

# Clientseitige Webframeworks wie Angular, ReactJS und OpenUI5

## Seminararbeit

für die Prüfung zum

**Bachelor of Science (B.Sc.)**

des Studiengangs Wirtschaftsinformatik

an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe

**Verfasser**

Sebastian Greulich, Fabio Krämer

**Kurs**

WWI16B2

**Wissenschaftlicher Betreuer**

Prof. Dr. Ratz, Dietmar

Prof. Dr. Pohl, Philipp

Schulmeister-Zimolong, Dennis

**Abgabe**

07.01.2019

# Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich meine Seminararbeit mit dem Thema: „*Clientseitige Webframeworks wie Angular, ReactJS und OpenUI5*“ selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Karlsruhe, 07.01.2019

---

Sebastian Greulich, Fabio Krämer

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Listings</b>	<b>VI</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Projektumfeld . . . . .	1
1.2. Aufbau . . . . .	1
<b>2. Grundlagen</b>	<b>2</b>
2.1. Webframeworks . . . . .	2
2.1.1. Allgemeines . . . . .	2
2.1.2. Vor- und Nachteile von Webframeworks . . . . .	2
2.1.3. Black-Box- und White-Box-Webframeworks . . . . .	4
2.2. Webarchitekturen . . . . .	4
2.2.1. MVC-Modell . . . . .	4
2.2.2. Single-Page-Applications . . . . .	5
2.2.3. Websockets . . . . .	5
2.3. JavaScript . . . . .	6
2.3.1. Der Sprachstandard ECMAScript . . . . .	6
2.3.2. Die Obermenge TypeScript . . . . .	7
2.3.3. Die Erweiterung JSX . . . . .	8
2.3.4. Zur Entwicklung benötigte Software oder Tools . . . . .	9
2.4. Zur Entwicklung benötigte Tools . . . . .	9
<b>3. Angular</b>	<b>11</b>
3.1. Allgemein . . . . .	11
3.1.1. Einführung in das Framework . . . . .	11
3.1.2. Vorbereitung der Entwicklungsumgebung . . . . .	11
3.2. Architektur . . . . .	13
3.2.1. Angular-Module . . . . .	13
3.2.2. Komponenten . . . . .	14
3.2.3. Templates . . . . .	15
3.2.4. Services . . . . .	17
3.3. Verwendung . . . . .	18
<b>4. ReactJS</b>	<b>19</b>
4.1. Allgemein . . . . .	19
4.1.1. Einführung in das Framework . . . . .	19
4.1.2. Vorbereitung der Entwicklungsumgebung . . . . .	19

4.2. Architektur . . . . .	20
4.2.1. Das Wurzelement . . . . .	20
4.2.2. Komponenten . . . . .	21
4.2.3. Rendern von Komponenten . . . . .	23
4.3. Verwendung . . . . .	25
<b>5. OpenUI5</b>	<b>26</b>
5.1. Allgemeines . . . . .	26
5.2. Architektur . . . . .	26
5.3. Verwendung . . . . .	29
<b>6. Resümee</b>	<b>30</b>
6.1. Vergleichende Betrachtung . . . . .	30
6.2. Empfehlung für das Projekt . . . . .	31
<b>7. Fazit</b>	<b>33</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>34</b>

# **Abkürzungsverzeichnis**

# Abbildungsverzeichnis

1.	Beziehung zwischen ECMAScript und TypeScript . . . . .	8
2.	Umsetzung des MVC-Musters in Angular . . . . .	11
3.	Screenshot Angular-Beispielanwendung . . . . .	13
4.	Lebenszyklus einer React-Komponente . . . . .	24

# Listings

2.1. Eine Klasse Person wird von einem Modul bereitgestellt . . . . .	7
2.2. Beispiel für die Verwendung von JSX . . . . .	9
3.1. Das Root-Module in der Datei app.module.ts . . . . .	14
3.2. Die Komponente AppComponent in der Datei app.component.ts . . .	15
3.3. Die Komponente HelloComponent in der Datei hello.component.ts . .	15
3.4. Das Template in der Datei app.component.html . . . . .	17
4.1. Beispiel React-Anwendung: HTML-Datei . . . . .	20
4.2. Beispiel React-Anwendung: Aufruf der Render-Methode . . . . .	21
4.3. Beispiel React-Anwendung: Die Komponente Hello . . . . .	21
5.1. Beispiel für das Einbinden von OpenUI5 . . . . .	26
5.2. Beispiel OpenUI5 View . . . . .	28
5.3. Beispiel OpenUI5 Controller . . . . .	28

# 1. Einleitung

## 1.1. Projektumfeld

Im Zuge des Projektes „Stochastische Unternehmensbewertung mittels Methoden der Zeitreihenanalyse“, kurz SUMZ, soll die Software „business horizon“ weiterentwickelt werden. Mit dieser Anwendung soll es möglich werden, auf Basis von betriebswirtschaftlichen Daten den zukünftigen Unternehmenswert zu bewerten. In „business horizon“ wird momentan das Webfrontendframework AngularJS verwendet. Diese Seminararbeit soll in einem Vergleich mit ReactJS und OpenUI5 bewerten, ob AngularJS aus verschiedenen Gesichtspunkten die passendste Oberflächentechnologie für das Projekt darstellt. Im Zuge dieser wissenschaftlichen Arbeit soll eine Handlungsempfehlung für das zukünftige Webfrontendframework ausgesprochen werden.

## 1.2. Aufbau

Im folgenden Kapitel „Webframeworks“ sollen die technischen Grundlagen zum Verständnis der zu vergleichenden Technologien gelegt werden. Hierbei wird beispielsweise auf die verwendeten Programmiersprachen JavaScript und TypeScript, aber auch auf verschiedene Möglichkeiten zur Quellcodestrukturierung eingegangen.

Im weiteren Verlauf der vorliegenden Seminararbeit werden die einzelnen clientseitigen Webframeworks AngularJS, ReactJS und OpenUI5 beschrieben. In den Beschreibungen werden die allgemeinen Rahmenbedingungen der einzelnen Frameworks dargelegt. Diese bilden beispielsweise die verwendete Lizenz oder auch die Browserkompatibilität. Darüber hinaus wird in jeder Beschreibung die Architektur des Frameworks beleuchtet. Hierzu gehören sowohl die notwendigen Dateikomponenten, als auch das Definieren und Reagieren auf Events. Zum Abschluss jeder Beschreibung wird auf die möglichen Einsatzgebiete der Technologien eingegangen.

Nach den detaillierten Beschreibungen der Webframeworks wird in Kapitel „xy“ erörtert, welche Technologie sich am besten zur Verwendung in „business horizon“ eignet.



## 2. Grundlagen

### 2.1. Webframeworks

#### 2.1.1. Allgemeines

Webframeworks bilden heutzutage oft die Rahmenstruktur für Oberflächenentwicklungen. Sie sind eine Sammlung von Methoden, welche Funktionalitäten durch einen Methodenaufruf ermöglichen und somit die Struktur der Oberflächen bestimmen. Webframeworks haben sich aufgrund ihrer einfachen Implementierung etabliert. Mit dem Einsatz von Webframeworks muss der Entwickler nicht Experte in jedem Teilgebiet seiner Entwicklung sein, sondern kann schon vorgefertigte und getestete Elemente übernehmen und die spezielle Funktionalität nutzen. Beispielsweise nimmt das Weboberflächenframework Bootstrap dem Entwickler ab, sich um die Implementierung responsiven Fähigkeiten einer Webanwendung zu kümmern.(Schatten2010) (best practice SE)

Ein Webframework nutzt hierbei ein Grundprinzip der Informatik: die Wiederverwendung. Bei der Wiederverwendung wird vermieden redundanten Quellcode zu schreiben. Dies bietet zahlreiche Vorteile. Zum einen muss sich der Entwickler nicht mehrmals die gleichen Gedanken zur Problemlösung machen, zum anderen muss der Entwickler bei einem gefundenen Fehler nur an einer zentralen Stelle und nicht bei jeder Verwendung nachbessern.(Woiwode.2018)

#### 2.1.2. Vor- und Nachteile von Webframeworks

Zum Abschluss des Kapitels „Webframeworks“ werden einige Vor- und Nachteile bei der Verwendung dieser kritisch betrachtet.

Zuerst werden auf die Nachteile bei der Verwendung von Webframeworks eingegangen:

Jedes Framework hat einen hohen Grad an **Komplexität**. Dieser ist notwendig, um verschiedensten, teils komplexen Anforderungen gerecht zu werden. Doch auch der Anwender muss die Funktionsweise des Frameworks zumindest teilweise verstanden haben um es effizient in seiner Entwicklung einsetzen zu können.

## 2. Grundlagen

Bei der Nutzung eines Frameworks ergeben sich zwangsläufig **Anhängigkeiten** von diesem. Dies führt dazu, dass der Entwickler sich an eine bestimmte vorgegebene Architektur halten muss. Darüber hinaus muss der Frameworknutzer darauf vertrauen, dass der Frameworkentwickler seine Software ausreichend testet bevor er es an die Nutzer verteilt. Sonst ist die Funktionalität nicht gewährleistet.

