten.

#### 3.1. Erstellung der Interviewfragen

Die Fragen für die Interviews wurden aus den Ergebnissen der Literaturrecherche erstellt. So begann die Bachelor Thesis mit der Durchführung einer Literaturrecherche, in welcher Microservices, sowie Softwarearchitektur definiert und beschrieben wurden. Nachfolgend wurden, die zur Erstellung und Einteilung von Microservices notwendigen, Faktoren benannt und beschrieben. Die wichtigen Inhalte wurden anschließend in Abschnitt ... zu neun Bedingungen zusammengetragen und als Grundlage für die Fragestellung verwendet.

Dabei zielen die Fragen zum einen darauf ab, die einzelnen Annahmen zu validieren und zum anderen den Experten die Möglichkeit zu geben ihre Expertise einzubringen. Um dem gerecht zu werden, wurden vor allem offene Fragen gewählt. Nichtsdestoweniger orientierten sich die Fragestellungen an den in Abschnitt ... definierten Bedingungen, sodass die Antworten aus den Interviews mit den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche verglichen werden konnten.

#### 3.2. Auswahl der Experten

Für das Experteninterview wurden Christoph Rahles und Alexander Troppman befragt. Es wurde sich für sie entschieden, da beide jahrelange Expertise im Bereich der Microservicearchitektur haben und seit vielen Jahren in der Start-up-Branche arbeiten. Sowohl Herr Rahles, als auch Herr Troppman sind Senior Software Developer mit Erfahrungen im Management. So haben beide mehrere Jahre als Chief Technology Officer (CTO) gearbeitet und können fundierte Aussagen über architektonische Entscheidungen geben. Darüber hinaus hält Herr Troppman Vorträge in denen er erklärt, wie mit Hilfe mit Golang leichtgewichtige Microservices erstellt werden können.

Des Weiteren wurden beide ausgewählt, da sie PluraPolit kennen und zum Teil bei der Entwicklung beteiligt waren. So hat Herr Rahles insbesondere in der Anfangsphase von PluraPolit geholfen, die Softwarearchitektur mit aufzubauen und kennt diese detailliert.

Mit Herrn Trapper hat PluraPolit erst vor kurzen gemeinsam in einem Hackathon gearbeitet. Bei diesem wurde die Plattform konzeptionell weiter entwickelt, sodass sie auch für den Schulunterricht eingesetzt werden kann. Folglich kennt auch Herr Troppman den aktuellen Stand der Bildungsplattform.

### 3.3. Durchführung des Interviews

Um eine qualitative Bewertung über die Bedingungen, die für PluraPolit für eine Umstellung notwendig sind, zu erhalten, sollten semi-strukturierte Interviews mit fünf Experten durchgeführt werden. Die Experten sollten dabei Kenntnisse im Erstellen von Microservices ausweisen, sowie jahrelange Berufserfahrung in der Start-up-Branche haben und die Softwarearchitektur von PluraPolit kennen. So stellte sich jedoch heraus, dass nur zwei der ursprünglich ausgesuchten Experten, diese Anforderungen erfüllten. Demnach wurde nur mit Christoph Rahles und Alex Troppman ein Interview durchgeführt. Die Experten kennen sich untereinander nicht, sodass ihre Antworten unabhängig von einander gegeben wurde.

Beide Kandidaten wurden eine Woche vor dem Interview per Nachricht (Slack, oder WhatsApp) kontaktiert und zu einem online Gespräch eingeladen. Es wurde sich für eine Konferenzgespräch von Angesicht zu Angesicht entschieden, um eine persönlichere Atmosphäre zu erzeugen und gleichzeitig die Kontaktbeschränkungen in der Coronapandemie einzuhalten. Hinzu kann das Herr Troppman in München wohnte und ein Gespräch nur online möglich war.

Beiden Kandidaten wurden die Fragen vorab zugeschickt, sodass sie sich vorbereiten konnten. Auch wurden beide vor dem Gespräch in Kenntnis gesetzt, dass dieses aufgezeichnet wird, um die anschließende Transkription zu vereinfachen. Dies geschah zum einen bei den Absprachen eine Woche vor den Interviews, sowie unmittelbar vor der Aufnahme. Des Weiteren wurde unmittelbar vor der Aufzeichnung sich vor beiden Experten eine mündliche Bestätigung eingeholt, dass ihre Aussagen in der Bachelor Thesis verwendet werden dürfen.