Viele Frameworks (oft im Open-Source-Umfeld) leiden oft an **mangelnder Dokumentation**. Dies macht es dem Entwickler schwer, sich in das Framework einzuarbeiten und es von Beginn an effizient zu nutzen.

Sowohl die Komplexität als auch die Abhängigkeit können auf der einen Seite als Nachteil gesehen werden. Jedoch auf der anderen Seite kann durch das umfangreiche Funktionsangebot sehr viel Zeit und Aufwand gespart werden.

Ein Framework wird normalerweise im objektorientierten Umfeld genutzt. Somit gibt es dem Entwickler schon ein bestimmtes **Architekturmuster** vor und er ist gezwungen seine Webanwendung modular aufzubauen.

Aufgrund der Generik eines Webframeworks ist es möglich, dieses für viele verschiedene Anwendungsfälle **wiederverwenden**. Damit spart sich der Entwickler wertvolle Zeit und Aufwand.

Webframeworks sind auf **Erweiterbarkeit** ausgelegt. Man kann den Quellcode jedes Frameworks untersuchen sowie beliebig verändern und erweitern. Dies bietet den Vorteil, wenn man als Entwickler einen anderen Datentyp benötigt oder in eine Funktion einen weiteren Parameter hinzufügen möchte kann man einfach das Framework an die speziellen Bedürfnisse anpassen.

Durch **Inversion of Control** bleibt der Kontrollfluss auf Seiten des Frameworks. Somit wird die Steuerung zur Ausführung bestimmter Unterprogramme an das Framework abgegeben und der Entwickler kann sich voll und ganz auf die Implementierung seiner Geschäftslogik konzentrieren.

Zuletzt ist der Vorteil durch **Standardisierung** anzuführen. Bestimmte Frameworks haben sich in ihrem Umfeld zum Standard entwickelt. Ein gutes Beispiel hierfür ist das PHP-Framework „Medoo“, es bildet den Open-Source-Standard bei SQL-Datenbankzugriffen über PHP. Die Framework Standardisierung verkürzt die Einarbeitungszeit von Entwicklern in diesem Umfeld, da die aufkommenden Probleme immer auf dieselbe Weise gelöst werden können.(Schatten2010)

### 2.1.3. Black-Box- und White-Box-Webframeworks

Bei Frameworks unterscheidet man zwischen Black-Box- und White-Box-Frameworks. Bei einem Black-Box-Frameworks ist der Entwickler gezwungen sich auf vorgefertigte Methoden zu verlassen. Er kann das Framework nur einbinden aber keine logischen Veränderungen daran vornehmen. Bei einem **White-Box-Framework** stehen im Gegensatz dazu oftmals nur abstrakte oder leere Methoden zur Verfügung. Diese Methodenhüllen muss der Entwickler nun in seiner Software mit Inhalt füllen. Bei einem Vergleich dieser beiden Frameworkarten lässt sich feststellen, dass der Entwickler bei einem White-Box-Framework dieses im Ganzen verstanden haben muss um die Lücken mit seinem speziellen anwendungsfallspezifischen Code zu füllen. Wohingegen das **Black-Box-Framework** eine Standardlösung darstellt, welche sich nicht näher auf den speziellen Anwendungsfall anpassen lässt, aber dafür nur eine geringe Einarbeitungszeit seitens des Entwicklers fordert.(Kojarski2006)

## 2.2. Webarchitekturen

### 2.2.1. MVC-Modell

Das Entwurfsmuster MVC stammt ursprünglich aus den 1970er Jahren. Es wurde ursprünglich für Desktopanwendungen entwickelt, wird nun aber auch sowohl im Web, als auch bei mobilen Anwendungen verwendet. Die Idee hinter dem MVC-Konzept ist die Trennung von Bestandteilen einer Anwendung in jeweils eigene Verantwortlichkeiten. Diese Verantwortlichkeiten werden im Vorhinein in der Definition geregelt. Somit erreicht man voneinander unabhängige Komponenten, welche eigenständig und austauschbar sind. Mit dem MVC-Konzept vermeidet man darüber hinaus eine Vermischung von Aufgaben und der damit verbundenen Logik. In älterer Software befinden sich das Model und der Controller typischerweise auf dem Server, jedoch bei neueren Entwicklungen werden diese beiden Komponenten direkt in den Browser geladen. Der Vorteil hierbei ist, dass der Internettraffic reduziert und die Performance der Anwendung erhöht wird.(Steyer2017)

Der MVC-Ansatz umfasst 3 Komponenten. Die Erste davon ist das Model. Es steht für das zu präsentierende Datenmodell einer Anwendung. Die Zweite Komponente stellt die View dar. Sie ist für die Präsentation der im Model enthaltenen Daten zuständig. In den Verantwortungsbereich der View fällt außerdem das Anzeigen von Benutzerinteraktionsmöglichkeiten wie beispielsweise ein Button. Die letzte Komponente bildet der Controller. Er bildet die Steuerungseinheit der Anwendung

und kümmert sich um die Logik einer Applikation. Zu seinen Aufgaben gehört die Vermittlung zwischen dem Model und der View sowie der Interaktion mit dem Benutzer. Der Controller muss sicherstellen, dass alle Anpassungen in der View konsistent auf das Datenmodell angewandt werden.(Magnucki2017)

### 2.2.2. Single-Page-Applications

Bei dem zuvor beschriebenen MVC-Modell dient der Browser lediglich als einfaches Anzeigeprogramm. Bei jeder Interaktion wird eine Nachricht an den Server geschickt und es wird eine neue Webseite als Antwort zurückgesendet. Früher war dies aufgrund von langsamen Browsern die einzige Möglichkeit, auf Benutzereingaben zu reagieren. Im Laufe der Zeit wurden die Webbrowser immer performanter und damit wurde es komfortabel möglich, mittels JavaScript die Webseite ohne den Server zu verändern.

Um das Jahr 2005 fing die Technologie AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) an, sich als Webkommunikationsstandard zu etablieren. Hierbei war die Technik, die AJAX zu Grunde liegt nicht neu, denn es ist lediglich eine Kombination bestehender Technologien mit einer XMLHttpRequest. Durch AJAX wurde es somit möglich, asynchrone Anfragen an den Webserver zu senden und die erhaltenen Daten in die bereits geöffnete Webseite zu integrieren. Nun war die Single-Page-Application geboren, denn das Grundgerüst der Webseite bei dieser Technik nur beim initialen Aufruf geladen werden. Heutzutage nutzen fast alle Webframeworks die AJAX-Technik um die Ladezeiten der Webseiten zu verkürzen, falls nur eine kleine Änderung vorliegt. Ein weiterer Vorteil ergibt sich darüber hinaus durch die Asynchronität, denn falls eine schlechte Internetverbindung vorliegt zeigt der Browser während der Ladezeit nicht eine weiße Ladeseite sondern der Benutzer kann die Webinhalte weiter konsumieren.(Fink2014Jaeger2008)

### 2.2.3. Websockets

Mit den bisher beschriebenen Technologien musste der Client immer eine Anfrage an den Server schicken, doch bei bestimmten Anwendungsfällen ist eine persistente und bidirektionale Verbindung zum Server notwendig. Beispielsweise will man bei Chat-Anwendungen oder Live-Sport-Ticker immer in Echtzeit die aktuellen Informationen bereitgestellt bekommen. Doch die bisher gängigen HTTP-Verbindungen sehen diese Art der Verbindung nicht vor. Auf ihrer Basis müsste der Benutzer die Webseite immer manuell aktualisieren. Mittels eines Websockets kann eine solche persistente Client-Server-Verbindung geöffnet werden. Ein WebSocket basiert auf einem eigenen

Protokoll, dieses muss zuerst über HTTP-Anfragen verhandelt werden. Wenn Client und Server der Verbindung zugestimmt haben, besteht zwischen den beiden Parteien ein dauerhafter „Tunnel“, über diesen können Informationen mit geringer Latenz ausgetauscht werden. Im Vergleich zu einer herkömmlichen HTTP-Verbindung wird der überflüssige Header eingespart, das führt zu weniger Internettraffic. Wenn eine der beiden Parteien die dauerhafte Verbindung trennen möchte, muss sie der Anderen eine „Close“-Nachricht senden.(**Fink2014**)

## 2.3. JavaScript

### 2.3.1. Der Sprachstandard ECMAScript

ECMAScript spezifiziert den Sprachstandard von JavaScript. Dieser wird seit dem Jahr 1997 Jahren von der European Computer Manufactures Association (kurz: ECMA) weiterentwickelt. Zunächst wurden die Versionen durchnummeriert (ES1, ES2, ES3, ES4, und ES5). Im Jahre 2015 wurde beschlossen, dass jährlich eine neue Version von ECMAScript erscheinen soll. Daher tragen die nachfolgenden Versionen das Veröffentlichungsjahr im Namen (ECMAScript2015, ECMAScript2016, ECMAScript2017, ECMAScript2018, ...).

Die neusten Browser unterstützen meist den aktuellsten ECMAScript Sprachstandard. Allerdings verwendet nicht jeder Benutzer einen neuen Browser. Um die Kompatibilität einer Webanwendung zu gewährleisten, muss der Code in eine von den meisten Browsern unterstützte Version transpiliert werden.(**Woiwode.2018Terlson.2018Steyer.2017**)

Im Folgenden wird auf die, für die in [Kapitel 3,4](#) und [5](#) vorgestellten Frameworks, relevantesten Sprachfeatures eingegangen.

In ECMAScript2015 wurden die Variablentypen `let` zur Eingrenzung des Geltungsbereichs einer Variable und `const` zur Deklaration einer Konstanten eingeführt. Zudem können seit ECMAScript2015 auch Klassen und Module in JavaScript definiert werden. Eine Klasse kann mehrere Eigenschaften und Methoden enthalten. Zudem können Klassen voneinander erben.

Jede Datei ist ein eigenes Modul. Module fassen zusammengehörige Codeeinheiten zusammen und können Interfaces, Klassen oder Variablen bereitstellen, die wiederum von anderen Modulen verwendet werden können.(**Woiwode.2018Steyer.2017**)

Das Modul in [Listing 2.1](#) stellt eine Klasse `Person` zur Verfügung. Diese Klasse hat einen Konstruktor und eine Instanzmethode `altere`, die die Person um ein weiteres Jahr altern lässt.

```
1 export class Person{
2   private name    : string;
3   private alter   : number;
4
5   constructor(name: string, alter: number){
6     this.name = name;
7     this.alter = alter;
8   }
9
10  altere(): number{
11    alter = alter + 1;
12    return alter;
13  }
14 }
```

Listing 2.1: Eine Klasse `Person` wird von einem Modul bereitgestellt

Seit ECMAScript2017 können Dekoratoren für die Angabe von Metainformationen zu einer Klasse verwendet werden. Dies wird beispielsweise von dem in [Kapitel 3](#) vorgestellten Framework Angular zur Kennzeichnung und Konfiguration der unterschiedlichen Bestandteile verwendet. ([Woiwode.2018](#))

### Object Spread Operator

### Grafik ersetzen!

## 2.3.2. Die Obermenge TypeScript

TypeScript ist eine von Anders Hejlsberg bei Microsoft entwickelte Sprache. Diese erweitert die bestehende ECMAScript Version um weitere Sprachelemente und bildet somit eine Obermenge von JavaScript (siehe [Abbildung 1](#)). Ein Transpilierer übersetzt TypeScript in JavaScript.

TypeScript ergänzt JavaScript unter anderem um ein stärkeres Typsystem. Hierdurch können Typfehler bereits zur Compilezeit erkannt und Tools zur Codeanalyse (automatische Codevervollständigung, Refactoring-Unterstützung, ...) eingesetzt werden. ([Woiwode.2018Steyer.2017Zeigermann.2016](#)) Folgende Basistypen stellt TypeScript zur Verfügung: ([Woiwode.2018Steyer.2017](#))

## 2. Grundlagen

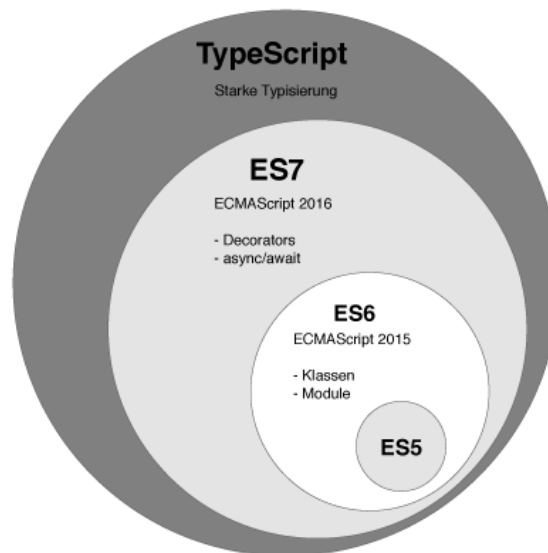


Abbildung 1.: Beziehung zwischen ECMAScript und TypeScript  
Quelle: **Woiwode.2018**

- **number**: Ganz- oder Kommazahl
- **string**: Zeichenkette
- **boolean**: Wahrheitswert
- **Array<typ>**: typisierte Arrays
- **any**: simuliert Standardverhalten von JavaScript – beliebiger Datentyp
- **Function**: Funktion

TypeScript ermöglicht die Verwendung von Interfaces. (**Woiwode.2018**)

### 2.3.3. Die Erweiterung JSX

Die Spracherweiterung JSX ermöglicht die Verwendung einer HTML ähnlichen Syntax in JavaScript. JSX wird durch einen geeigneten Transpilierer in gültiges JavaScript übersetzt. **Zeigermann.2016** empfiehlt an dieser Stelle die Verwendung des Compilers *Babel*.

Die Spracherweiterung kann zum Beispiel bei der Entwicklung mit dem Framework React eingesetzt werden. Dieses Framework verwendet zur Darstellung der Benutzeroberfläche keine Templates. Die Benutzeroberfläche wird stattdessen mit Hilfe unter Verwendung eines Templates, sondern kann JSX verwendet werden. Die Verwendung von JSX Ausdrücken anstatt JavaScript-Befehlen erleichtert diesen Vorgang. Im Folgenden werden die Grundkonzepte der Ausgabe von dynamischen

Informationen erfolgt unter Verwendung von JavaScript-Ausdrücken. Diese Ausdrücke müssen in ein paar geschweifter Klammern gepackt werden. Bedingungen können mithilfe des ternären Operatoren überprüft werden. Zur Ausgabe von Listen mit wiederholenden Elementen steht die für Arrays definierte JavaScript Methode `map` zur Verfügung.

JSX bietet zudem die Möglichkeit das Aussehen eines Elements über das `style`-Attribut zu verändern. Das `style`-Attribut ist ein Objekt, daher wird die CSS-Eigenschaft und der zugehörige Wert als Objekt-Literal übergeben. Zudem ist zu beachten, dass die CamelCase-Notation für die CSS-Eigenschaften verwendet werden muss. In Listing 2.2 wird die CSS-Eigenschaft `color` und `font-size` des HTML-Elements gesetzt.

Um XSS-Attacken zu verhindern, werden Strings in JSX automatisch escaped bzw. maskiert. Ein String wird demnach immer als Text interpretiert und dargestellt. (Zeigermann.2016Stefanov.2017)

```
1 const titleColor = 'red';
2 const titleFontSize = 12;
3 const helloWorld = <h1 style = {{
4   color: titleColor,
5   fontSize: titleFontSize + 'px'
6 }}> Hello, World</h1>
```

Listing 2.2: Beispiel für die Verwendung von JSX

## NodeJS

### 2.3.4. Zur Entwicklung benötigte Software oder Tools

Für die Entwicklung einer auf JavaScript basierenden Webanwendung wird unter anderem NodeJS, der Paketmanager npm und ein Modul-Loader benötigt. Da diese Tools auch bei der Verwendung der Frameworks Angular und ReactJS eine Rolle spielen, werden diese im folgenden näher erläutert.

## 2.4. Zur Entwicklung benötigte Tools

Für die Entwicklung einer auf JavaScript basierenden Webanwendung wird unter anderem NodeJS, der Paketmanager npm und ein Modul-Loader benötigt. Demnach



## 2. Grundlagen

werden diese auch bei Verwendung der Frameworks Angular und ReactJS eingesetzt. Im Folgenden werden die Tools näher erläutert.

Die JavaScript Laufzeitumgebung *NodeJS* ermöglicht unter anderem das Ausführen von JavaScript Code auf dem Server. Einige Tools, die bei der Entwicklung einer Webanwendung eingesetzt werden, verwenden NodeJS. Außerdem bietet NodeJS Pakete mit wiederverwendbarem Code, die über den integrierten Paketmanager *npm* installiert werden können. Die aktuellste Version kann von <https://nodejs.org/> heruntergeladen und installiert werden. (Steyer.2017Freeman.2018Woiwode.2018)

Wenn Java-Script Module in einer Webanwendung verwendet werden, wird ein Modul-Loader gebraucht. Dieser löst verschiedene Abhängigkeiten auf und erstellt daraus eine Ausgabedatei. Die Verwendung des Modul-Loader *Webpack* wird sowohl für Angular als auch für React Anwendungen empfohlen. *Webpack* unterstützt zudem Hot Module Replacement. Änderungen am Code werden zur Laufzeit übernommen. Dadurch muss eine Anwendung nach einer Änderung nicht komplett neu gebaut werden. (Woiwode.2018Zeigermann.2016Hlushko.2018)

# 3. Angular

## 3.1. Allgemein

### 3.1.1. Einführung in das Framework

Angular ist ein von Google verwaltetes Open Source Framework, mit dem unter anderem clientseitige Single-Page-Applikationen entwickelt werden können. Die erste Version des Angular-Frameworks hat den Namen AngularJS. Alle nachfolgenden Versionen tragen den Namen Angular, da es zwischen der ersten und zweiten Version des Frameworks grundlegende Änderungen gab.