Während der Interviews wurden Notizen gemacht, um die Antworten zu erfassen. Vereinzelt wurden dem Experten Rückfragen gestellt, um weitere Informationen zu erhalten.

Nach der Begrüßung und dem Hinweis, dass es sich um ein Aufgezeichnetes Gespräch handelt, begann das Interview mit folgender Frage:

*Haben Sie das Gefühl, dass es Bedingungen gibt, die PluraPolit erfüllen sollte, bevor es ihre Software Architektur zu einer Microservicearchitektur umstellt und wenn ja, welche Bedingungen empfinden Sie als wichtig?*

Diese Frage zielte darauf ab, zum einen die zur grundlegende Annahme, dass es Bedingungen gibt, zu beantworten, als auch ein ersten Einblick von diesen Bedingungen zu erhalten. Die Frage war möglichst offen gestellt, um den Experten die Möglichkeit voreingenommen zu antworten.

### **3.4. Methodik zur Auswertung**

Beispiel: Die Interviews mit den Bewohnern von Gebäude X wurden transkribiert. Die Transkripte wurden anschließend offen und axial codiert, um diese Daten quantitativ in SPSS analysieren zu können. Danach wurden die Daten mithilfe einer Regressionsanalyse untersucht, um eine Antwort auf die Forschungsfrage zu erhalten.

## 4. Auswertung der Interviews und Anwendung auf PluraPolit

- Public subscribe pattern
- SOA

Da die Implementierung einer Microservicearchitektur, serviceübergreifende Veränderungen erschwert und diese nur durch hohen Aufwand erreicht werden kann, sollte gewährleistet sein, dass kaum Änderungen dieser Art auftreten. Für die Einteilung der Services bedeutet dies, dass Kontextgrenzen so gesetzt werden, dass Veränderungen, die mehrere Services umfassen, ausgeschlossen sind. Wie Abschnitt ... zeigt, orientieren sich diese Grenzen an den Geschäftsprozessen, sodass folglich eine Stabilität des Geschäftsablaufs Grundlage für eine statische Einteilung der Services ist.

## 5. Fazit



# A. Interviewtranskripte

## A.1. Interview mit Christoph Rahles

Interviewpartner: Christoph Rahles

Datum: 18. Juni 2020 um 18 Uhr

Medium: Zoom

Interviewt wurde Christoph Rahles, weiterführend als R gekennzeichnet. Interviewt hat Edgar Muss, weiterführend als E gekennzeichnet.

E: Chris, darf ich dich aufnehmen und die Inhalte im Rahmen der Bachelorarbeit veröffentlichen?

R: Darfst du.

E: Dann würde ich gerne das Interview mit der ersten Frage starten.

E: Haben Sie das Gefühl, dass es Bedingungen gibt, die PluralPolit erfüllen sollte, bevor es Ihre Softwarearchitektur zu einer Microservicearchitektur umstellt?

R: Ja.

E: Welche Bedingungen empfindest du als wichtig?

R: Zwei Dimensionen. Die eine Dimension ist ganz klar das Alter der Firma bzw. damit einher gehen der Reifegrad des Geschäftsmodells. Wie grundlegend sind Iteration zu erwarten, in Form von Softwarearchitektonischen Änderungen, was das Geschäftsmodell angeht oder wie man sie abbildet. Das ist der eine Punkt und auf der anderen Seite immer auch die Frage: Microservicearchitektur eröffnet ein Flexibilität, aber eben auch im gleichen Maß Komplexität. Das heißt es muss immer jemanden geben, der die Verbindungen zwischen den Anwendungen beherrscht, monitor, administriert und aufsetzt und sich die Frage stellt: Ist es wirtschaftlich, Ja oder Nein?

R: Deswegen würde ich im Moment Nein sagen. Denn gerade im Fall eines jungen Unternehmens sollte man das Ziel haben, eine hohe Iterationsgeschwindigkeit zu besitzen, anstatt eine ausgeklügelten Architektur. Was jedoch nicht heißt, dass man die Qualität des Codes an sich vernachlässigen sollte.