Das Framework wird kontinuierlich weiterentwickelt. Monatlich soll eine Minor-Version und alle sechs Monate eine Major-Version erscheinen. Die aktuellste stabilste Version von Angular hat die Versionsnummer 7.1.4. (Woiwode.2018Freeman.2018)

Angular ist in der Sprache TypeScript geschrieben. Angular kann mit TypeScript, JavaScript oder Dart genutzt werden. (Woiwode.2018Steyer.2017)

Das in [Unterabschnitt 2.2.3](#) beschriebene MVC Entwurfsmuster kann in einer Angular-Anwendung umgesetzt werden. Die [Abbildung 2](#) zeigt die einzelnen Bestandteile der Anwendung. Dabei implementiert das Template die View, die Komponente den Controller und das Modell das Model. (Freeman.2018) Im weiteren Verlauf werden die Bestandteile näher beschrieben.

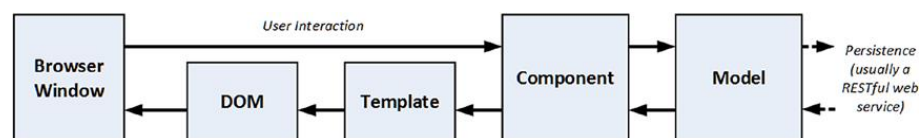


Abbildung 2.: Umsetzung des MVC-Musters in Angular

Quelle: **Freeman.2018**

### 3.1.2. Vorbereitung der Entwicklungsumgebung

Für die Entwicklung einer Angular-Anwendung wird unter anderem NodeJS, AngularCLI und eine geeignete Entwicklungsumgebung benötigt.

### 3. Angular

Die JavaScript Laufzeitumgebung *NodeJS* ermöglicht unter anderem das Ausführen von JavaScript Code auf dem Server. Einige Tools, die bei der Entwicklung einer Webanwendung eingesetzt werden, verwenden NodeJS. Außerdem bietet NodeJS Pakete mit wiederverwendbarem Code, die über den integrierten Paketmanager *npm* installiert werden können. Die aktuellste Version kann von <https://nodejs.org/> heruntergeladen und installiert werden. (Steyer.2017Freeman.2018Woiwode.2018)

Das Angular Commandline Interface (kurz: AngularCLI) unterstützt den Entwickler beim Erzeugen und Verwalten einer Angular-Anwendung. AngularCLI erzeugt unter anderem das Grundgerüst einer Angular-Anwendung und richtet den TypeScript Compiler, Werkzeuge zur Testautomatisierung und den Build-Prozess ein. Die aktuelle Version von AngularCLI kann über den Paketmanager *npm* installiert werden. (Steyer.2017Freeman.2018Woiwode.2018)

Dies ist die Struktur einer durch AngularCLI erzeugten Angular-Anwendung:

```
├ example/
|   └ src/
|       └ app/
|           -app.component.css ⇒ CSS-Datei von AppComponent
|           -app.component.html ⇒ Template von AppComponent
|           -app.component.ts ⇒ Komponente AppComponent
|           -app.module.ts ⇒ Root-Modul AppModule
|       └ assets/
|       └ environments/
|   -index.html
|   -main.ts
|   -styles.css
|   -...
|   └ node_modules/
|   └ e2e/
|   -...
```

Sowohl **Woiwode.2018** als auch **Steyer.2017** empfehlen die Verwendung der frei verfügbaren Entwicklungsumgebung Visual Studio Code. Die Entwicklungsumgebung unterstützt die Entwicklung in TypeScript und lässt sich leicht durch Plug-Ins, die die Entwicklung erleichtern sollen, erweitern. Visual Studio Code ist für Linux, Mac und Windows verfügbar und kann unter <https://code.visualstudio.com/Download> heruntergeladen werden.

## 3.2. Architektur

In diesem Kapitel werden die Grundkonzepte von Angular näher beschrieben. Darüber hinaus bietet Angular weitere Konzepte wie den Router, der Ansichten abhängig vom Zustand einer Anwendung lädt.(**Steyer.2017**) Die weiteren Konzepte werden unter anderem in **Woiwode.2018Steyer.2017** näher erläutert.

Zur Beschreibung der Grundkonzepte wird die Beispielanwendung in [Abbildung 3](#). Im Input-Feld der Anwendung kann ein Name eingegeben werden. Dieser Name wird zur Begrüßung in der Überschrift verwendet. Eine Änderung des Namens im Input-Feld bewirkt eine Veränderung des Namens in der Überschrift.

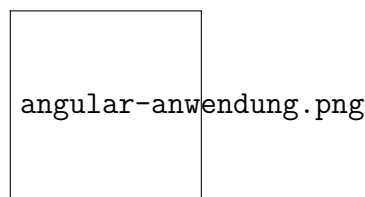


Abbildung 3.: Screenshot Angular-Beispielanwendung

### 3.2.1. Angular-Module

Ein Angular-Modul fasst zusammengehörige Codeeinheiten zusammen und ermöglicht die Strukturierung einer Anwendung. Eine Angular-Anwendung kann dabei aus mehreren Angular-Modulen bestehen. Angular-Module sind nicht mit den in [Unterabschnitt 2.3.1](#) vorgestellten JavaScript-Modulen zu verwechseln. (**Steyer.2017Woiwode.2018**) Die Module einer Angular-Anwendung können in Root-Module, Feature-Module und Shared-Module unterteilt werden.

Wenn ein Client eine auf Angular basierte Seite anfordert, dann schickt der Server den Inhalt der *index.html* als Antwort an den Client zurück. Der Client führt daraufhin die im HTML-Dokument enthaltenen Skript-Elemente aus. Dabei wird die Angular-Plattform initialisiert und das Root-Modul übergeben. Dieses Modul konfiguriert die Angular-Anwendung.(**Steyer.2017Freeman.2018**) Das Root-Modul der Beispielanwendung ist das Modul *AppModule* siehe [Listing 3.1](#).

Feature Module ermöglichen die Gruppierung einer Anwendung in Anwendungsfällen. Mithilfe von Shared-Module können die Teile einer Anwendung zusammengefasst werden, die unabhängig vom Anwendungsfall verwendet werden können. (**Freeman.2018Google.cSteyer.2017**)

### 3. Angular

Module werden im Allgemeinen durch den Dekorator *@NgModule* gekennzeichnet. Ein Modul kann verschiedene weitere Module über die Eigenschaft *import* importieren und damit die bereitgestellten Funktionalitäten verwenden. Die vom Modul verwendeten Direktiven, Komponenten und Pipes werden in der Eigenschaft *declarations* angegeben. Jedes Root-Modul muss die Eigenschaft *bootstrap* führen. Diese Eigenschaft spezifiziert die Komponente, die beim Starten der Anwendung geladen werden soll.

Das Modul *AppModule* in Listing 3.1 importiert die Module *NgModule*, *BrowserModule* und *FormsModule* und deklariert die zugehörigen Komponenten *AppComponent* und *HelloComponent*. Beim Starten der Anwendung soll die Komponente *AppComponent* aufgerufen werden.

```
1 import { NgModule } from '@angular/core';
2 import { BrowserModule } from '@angular/platform-browser';
3 import { FormsModule } from '@angular/forms';
4
5 import { AppComponent } from './app.component';
6 import { HelloComponent } from './hello.component';
7
8 @NgModule({
9   imports:      [ BrowserModule, FormsModule ],
10  declarations: [ AppComponent, HelloComponent ],
11  bootstrap:    [ AppComponent]
12 })
13 export class AppModule { }
```

Listing 3.1: Das Root-Module in der Datei app.module.ts

#### 3.2.2. Komponenten

Komponenten sind Klassen, die Daten und Logik zur Anzeige in den zugehörigen Templates bereitstellen. Diese ermöglichen die Aufteilung einer Angular-Anwendung in logisch getrennte Teile. (Freeman.2018)

Eine Komponente wird durch den Dekorator *@Component* gekennzeichnet und kann über verschiedene Dekorator-Eigenschaften konfiguriert werden. Die Eigenschaft *selector* identifiziert das HTML-Element, dass durch diese Komponente repräsentiert wird. Zur Anzeige der bereitgestellten Daten kann entweder ein Inline-Template *template* definiert oder auf ein externes Template *templateUrl* verwiesen werden. (Google.bFreeman.2018Steyer.2017)

### 3. Angular

Die Beispielanwendung enthält die Komponenten *AppComponent* (siehe Listing 3.2) und *HelloComponent* (siehe Listing 3.3).

```
1 import { Component } from '@angular/core';
2
3 @Component({
4   selector: 'my-app',
5   templateUrl: './app.component.html',
6   styleUrls: [ './app.component.css' ]
7 })
8 export class AppComponent {
9   name: string;
10 }
```

Listing 3.2: Die Komponente AppComponent in der Datei app.component.ts

```
1 import { Component, Input } from '@angular/core';
2
3 @Component({
4   selector: 'hello',
5   template: '<h1>Hello {{name}}!</h1>',
6   styles: ['h1 { font-family: Lato; }']
7 })
8 export class HelloComponent {
9   @Input() name: string;
10 }
```

Listing 3.3: Die Komponente HelloComponent in der Datei hello.component.ts

#### 3.2.3. Templates

Zur Darstellung von Komponenten nutzt Angular Templates. Ein Template besteht aus HTML Code, der um Angular spezifische Konzepte wie Direktiven, Datenbindungsausdrücke und Pipes erweitert wird. (Google.bSteyer.2017)

Mit Direktiven kann einem Element zusätzliches Verhalten hinzugefügt werden. (Steyer.2017Freeman.2018) In Angular werden folgende drei Arten von Direktiven unterschieden. (Google.)