E: Okay es wurde viel vorgegriffen. Was völlig okay ist. Vielleicht springen wir einmal zur Frage vier, da vieles was du bereits gesagt hast, darauf angespielt.

E: Ein Startup zeichnet sich dadurch aus, dass es insbesondere in der Anfangsphase zu vielen Veränderungen der ursprünglichen Geschäftsidee kommt. Microservices auf der anderen Seite zeichnen sich dadurch aus, dass sie feste Schnittstellen und Kontextgrenzen besitzen. Meinst du, dass trotzdem Microservices in einem dynamischen Umfeld eingesetzt

werden sollten?

E: Teilweise hast du es schon beantwortet. Was ich vielleicht noch genauer wissen möchte, bezieht sich auf die Iteration. Wann sollte sich ein Start-up mit Microservices auseinandersetzen? Also wann wäre denn der Zeitpunkt? Gibt es einen richtigen Zeitpunkt?

R: Deswegen habe ich am Anfang gesagt, dass es zwei Dimensionen gibt, die man betrachten muss, die auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten.

R: Wann sollte man es im Blick haben? Um vielleicht die Frage zu beantworten.

R: Da gibt es, glaube ich kein Richtig und Falsch. Man sollte sich immer die Fragen stellen: Aus einer rein technologisch, wirtschaftlich Perspektive macht es im Moment Sinn, ein Microservice auszugliedern? Weil das ist es im Moment. Meistens ist es so, dass man mit einem Monolithen anfängt und irgendwann an einen Punkt kommt, wo es entweder sehr drückend wird oder wo man sagt: "Es macht Sinn Dinge auszulagern".

R: Dann muss man sich die Frage stellen, macht es Sinn und habe ich das Know-how bzw. das Know-how, um diese Komplexität zu verwalten. Was nicht heißt, dass ich das Wissen im Haus haben muss. Ich kann mir genauso gut Dienstleister suchen, die mich beim Aufbau der Infrastruktur unterstützen. Aber da ist eben immer die Frage: Kann ich auf das Know-how zurückgreifen? Weil das ist meine Erfahrung nach, der größte Tod den Unternehmen sterben, die zu schnell sagen: "Ich musste in Microservices rein" und die an ihrer Infrastruktur und der Komplexität der Architektur zu viel Zeit verlieren und im Gegensatz zu einem Mitbewerber nicht so schnell iterieren können.

E: Okay, also gibt es keinen festen Zeitpunkt und es ist eher eine Entscheidung aus der Expertise des CTO?

R: Ja, ich würde gar nicht sagen, dass es zwingend von der Expertise des CTO abhängt. Dazu gehörte auch die Strategie der Firma, sowie die Ausrichtung der Produkte und folgende Fragen: Welche Ziele hat das Unternehmen? Welche Ziele hat zum Beispiel der Sales-Bereich? Möchte dieser in neue Märkte expandieren, heißt das unter Umständen, dass es mit unterschiedlichen Skalierungseffekten rechnen muss.

R: Also wir haben unterschiedliche Lastszenarien für einen Teil der Applikation, sagen wir mal Deutschland, versus Indien zum Beispiel. Oder gibt es, auch wieder am selben Beispiel genommen, Latenzprobleme, die auftreten da man sagt: "Alles wird an einer Stelle gespeichert." Dann habe ich das Problem, dass für den indischen Kunden nicht mehr in der richtigen Geschwindigkeit bereitgestellt wird. Oder wenn ich die Applikation nach Indien verlagere, dass es für den deutschen Kunden nicht mehr richtig dargestellt wird. Gerade solche Probleme kann man natürlich durch Microservices lösen, aber es ist immer im gesamten Kontext der Firma zu sehen. Natürlich ist der CTO dabei eine treibende Kraft. Es ist die Person mit der Expertise, aber es steht und fällt immer mit der Ausrichtung

des Geschäfts bzw. mit dem Rest Unternehmens. So macht es keinen Sinn, wenn ich jetzt sage, ich fange an, irgendwelche Komponenten raus zu brechen, wenn absehbar ist, dass am Ende des Jahres auf diesen Part kein Fokus mehr gelegt wird.