- Strukturelle Direktiven
- Attribut-Direktiven

### 3. Angular

- Komponenten

Die strukturellen Direktiven ändern die Struktur des zugehörigen HTML-Elements, indem sie HTML-Elemente hinzufügen oder entfernen. Hierfür verwenden die strukturellen Direktiven Templates, die beliebig oft gerendert werden. (Steyer.2017Freeman.2018) Beispiele für strukturellen Direktiven aus Angular sind (Freeman.2018):

**ngIf** Fügt dem HTML-Dokument Inhalt hinzu, wenn die Bedingung wahr ist.

**ngFor** Fügt für jedes Item einer Datenquelle den gleichen Inhalt dem HTML-Dokument hinzu.

**ngSwitch** Fügt dem HTML-Dokument, abhängig vom Wert eines Ausdrucks, Inhalt hinzu.

Das Verhalten und das Aussehen des zugehörigen HTML-Elements kann durch die Attribut-Direktiven verändert werden. Diese Direktiven fügen oder entfernen dem zugehörigen HTML-Element Attribute. (Freeman.2018) Beispiele für Attribut-Direktiven aus Angular-JS (Freeman.2018):

**ngStyle** Mit dieser Direktive können unterschiedliche Style-Eigenschaften dem Element hinzugefügt werden.

**ngClass** Weißt dem Element ein oder mehrere Klassen hinzu.

Mittels einer Komponente kann einem HTML-Element eine View hinzugefügt werden. Komponenten sind nämlich Direktiven mit einer eigenen View. (Steyer.2017)

Die von Angular bereitgestellten Direktiven (engl. Built-In Directives) können durch selbst entwickelte Direktiven erweitert werden. (Freeman.2018)

Der Datenaustausch zwischen der Komponente und dem Template erfolgt durch Datenbindungsausdrücke. Ein Datenbindungsausdruck bindet einen JavaScript-Ausdruck an ein Ziel. Das Ziel kann entweder eine Attribut-Direktive oder eine Eigenschaft des zugehörigen HTML-Elements sein. Der JavaScript-Ausdruck ermöglicht den Zugriff auf die Eigenschaften und Methoden der Komponente. (Freeman.2018Steyer.2017Google.d) Es gibt insgesamt drei Arten von Data-Bindings, die anhand der Flussrichtung der Daten unterschieden werden können.

Mit Pipes können die Daten vor der Ausgabe sortiert, formatiert oder gefiltert werden. (Steyer.2017)

Richtung	Syntax	Verwendung
One-way Komponente -> View	{{Ausdruck}} [Ziel]="Ausdruck"	Interpolation, Eigenschaft, Attribut, Klasse, Style
One-way Komponente <- View	(Ziel)="Ausdruck"	Events
Two-way	[(Ziel)]="Ausdruck"	Formular

Tabelle 3.1.: Arten von Data-Bindings

```

1 <hello name="{{name}}"></hello>
2 <label for="name">Name:</label>
3 <input name="name" [(ngModel)]="name">

```

Listing 3.4: Das Template in der Datei app.component.html

#### 3.2.4. Services

Laut **Freeman.2018** kann jedes Objekt, dass durch Dependency Injection verwaltet und verteilt wird, als Service bezeichnet werden. Services stellen wiederverwendbare Routinen oder Daten zur Verfügung, die von Direktiven, Komponenten, weiteren Services und Pipes verwendet werden können. (**Freeman.2018Steyer.2017**)

Services verringern die Abhängigkeiten zwischen den Klassen, durch Dependency Injection. Hierdurch können Beispiel Unit-Tests einfacher durchgeführt werden. (**Freeman.2018**)

Um einen Service zu verwenden, muss dieser entweder global in einem Modul oder lokal in einer Komponente registriert werden. Dies geschieht durch Einrichten eines Providers beim Modul oder der Komponente. Der Provider verknüpft ein Token mit einem Service. Ein Service kann eine Klasse, ein Wert, eine Funktion, eine Factory oder eine Weiterleitung sein. Aus diesem Grund gibt es unterschiedliche Provider.

Sobald ein Service global registrierte wurde, steht dieser auch in weiteren Modulen zur Verfügung. Ein lokal registrierter Service kann dahingegen nur von der jeweiligen Komponente und den direkten und indirekten Kindkomponenten verwendet werden.

Zur Nutzung eines Services muss die jeweilige Klasse den Service importieren und im Konstruktor deklarieren. Beim Erzeugen einer Instanz der Klasse injiziert Angular den jeweiligen Service. (**Steyer.2017Freeman.2018**)



### 3.3. **Verwendung**

[Doku](#)

[vollständiges Framework](#)

# 4. ReactJS

## 4.1. Allgemein

### 4.1.1. Einführung in das Framework

ReactJS ist eine von Facebook entwickelte JavaScript Bibliothek zur Entwicklung von Benutzeroberflächen. Im Gegensatz zu Angular ist ReactJS ein reines View-Framework. Das Framework wird unter anderem bei Facebook, Instagram, Netflix, Airbnb und dem Content Management System Wordpress eingesetzt. Es bietet einige Vorteile bei der Entwicklung von Anwendungen mit großen Benutzeroberflächen mit Daten, die sich häufig verändern.

Das Framework ist in JavaScript geschrieben und kann mit JavaScript oder einer in JavaScript übersetzbare Sprache wie TypeScript verwendet werden. (Gackenheimer.2015Zeigermann.2016)

### 4.1.2. Vorbereitung der Entwicklungsumgebung

Für die Entwicklung einer React-Anwendung wird unter anderem *NodeJS* (siehe [Unterabschnitt 3.1.2](#)), ein Übersetzer (bspw. *Babel* siehe [Unterabschnitt 2.3.3](#)), ein Modul-Loader (bspw. *Webpack* siehe [Abschnitt 2.4](#)) und die React-Bibliothek benötigt. Die React-Bibliothek bestehendes aus *react* und *react-dom* kann über den Paketmanager *npm* installiert werden. (Stefanov.2017Zeigermann.2016)

Das Framework React kann nur zum Bilden von Benutzeroberflächen verwendet werden. Darüber hinaus bietet es keine weiteren Funktionen. Für die Entwicklung einer größeren Anwendung muss beispielsweise eine Router-Implementierung eingebunden und ein Architekturmodell definiert werden. Sowohl **Zeigermann.2016** als auch **Stefanov.2017** empfehlen die Verwendung des Architekturmodells Flux und der Implementierung Redux. Flux beschreibt ein Anwendungsmodell, bei dem die Daten ausschließlich in eine Richtung fließen. (Zeigermann.2016Zeigermann.2016Stefanov.2017)

## 4.2. Architektur

Zur Erklärung der Grundkonzepte wird das Hello Beispiel aus [Abschnitt 3.2](#) herangezogen.

### 4.2.1. Das Wurzelement

Eine React-Anwendung benötigt ein Wurzelement auf einer HTML-Seite. Unter diesem HTML-Element rendert React die Benutzeroberfläche der React-Anwendung. Das Rendern bezeichnet dabei den Vorgang, der schlussendlich zum Einfügen von HTML-Elementen im DOM führt. Dieser Vorgang wird in [Unterabschnitt 4.2.3](#) näher betrachtet.

Die Benutzeroberfläche einer React-Anwendung wird durch React-Elemente repräsentiert. Ein React-Element ist ein JavaScript-Objekt. Es ist unveränderbar und kann nur durch Erzeugen eines neuen Elements aktualisiert werden.

Das [Listing 4.1](#) zeigt die HTML-Seite der Beispielanwendung. Die Benutzeroberfläche der Beispiel React-Anwendung aus [Listing 4.2](#) soll unter dem Element mit der ID *app* gerendert werden. Dies erfolgt durch Aufruf der Methode „ReactDOM.render()“ in [Listing 4.2](#). Diese veranlasst React zum Rendern des im ersten Parameter definierten React-Elements in das im zweiten Parameter angegebenen Wurzelements. Das React-Element wird unter Verwendung der Spracherweiterung JSX (siehe [Unterabschnitt 2.3.3](#)) definiert.

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   ...
4   <body>
5     <div id="app"></div>
6     <script src="src/app.js"></script>
7   </body>
8   ...
9 </html>

```

Listing 4.1: Beispiel React-Anwendung: HTML-Datei

In diesem Beispiel wird der Methode die Komponente App, die ein React-Element zurückliefert, übergeben. Auf die Komponenten wird in [Unterabschnitt 4.2.2](#) näher eingegangen. (Zeigermann.2016Facebook.2018Facebook.2018cStefanov.2017)

```

1 import "./styles.css";
2 import React from "react";
3 import ReactDOM from "react-dom";
4 import Hello from "./hello";
5
6 class App extends React.Component {
7   render() {
8     return (
9       <ErrorBoundary>
10         <Hello name="World" />
11       </ErrorBoundary>
12     );
13   }
14 }
15
16 class ErrorBoundary extends React.Component {
17   ...
18 }
19
20 ReactDOM.render(<App />, document.getElementById("app"));

```

Listing 4.2: Beispiel React-Anwendung: Aufruf der Render-Methode

### 4.2.2. Komponenten

#### Events in React

Komponenten sind das zentrale Element in ReactJS. Sie enthalten sowohl die Logik als auch die zugehörige Anzeige. Eine Komponente kann entweder als Klasse oder als Funktion (engl. functional components) implementiert werden.

Eine Funktion, die eine React-Komponente implementiert, muss genau ein React-Element als Rückgabewert zurückgeben. Die Klasse muss von *React.Component* erben und die Methode *render()*, die ein React-Element zurückgibt, implementieren. Der Klassenname oder der Funktionsname entspricht dem Namen der Komponente.([Zeigermann.2016](#)) Das [Listing 4.3](#) zeigt eine Komponente Hello, die als Komponentenklasse implementiert ist.

```

1 import "./styles.css";
2 import React from "react";
3 import ReactDOM from "react-dom";
4

```

```

5 export default class Hello extends React.Component {
6   constructor(props) {
7     super(props);
8     this.state = { name: this.props.name };
9   }
10
11   onChange(event) {
12     this.setState({ name: event.target.value });
13   }
14
15   render() {
16     return (<div>
17       <h1>Hello {this.state.name}</h1>
18       <input onChange={e => this.onChange(e)} />
19     </div>);
20   }
21 }

```

Listing 4.3: Beispiel React-Anwendung: Die Komponente Hello

Durch Eigenschaften (engl. Properties) lässt sich das Aussehen und Verhalten einer Komponente von außen beeinflussen. Einer Komponente können Eigenschaften (engl. Properties) in Form eines Objektes übergeben werden. Das Property-Objekt kann von der Komponente nicht verändert werden.

Bei Komponentenfunktionen wird das Objekt der Funktion und bei Komponentenklassen dem Konstruktor der Klasse übergeben. Nach der Weitergabe des Objekts an die Oberklasse `React.Component` stehen die Properties über die Instanzvariable `props` zur Verfügung. (Zeigermann.2016Stefanov.2017)

Die Komponentenkategorie bietet gegenüber der Komponentenfunktion einige zusätzliche Funktionen. Eine Komponente, die als Klasse implementiert wird, hat einen Zustand (engl. State). Dieser wird in der Instanzvariable `state` gehalten und kann nur von der Komponente gelesen und verändert werden. Die Änderung des States sollte hauptsächlich über die Methode `setState()` erfolgen. Diese Methode erwartet ein Objekt mit Key-Value-Paaren oder eine Callback-Funktion. Durch den Aufruf der Methode wird der State mit dem bisherigen State zusammengeführt. (Zeigermann.2016Stefanov.2017)

Die Komponente Hello in Listing 4.3 verwendet einen über die Properties übergebenen Namen als initialen Wert für den im State gehaltenen Namen. Bei Änderungen im Inputfeld wird das Event `OnChange` ausgelöst, die Methode `OnChange` aufgerufen und der vom State gehaltene Name über die Methode `setState` geändert. Der Aufruf

der Methode führt zum erneuten Rendern der Anwendung. Der in der Überschrift angezeigte Name wird angepasst.

Eine Komponente hat einen gewissen Lebenszyklus. In diesen Zyklus kann bei Verwendung einer Komponentenkasse durch Überschreiben von Lebenszyklus-Methoden (engl. lifecycle-methods) eingegriffen werden. Die [Abbildung 4](#) zeigt die gebräuchlichsten Lebenszyklus-Methoden einer Komponente. **(Zeigermann.2016Facebook.2018b)**

In einer Komponente können weitere Komponenten eingebunden werden. Eine Komponente wird dabei durch ihren Namen identifiziert. Das Einbinden erfolgt durch Verwendung der Komponente in der Ausgabe. Dieser können Attribute über die Properties mitgegeben werden. **(Zeigermann.2016)** In diesem Beispiel wird die Komponente Hello aus [Listing 4.3](#) und die Komponente ErrorBoundary aus [Listing 4.2](#) in der Komponente App verwendet.

### abschließende Beschreibung des Bsp

#### 4.2.3. Rendern von Komponenten

Eine Änderung an den Properties oder am State einer Komponente veranlasst React zum erneuten Rendern. Beim Rendern wird das von einer Komponente bereitgestellte React-Element allerdings nicht direkt in ein DOM-Element umgewandelt und in das native DOM eingesetzt. An stattdessen wird beim Aufruf der Render-Methode eine virtuelle Repräsentation des DOM-Baums generiert.

Anschließend vergleicht React den virtuellen DOM-Baum vor und nach der Änderung. Auf Grundlage der ermittelten Unterschiede generiert React eine minimale Anzahl an DOM-Operationen. Diese Operationen werden dann auf den nativen DOM-Baum angewandt und stellen somit den gewünschten Zustand her. Das Rendern ist ein asynchroner Vorgang. Änderungen werden zum Teil zusammengefasst und nicht sofort angewandt.

React-Elemente sind einfache und leichtgewichtige JavaScript-Objekte. Daher können die Änderungen zwischen den zwei virtuellen DOM-Bäumen schnell ermittelt werden. Durch dieses Verfahren werden teure DOM-Manipulationen reduziert und damit die Performance der Web-Anwendung verbessert. **(Zeigermann.2016Stefanov.2017Facebook.2018)**

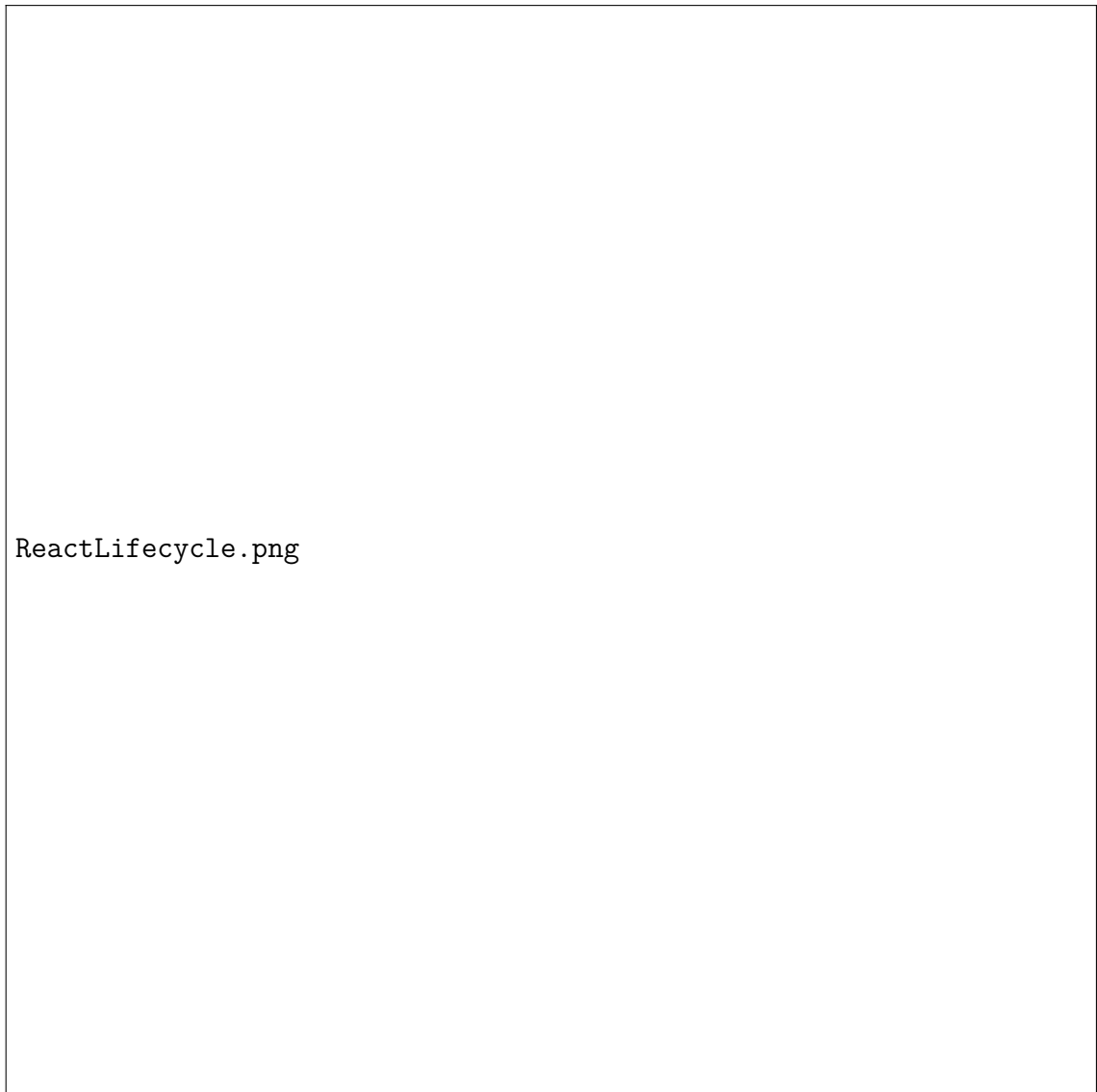


Abbildung 4.: Lebenszyklus einer React-Komponente

Quelle: **Maj.2018**

### **4.3. Verwendung**



# 5. OpenUI5

## 5.1. Allgemeines

Das dritte, im Rahmen dieser Seminararbeit betrachtete clientseitige Webframework heißt OpenUI5. Es ist ein Open-Source-Projekt der SAP SE und wurde im Dezember 2013 unter der Apache-Lizenz 2.0 veröffentlicht. Diese Lizenz erlaubt das freie Verwenden, Verteilen und Modifizieren der Software, durch diese Eigenschaften ist sie mit der GNU General Public License 3 kompatibel. Das Pendant zu OpenUI5 ist SAPUI5, es ist die proprietäre Version von OpenUI5. SAPUI5 hat den gleichen Funktionsumfang wie OpenUI5 und wird von der SAP SE kostenfrei an ihre Kunden vertrieben. Der Vorteil von SAPUI5 ist ein umfangreicher Softwaresupport, welcher für OpenUI5 nicht verfügbar ist. Da man für den Einsatz von SAPUI5 SAP-Kunde sein muss wird dieses Produkt im Rahmen dieser Seminararbeit nicht weiter betrachtet.

Das OpenUI5-Framework basiert auf HTML5, CSS3 und JavaScript. Daher ist es auch mit allen Browsern kompatibel, welche diese Technologien unterstützen. Dazu zählen der Internet Explorer ab Version 9, Firefox ab Version 17 und Google Chrome ab Version 1.(SAP2013)

## 5.2. Architektur

OpenUI5 ist ein, wie in den Technischen Grundlagen beschrieben, clientseitiges JavaScript Black-Box-Framework. Dies bedeutet, man kann das Framework einfach mittels `<script>`-Befehl in ein HTML-Dokument importieren. Hierbei können wichtige Interfaceparameter übergeben werden, wie beispielsweise das zu verwendende Theme.