R: So beispielsweise wenn ich jetzt eine Komponente der Anwendung auf Konsumenten auslege, und es absehbar ist, dass ab nächstem Jahr sich hauptsächlich auf Unternehmenskunden konzentriert wird. Dann würde ich nicht sagen, dass das eine sinnvolle Entscheidung ist. Auch wenn es aus dem rein architektonischen Ansatz Sinn ergibt.

E: Ja, da gehe ich absolut mit. Weil du einmal die Unabhängigkeit von Teams angesprochen hast würde ich gerne auf Frage zwei eingehen.

E: Microservices ermöglichen es Teams, unabhängig voneinander an unterschiedlichen Services zu arbeiten. Welche Rahmenbedingungen sehen Sie als notwendig, dass Teams separat voneinander arbeiten kann?

R: Gute Frage, ich wäre da ein bisschen vorsichtig. Unabhängig voneinander arbeiten, Ja. Unterschiedlich, ich würde es eher sagen in unterschiedlich schnellen Iterationsschritten. Auch diese Teams gehören zu einem Unternehmen. Diese Teams tragen zu einem Gesamtunternehmen bei, das heißt unabhängig voneinander sind sie nie. Also ja, es kann sein, dass ein Service mal nicht mit einem anderen Microservice redet, aber in der Regel ist das ja das große Feature von Microservices, dass ich Microservices über definierte Schnittstellen miteinander verbinden kann.

R: Welche Rahmenbedingungen notwendig sind? Also die Teams müssen auf der einen Seite so interdisziplinär aufgestellt sein, dass sie wirklich unabhängig voneinander arbeiten können. Einfach skill technisch. Ich brauche jemanden, der sich um Infrastruktur, Softwareentwicklung und Qualität kümmern kann.

R: Ich denke, es macht nur dann Sinn, wenn Microservices einen ganz klaren eigenen Fokus haben, Das heißt wenn die Schnittstelle oder die Schnittmenge zwischen den Microservices in der Regel sehr klein ist. Das heißt, jeder kann in seinem Microservice Entscheidungen und Aussagen treffen, ohne abhängig von anderen Person zu sein.

R: Also für diese Business Domänen natürlich.

E: Ja.

R: Also wenn ich mit Daten aus anderen Microservices arbeite, ist es natürlich klar, dass ich eine Schnittstelle von dem anderen Team brauche, durch welche ich mir die entsprechenden Daten hier hole. Aber innerhalb meiner Business Domäne, muss ich der Owner sein, ohne Abhängigkeit zu einem anderen Team zu haben.

E: Okay, wie wertest du, dass Teams eigene Entscheidungen treffen können?

R: Das Team muss Owner von dieser Business Domänen sein, sonst macht es keinen Sinn.

R: Wie der Entscheidungsfindungsprozess ist, ist sehr unterschiedlich und hat mit der Softwareentwicklung eigentlich wenig zu tun. Es gibt Teams, die funktionieren hervorragend mit Wasserfallplanung. Es gibt Teams, die funktionieren hervorragend agile. Es gibt Teams, die funktionieren hervorragend mit irgendwas dazwischen und es gibt genauso viele Teams, die scheitern bei jeder dieser Arten.

R: Das ist glaube ich einfach sinnvoll zu gucken, dass die Firmen bzw. die Teams entsprechend des Projektmanagements richtig aufgestellt ist. Was heißt natürlich, dass sie über ihre Domäne selber entscheiden. Ob das aber das Team aus Softwareentwicklern selbst ist, oder ob es ein Produktowner an die Seite gestellt bekommen, ist glaube ich eine Sache der Aufstellung und irrelevant für die Architektur.

R: Also man kann das genauso gut in den Sand setzen, wenn ein Team mit einem Monolithen fremdbestimmt durch andere Business Owner arbeitet. Das kann bei einem Monolithen genauso schief gehen wie bei Microservices.

E: Du hattest einmal eine technische Anforderung mit angerissen. Da würde ich jetzt in Frage Drei gerne detaillierter eingehen wollen.

E: Gibt es in deinen Augen irgendwelche technischen Anforderungen, die PluraPolit erfüllen sollte, bevor es die Softwarearchitektur von einer monolithen Architektur zu einer Microservicearchitektur umstellt?

R: Auf der rein technischen Ebene würde ich die heutzutage geltende Best Practices als Anforderung sehen. Es sollten immer automatische Tests, sowie ein automatischer Integration- und Deployment-Prozess vorhanden sein und funktionieren. Des Weiteren sollte hinten raus ein vernünftiges Monitoring gegeben sein.

R: Man kann so weit gehen, dass es ein separates infrastruktur Team gibt, welches wiederum von Unternehmen abhängt. Je nachdem würde ich dann dazu raten, dass es ein automatisches Konfigurationsmanagement gibt. Das heißt, dass ich automatisch Infrastruktur ausrollen, bzw. ändern und replizieren kann.

R: Also ich denke die technischen Anforderungen sind, dass das was man in IT schon immer gesagt hat: "Automatisierung, Automatisierung, Automatisierung."

R: Das heißt je mehr unabhängige skalierung ich vornehmen möchte, desto mehr brauche ich eine Dokumentation in Programmcode: In automatisierten Prozessen, die das ermöglichen. Weil sonst verliert man eben wieder diese ganze Zeit beim Aussetzen des Systems, beim finden von Fehler, beim mündlichen Weitergeben von irgendwelchen Besonderheiten.

R: Monitoring ist das A und O. Das heißt mit Anstieg der Komplexität, muss ich sicher sein, dass ich auch diese Komplexität hinreichend überblicken kann.

E: Ja, okay. Sind deiner Meinung nach innerhalb einer Microservicearchitektur Sicherheit und Datengeschwindigkeit besonders wichtig?

R: Sicherheit gehört für mich zu den Grundvoraussetzungen. Egal über welche Architektur wir reden. Das ist auch wieder eine Sache, die hat für mich nichts mit Architektur zu tun. Ich möchte die Infrastruktur eines Monolithen genauso sicher haben wie bei meinem Microservices.

R: Davon losgelöst wenn man darüber nachdenkt, dass es vielleicht mehr als ein und hat zwei Anwendungen erstellt werden, dann kommen Aspekte wie Betriebssicherheit dazu. Also welche LSAs, bzw. welche Garantien geben sich Anwendungen, nicht nur für Schnittstellenkonformität, auf der einen Seite, sondern auch für Uptime, Erreichbarkeit und Geschwindigkeit. Sprich wie viele Requests kann ich machen bevor irgendwelche Lastspitzen erreicht werden. Habe ich die Möglichkeit, mit einem exponential backoff auch Request zurückzunehmen oder zu sagen: "Du darfst jetzt erstmal nicht mehr mit mir reden", ohne das ganze System auseinander bricht? Das sind Dinge, die ich nicht mehr unter Sicherheit sehe, sondern eher als Betriebssicherheit zähle. Auch stellt sich die Frage ob Services untereinander so abgestimmt, dass eine Team, im Zweifel weiß das nur 1000 Requests pro Sekunde auf ein anderen Service gesendet werden darf und danach vielleicht ein Fehlercode kurz bekommt. Sind diese Überlastungssicherheitsmaßnahmen eingeführt oder nicht?

E: Das Klingt ziemlich komplex.

R: Ja, das ist der Punkt. Mit zunehmenden Anzahl an Applikationen steigt die Komplexität, weil jeder untereinander miteinander redet.

R: Auch muss man sich immer vergewissern, dass trotz einer schnellen Iteration, innerhalb meines Services, mich das nicht entbindet in meinem Ökosystem zu schauen. Wie ist den die Architektur aller Anwendungen? Was heißt das, denn wenn ich jetzt plötzlich die Datenbank mehr auslasste? Dann habe ich unter Umständen ein Impact auf 20 andere Anwendungen, die ihrerseits wiederum Kollabieren. Ja, ich kann in meinem kleinen Service sicherlich schneller iterieren, ich muss aber dafür eine verantwortliche Person haben, die im Großen auf das Gesamtsystem schaut.