```
1 <script id="sap-ui-bootstrap"  
2   src=https://openui5.hana.ondemand.com/resources/sap-ui-core.js  
3   data-sap-ui-theme="sap_belize">  
4 </script>
```

Listing 5.1: Beispiel für das Einbinden von OpenUI5

## 5. OpenUI5

Nachdem die Bibliothek in das Dokument integriert wurde, kann man in einem JavaScript-Teil des HTML-Dokumentes verschiedene UI-Elemente generieren und diese auf der Webseite anzeigen lassen. Dieses Verfahren eignet sich jedoch aufgrund der schlechten Strukturierungsmöglichkeiten nur für sehr kleine und kompakte Webanwendungen mit geringem Funktionsumfang.

Prinzipiell kann für die Entwicklung von OpenUI5-Anwendungen jeder beliebige Texteditor verwendet werden. Für größere Webentwicklungsprojekte wird jedoch auf der OpenUI5-Dokumentationshomepage die Entwicklungsumgebung Eclipse empfohlen. Für diese wurde von der SAP das „SAPUI5 Application Development“-Add-on entwickelt. Dieses ist mit OpenUI5 kompatibel und dient als Assistent zur Erstellung neuer UI5-Entwicklungsprojekte. Der Assistent erstellt nach seinem Durchlauf eine Dateistruktur. Die wichtigsten Dateielemente dieser lauten:

- Index.html
- Component.js
- View.xml
- Controller.js
- i18n.properties

Auf die Funktion und Struktur der Elemente wird im Verlauf dieses Kapitels detailliert eingegangen. Hierbei ist wichtig, dass die beschriebenen JavaScript- und XML-Dateien aus mehreren Komponenten bestehen und auch anders benannt werden können.

Die index.html-Datei ist der erste Schritt für den Browser beim Öffnen einer Webseite. Bei OpenUI5 werden in der index.html allgemeine Parameter wie beispielsweise Dateipfade oder Kompatibilitätsinformationen festgelegt. Darüber hinaus wird von ihr auf die anderen Bestandteile der Webanwendung verwiesen.

In der Component.js werden alle Datenverbindungen beschrieben. Hierzu gehören beispielsweise einfach eingebundene JSON-Dateien oder auch Verbindungen zu einem ODATA-Webservice, welcher dem UI5-Frontend Daten zur Anzeige bereitstellt. Hierbei kann OpenUI5 im Standard sowohl mit JSON-, als auch mit XML-Dateien verarbeiten. Darüber hinaus wird in der Component.js festgelegt, welche Art der Datenbindung zum Webservice besteht. Möglich ist hierbei nur das bloße Anzeigen, aber auch das Verändern auf der Datenbank.

Die View.xml ist von der Struktur eine XML-Datei. Wie ihr Name schon aussagt, wird in ihr die visuelle Anzeige beschrieben. Die XML-Datei eignet sich in ihrem

## 5. OpenUI5

Aufbau sehr gut, eine grafische Oberfläche zu strukturieren. Denn in ihr kann man verschiedene Anzeigeelemente klar erkennen und voneinander trennen. Dazu gehören zum Beispiel Header, Footer oder einzelne Container mit verschiedenem Inhalt. Mittels, im OpenUI5-Standard enthaltenen, Router ist es möglich, verschiedene Views miteinander zu verbinden und somit eine Webanwendung mit mehreren Anzeigen zu schaffen. Die View in UI5 ermöglicht darüber hinaus auch die einfache Datenbindung zur Datenbank ohne zusätzliche Programmierung im Controller. Mit dem folgenden Codebeispiel xy, einer Produktliste, wird die große Stärke von OpenUI5 nochmals unterstrichen.

```
1 <List
2 id="ProductList"
3 items="{/ProductCollection}"
4 includeItemInSelection="true">
5   <StandardListItem
6     title="{Name}"
7     description="{ProductId}"
8     icon="{ProductPicUrl}"/>
9 </List>
```

Listing 5.2: Beispiel OpenUI5 View

Die Datei Controller.js enthält die programmspezifische Logik der UI5-Webanwendung. In ihr können mittels JavaScript die gewünschten Funktionen ausprogrammiert werden. Eine typische Funktion stellt beispielsweise, das Öffnen eines Dialogfensters beim Drücken eines zuvor in der View definierten Buttons dar. Somit fügt der Controller der einfachen View Funktionen, welche über einfache Tabellenanzeigen oder -änderungen hinausgehen hinzu. Im Codebeispiel xy wird ein Szenario veranschaulicht, bei welchem auf Knopfdruck ein MessageToast mit Blindtext erscheint. Es ist darüber hinaus auch möglich mehrere Controller zu verwenden und in diese weitere Frameworks zur Benutzung zu laden. Als mögliches Anwendungsbeispiel wäre hierbei das Einbinden eines Barcodescannerframeworks (zum Beispiel quagga.js) um mit einer Handykamera industrielle Barcodes zu lesen.

```
1 handleMessageToastPress: function(oEvent) {
2   var msg = 'Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing
3     elitr, sed diam nonumy\r\n eirmod.';
4   MessageToast.show(msg);
5 }
```

Listing 5.3: Beispiel OpenUI5 Controller

Das letzte wichtige OpenUI5-Fragment stellt die Datei `i18n.properties` dar. Sie ist für Webanwendungen im internationalen Umfeld sehr wichtig. Der Entwickler kann mehrere `i18n`-Dateien mit Übersetzungen in diversen Sprachen erstellen. Das OpenUI5-Framework stellt daraufhin sicher, dass die passende Sprache als Anzeigesprache verwendet wird. Die Syntax der Dateibenennung hierbei lautet `i18n_XX.properties`, wobei das `XX` für das Länderkürzel der Sprache steht (z.B. Deutsch: `i18n_DE.properties`).(**Antolovic2014**)

### 5.3. Verwendung

OpenUI5 besitzt eine sehr umfassende und übersichtliche Dokumentation unter [www.openui5.hana.ondemand.com/#/api](http://www.openui5.hana.ondemand.com/#/api). Diese umfasst darüber hinaus viele Anwendungsbeispiele aus der Praxis. Hierbei ist es möglich, den verwendeten Code zu analysieren und in der eigenen Anwendung zu verwenden. OpenUI5 wurde von der SAP entwickelt um die veralteten SAP ERP-Transaktionen zu ersetzen. In diesem Umfeld hat OpenUI5 auch die größten Stärken. Beispielsweise ist es sehr komfortabel möglich Single-Screen-Geschäftsanwendungen zu erstellen. Diese Anwendungen haben ihren Fokus zumeist auf dem Anzeigen, Pflegen und Auswerten von Daten aus einer Datenbank. Jedoch ist es aufgrund der Verwendung von HTML5 auch möglich, verschiedenste multimediale Inhalte wie beispielsweise Audio oder Video wiederzugeben. Einen weiteren Vorteil von OpenUI5 stellt die Responiveness der Oberfläche dar. Das Framework greift auf die Bibliotheken von bootstrap zu, welche dafür sorgen, dass die Weboberfläche auf jeder Geräteklasse optimal dargestellt wird. Bei der Datenanbindung setzt OpenUI5 auf die OData-Technologie, diese ermöglicht es Daten im JSON-Format asynchron über AJAX zu übertragen. Das auf HTTP basierende OData-Protokoll ist ein von Microsoft entwickelter offener Standard zur Datenübertragung. Der letzte Vorteil von OpenUI5 ist die mögliche Verwendung des MVC-Modells. Dieses vereinfacht die Übersichtlichkeit und Wartbarkeit der Webanwendung.

## 6. Resümee

### 6.1. Vergleichende Betrachtung

Nachdem in den vorherigen drei Kapiteln die einzelnen Technologien detailliert beschrieben wurden, werden sie nun im folgenden Kapitel miteinander verglichen.

Das erste Vergleichskriterium bildet der Umfang an Funktionen, welche direkt im Framework integriert sind. Alle drei Webframeworks erlauben es, Daten komfortabel auf der Weboberfläche anzuzeigen. Jedoch bieten nur Angular und OpenUI5 die Möglichkeit im Standard, eine Datenquelle "Two-Way" anzubinden. Bei React muss hierfür ein zusätzliches AddOn nachinstalliert werden. Ähnlich verhält es sich bei dem Routing zwischen mehreren Seiten der Anwendung. Angular und OpenUI5 liefern Möglichkeiten hierzu in ihrem Standard dazu aus, jedoch bei React wird hierfür wiederum ein zusätzliches AddOn benötigt.

Es gibt darüber hinaus weitere Unterschiede bei der empfohlenen Webarchitektur. Bei Angular und OpenUI5 wird man aufgrund des Frameworkaufbaus zur Verwendung des MVC-Modells gedrängt. Dies wird bei OpenUI5 deutlich, indem schon beim Einrichtungsassistenten die typische MVC-Struktur angelegt wird. Auch das Grundkonzept von Angular ist unter anderem aufgrund des "Two-Way-Bindings" auf MVC ausgerichtet. Anders verhält es sich allerdings bei React, denn hier wird die Verwendung von Flux empfohlen, bei dem typischerweise die Daten nur in eine Richtung fließen. Dies generiert vor allem Performancevorteile bei React.

Ein weiteres wichtiges Merkmal bei Webframeworks ist die Datenanzeige. Bei OpenUI5 ist die Anbindung an einen Webserver über OData sehr einfach gehalten. Mit nur ein paar wenigen Codezeilen ist es möglich, Daten anzuzeigen und diese auch bei Bedarf zu ändern. Jedoch ist man bei den Anzeigemöglichkeiten, welche einfach einzubinden sind, auf den Standard beschränkt. Will man Daten anderweitig anzeigen muss man sehr aufwendig andere Frameworks einbinden und den Datenaustausch mit diesen manuell implementieren. Bei Angular wird die Datenanzeige über Komponenten gesteuert, welche die Templates mit Inhalt füllen. Hierbei ist bei der Implementierung eines Webservices ein etwas größerer Aufwand als bei OpenUI5 von Nöten. Jedoch sind bei Angular oberflächenspezifische Anpassungen komfortabler und schneller möglich als bei OpenUI5. Die Implementierung der Datenanzeige bei React ähnelt derer von Angular. Somit ist der Aufwand, Daten anzuzeigen nahezu gleich. React hat hierbei klare Geschwindigkeitsvorteile im Vergleich zu OpenUI5

und Angular, denn das Framework reduziert die Anzahl der DOM-Manipulationen auf ein Minimum. Daraus folgt, dass der Webbrowser weniger Aktionen ausführen muss.

Bei der Wahl der Entwicklungsumgebung ist man bei Angular und React weitestgehend frei. Man sollte jedoch bei beiden darauf achten, dass die Entwicklung in TypeScript unterstützt wird. Bei OpenUI5 ist man in dieser Hinsicht beschränkter. Prinzipiell ist jeder Texteditor dafür geeignet, jedoch werden in Eclipse spezielle AddOns angeboten, welche das Erstellen und Entwickeln an einer Anwendung erleichtern.

Es gibt darüber hinaus auch Unterschiede bei den Wahlmöglichkeiten der Programmiersprache. Wie im Grundlagenkapitel xy erläutert bietet die von JavaScript abgeleitete Programmiersprache TypeScript zahlreiche Vorteile gegenüber ihrem Ursprung. Die Verwendung von TypeScript ist sowohl in Angular, als auch in React möglich. Somit können mögliche Syntaxfehler schon beim Kompilieren erkannt werden. Von OpenUI5 wird TypeScript nicht unterstützt, somit ist hierbei das Entwickeln nur in der Webgrundsprache JavaScript möglich. Diese wird darüber hinaus auch von Angular sowie React unterstützt.

## 6.2. Empfehlung für das Projekt

In diesem Abschnitt werden nun nach dem Vergleich aus Kapitel xy konkrete Empfehlungen zur Umsetzung in „business horizon“ ausgesprochen.

Um eine fundierte Empfehlung für eine Webtechnologie geben zu können muss zunächst die Anwendung auf ihre frontendrelevanten Eigenschaften untersucht werden. Nach einer umfassenden Analyse lassen sich einige Merkmale der Software erkennen. Sie umfasst viele unterschiedliche Komponenten und hat darüber hinaus noch einen Anmeldebildschirm. Daraus folgt eine Vielzahl von Views, zwischen denen gewechselt werden muss. Beim Routing hat sowohl Angular, als auch OpenUI5 seine Stärken. In React muss hierfür ein zusätzliches AddOn installiert werden. In „business horizon“ gibt es ausschließlich unidirektionale Webserververbindungen. OpenUI5 hätte bei bidirektionalen Bindungen seine Vorzüge, da es diese allerdings nur selten benötigt werden sind alle betrachteten Webframeworks gleichwertig. Die Anwendung umfasst darüber hinaus über viele nicht standardisiert aufgebaute Dialoge. Deshalb sollte das zu verwendende Framework viele Customizing-Möglichkeiten bieten. Diese Möglichkeiten bieten Angular und React, bei OpenUI5 sind diese mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden. In der Analyse konnte zudem festgestellt

werden, dass die Anwendung viele Formulareingaben benötigt. Da Formulareingaben auf Weboberflächen unabdingbar zum Standard gehören sind alle Webframeworks dahingehend gleichermaßen optimiert.

Aufgrund der zuvor erörterten Argumente eignet sich Angular als Webfrontend für „business horizon“ am Besten. Die Grundlagen für diese Entscheidung werden nun erläutert. Angular hat im Vergleich zu React Vorteile beim Routing zwischen verschiedenen Views, welche in „business horizon“ des öfteren benötigt werden. Verglichen mit OpenUI5 hat Angular auch Vorzüge, denn es werden in der Anwendung viele Komponenten benötigt, welche nicht durch den Standard abgedeckt sind und somit selbst entwickelt werden müssen.

## 7. Fazit

Im Zuge dieser Seminararbeit sollten die Webfrontendtechnologien Angular, ReactJS sowie OpenUI5 mit dem Ziel analysiert und verglichen werden, um zu überprüfen, ob Angular das passendste Framework für die Anwendung „business horizon“ darstellt.

In der Analyse und dem Vergleich konnten verschiedenste Stärken und Schwächen der einzelnen Technologien erarbeitet werden. Es wurde festgestellt, dass OpenUI5 seine Stärken in der bidirektionalen Bindung zu einem Webservice und seine Schwächen bei der Anpassung auf spezifische Anforderungen hat. Die Vorzüge von ReactJS sind beispielsweise die hohe Performance bei Änderungen von Inhalten auf der Weboberfläche. Jedoch hat ReactJS beim Routing zwischen verschiedenen Webansichten (Views) gravierende Nachteile. Angular erfüllt alle anwendungsrelevanten Leistungsmerkmale und stellt keine gravierende Beeinträchtigung von benötigten Funktionen dar.

Somit wurde das Ziel dieser Seminararbeit erfüllt und mit der Verwendung von Angular eine fundierte Handlungsempfehlung ausgesprochen.



## **A. Anhang**