E: Ok, dann würde ich jetzt die letzte Frage stellen. Mit ihrem aktuellen Wissensstand: Welche Softwarearchitektur würden Sie PluraPolit empfehlen?

R: Monolithen

E: Woran machen Sie Ihre Antwort fest?

R: Weil das Team: a) Nicht groß genug ist und b) Weil ich glaube, dass es keine separate Business Domain gibt, wo man sagt: "Die muss zwangsläufig ausgelagert werden". Moment gibt es keine, unabhängigen Teile, die ich sehe, wo es wirtschaftlich Sinn ergibt,

sie auszulagern. Microservices oder letztendlich jegliche Software ist ja kein Selbstzweck, sondern dient immer den Ertrag des Unternehmens und solange Microservices nicht den Ertrag steigern, macht es in meinen Augen keinen Sinn.

E: Das waren sehr schöne letzte Worte mit denen ich das Gespräch beende möchte und ich bedanke mich vielmals für die Zeit, die Sie sich genommen haben.

# Literaturverzeichnis

- Achleitner, Prof Dr Dr Ann-Kristin. *Definition: Start-up-Unternehmen*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/start-unternehmen-42136/version-265490> (besucht am 14.06.2020).
- Amazon Web Services (AWS) - Cloud Computing Services*. Amazon Web Services, Inc. Library Catalog: [aws.amazon.com](https://aws.amazon.com/). URL: <https://aws.amazon.com/> (besucht am 27.04.2020).
- AngularJS — Superheroic JavaScript MVW Framework*. URL: <https://angularjs.org/> (besucht am 12.06.2020).
- Asynchrone Kommunikation*. In: *Wikipedia*. Page Version ID: 187692564. 18. Apr. 2019. URL: [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Asynchrone\\_Kommunikation&oldid=187692564](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Asynchrone_Kommunikation&oldid=187692564) (besucht am 16.05.2020).
- AWS / Amazon EC2 Container & Konfigurationsmanagement*. Amazon Web Services, Inc. Library Catalog: [aws.amazon.com](https://aws.amazon.com/de/ecs/). URL: <https://aws.amazon.com/de/ecs/> (besucht am 27.04.2020).
- AWS Fargate – Container ausführen, ohne Server oder Cluster zu verwalten*. Amazon Web Services, Inc. Library Catalog: [aws.amazon.com](https://aws.amazon.com/de/fargate/). URL: <https://aws.amazon.com/de/fargate/> (besucht am 27.04.2020).
- AWS Lambda Data Processing - Datenverarbeitungsdienste*. Amazon Web Services, Inc. Library Catalog: [aws.amazon.com](https://aws.amazon.com/de/lambda/). URL: <https://aws.amazon.com/de/lambda/> (besucht am 28.04.2020).
- Balzert, Helmut. *Lehrbuch der Softwaretechnik: Entwurf, Implementierung, Installation und Betrieb*. Google-Books-ID: UqYuBAAAQBAJ. Springer-Verlag, 13. Sep. 2011. 593 S. ISBN: 978-3-8274-2246-0.
- Baron, Joe, Hisham Baz und Tim Bixler. *AWS Certified Solutions Architect Official Study Guide: Associate Exam (Aws Certified Solutions Architect Official: Associate Exam)*. 1. Aufl. Sybex, 2016. 435 S. ISBN: 978-1-119-13855-6. URL: <https://www.amazon.com/gp/offer-listing/1119138558/?tag=wwwcampusboocom587-20&condition=used> (besucht am 27.04.2020).
- Brooks, Frederick P. *The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering, Anniversary Edition (eBook)*. 2 edition. Addison-Wesley Professional, 2. Aug. 1995. 336 S.
- Buxton, JN und B Randell. „Software Engineering Techniques: Report on a Conference sponsored by the NATO Science Committee, Rome, Italy, October 1969“. In: NATO Science Committee, 1970.
- Clements, Paul. *Comparing the SEI's Views and Beyond Approach for Documenting Software Architecture with ANSI-IEEE 1471-2000*. Fort Belvoir, VA: Defense Technical In-

- formation Center, 1. Juli 2005. DOI: 10.21236/ADA441291. URL: <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA441291> (besucht am 25.05.2020).
- Clements, Paul u. a. *Documenting Software Architectures: Views and Beyond*. 2 edition. Addison-Wesley Professional, 5. Okt. 2010. 592 S.
- Croll, Alistair und Benjamin Yoskovitz. *Lean Analytics: Use Data to Build a Better Startup Faster*. 1 edition. O'Reilly Media, 8. März 2013. 556 S. ISBN: 978-1-4493-3567-0.
- Dragoni, Nicola u. a. „Microservices: Yesterday, Today, and Tomorrow“. In: *Present and Ulterior Software Engineering*. Hrsg. von Manuel Mazzara und Bertrand Meyer. Cham: Springer International Publishing, 2017, S. 195–216. ISBN: 978-3-319-67425-4. DOI: 10.1007/978-3-319-67425-4\_12. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_12) (besucht am 23.04.2020).
- Duden | *Monolith* | *Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft*. In: Library Catalog: [www.duden.de](http://www.duden.de). URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Monolith> (besucht am 16.05.2020).
- DWDS – *Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache*. In: DWDS. Library Catalog: [www.dwds.de](http://www.dwds.de). URL: <https://www.dwds.de/wb/Monolith> (besucht am 16.05.2020).
- Endres, Albert und Dieter Rombach. *A Handbook of Software and Systems Engineering: Empirical Observations, Laws and Theories: A Handbook of Observations, Laws and Theories*. 1. Aufl. Addison Wesley Pub Co Inc, 13. März 2003. 352 S. ISBN: 978-0-321-15420-0.
- Evans, Eric. *Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software*. 1 edition. Addison-Wesley Professional, 22. Aug. 2003. 563 S. ISBN: 978-0-321-12521-7.
- Features • GitHub Actions*. GitHub. Library Catalog: [github.com](https://github.com/features/actions). URL: <https://github.com/features/actions> (besucht am 27.04.2020).
- Fielding, Roy Thomas. „Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures“. Diss. UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 2000. 180 S. URL: [https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding\\_dissertation.pdf](https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf).
- Fowler, Martin. *Martin Fowler: BoundedContext*. [martinfowler.com](http://martinfowler.com). Library Catalog: [martinfowler.com](http://martinfowler.com). 15. Jan. 2014. URL: <https://martinfowler.com/bliki/BoundedContext.html> (besucht am 13.06.2020).
- *Who needs an Architect?* design. Aug. 2003. URL: <https://martinfowler.com/ieeeSoftware/whoNeedsArchitect.pdf>.
- GraphQL: A query language for APIs*. Library Catalog: [graphql.org](http://graphql.org). URL: <http://graphql.org/> (besucht am 15.06.2020).
- gRPC*. gRPC. Library Catalog: [grpc.io](https://grpc.io). URL: <https://grpc.io/> (besucht am 15.06.2020).
- Hartl, Michael. *Ruby on Rails Tutorial: Learn Web Development with Rails (eBook)*. 4 edition. Addison-Wesley Professional, 17. Nov. 2016. 806 S.



- Hilliard, Rich. *ISO/IEC/IEEE 42010 Homepage*. ISO/IEC/IEEE 42010 Homepage. Library Catalog: [www.iso-architecture.org](http://www.iso-architecture.org/42010/). URL: <http://www.iso-architecture.org/42010/> (besucht am 06.05.2020).
- Leach, Paul J. u. a. *Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1*. Library Catalog: [tools.ietf.org](https://tools.ietf.org/html/rfc2616). 12. Mai 2020. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc2616> (besucht am 12.05.2020).
- Maurya, Ash. *Running Lean: Iterate from Plan A to a Plan That Works*. 2 edition. O'Reilly Media, 24. Feb. 2012. 240 S. ISBN: 978-1-4493-0517-8.
- Mullins, John und Randy Komisar. *Getting to Plan B: Breaking Through to a Better Business Model*. Harvard Business Review Press, 8. Sep. 2009. 272 S.
- Newman, Sam. *Monolith to Microservices: Evolutionary Patterns to Transform Your Monolith (eBook)*. 1 edition. O'Reilly Media, 14. Nov. 2019. 272 S.
- Node.js. *Node.js*. Node.js. Library Catalog: [nodejs.org](https://nodejs.org/en/). URL: <https://nodejs.org/en/> (besucht am 28.04.2020).
- Patel, Neil. „90% Of Startups Fail: Here’s What You Need To Know About The 10%“. In: *Forbes* (16. Jan. 2015). Library Catalog: [www.forbes.com](http://www.forbes.com) Section: Entrepreneurs. URL: <https://www.forbes.com/sites/neilpatel/2015/01/16/90-of-startups-will-fail-heres-what-you-need-to-know-about-the-10/> (besucht am 14.06.2020).
- PostgreSQL: The world’s most advanced open source database*. URL: <https://www.postgresql.org/> (besucht am 27.04.2020).
- React – Eine JavaScript Bibliothek zum Erstellen von Benutzeroberflächen*. Library Catalog: [de.reactjs.org](https://de.reactjs.org/). URL: <https://de.reactjs.org/> (besucht am 27.04.2020).
- Rodgers, Peter. *Service-Oriented Development on NetKernel- Patterns, Processes & Products to Reduce System Complexity | CloudEXPO*. Mai 2018. URL: <https://web.archive.org/web/20180520124343/http://www.cloudcomputingexpo.com/node/80883> (besucht am 23.04.2020).
- Ruby on Rails*. Ruby on Rails. Library Catalog: [rubyonrails.org](https://rubyonrails.org/). URL: <https://rubyonrails.org/> (besucht am 27.04.2020).
- Ruby on Rails Doctrine*. Ruby on Rails. Library Catalog: [rubyonrails.org](https://rubyonrails.org/doctrine/). URL: <https://rubyonrails.org/doctrine/> (besucht am 18.05.2020).
- Single-Page-Webanwendung*. In: *Wikipedia*. Page Version ID: 185777481. 17. Feb. 2019. URL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Single-Page-Webanwendung&oldid=185777481> (besucht am 12.06.2020).
- Starke, Gernot. *Effektive Softwarearchitekturen (eBook)*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 7. Juli 2015. 458 S. ISBN: 978-3-446-44361-7. DOI: 10.3139/9783446444065. URL: <https://www.hanser-elibrary.com/doi/book/10.3139/9783446444065> (besucht am 06.05.2020).
- Start-up-Unternehmen*. In: *Wikipedia*. Page Version ID: 197628824. 10. März 2020. URL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Start-up-Unternehmen&oldid=197628824> (besucht am 14.06.2020).

- Stephens, Rod. *Beginning Software Engineering*. Google-Books-ID: SyHWBgAAQBAJ. John Wiley & Sons, 2. März 2015. 482 S. ISBN: 978-1-118-96916-8.
- Synchrone Kommunikation*. In: *Wikipedia*. Page Version ID: 182185824. 27. Okt. 2018. URL: [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Synchrone\\_Kommunikation&oldid=182185824](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Synchrone_Kommunikation&oldid=182185824) (besucht am 16.05.2020).
- Tanenbaum, Andrew S. und Maarten van Steen. *Verteilte Systeme: Prinzipien und Paradigmen*. 2 edition. Pearson Studium, 1. Nov. 2007. 760 S.
- Tate, Bruce A. *Sieben Wochen, sieben Sprachen*. 1 edition. Beijing: O'Reilly Verlag GmbH & Co. KG, 1. Juni 2011. 360 S. ISBN: 978-3-89721-322-7.
- What is a Container? / App Containerization / Docker*. Library Catalog: [www.docker.com](http://www.docker.com). URL: <https://www.docker.com/resources/what-container> (besucht am 27.04.2020).
- Wolff, Eberhard. *Microservices: Grundlagen flexibler Softwarearchitekturen (eBook)*. 2 edition. dpunkt.verlag, 25. Juli 2018. 384 S.

## Abbildungsverzeichnis

1.	Kommunikation zwischen Controller und Model . . . . .	9
2.	Kommunikation zwischen View und Model . . . . .	9
3.	Darstellung des Model-View-Controller-Ansatz . . . . .	14

## Erklärung der Urheberschaft

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form in keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift