

# Bachelorarbeit

Carina Lehwald

Erforschung der Auswirkung einer Progressiven Web App  
(PWA) auf das Search Engine Optimization (SEO): Eine  
Untersuchung und praktische Anwendung

Carina Lehwald

Erforschung der Auswirkung einer Progressiven  
Web App (PWA) auf das Search Engine  
Optimization (SEO): Eine Untersuchung und  
praktische Anwendung

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung  
im Studiengang *Bachelor of Science Wirtschaftsinformatik*  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Lars Hamann  
Zweitgutachter: Stefan Sarstedt

Eingereicht am: 17.10.2024

**Carina Lehwald**

**Thema der Arbeit**

Erforschung der Auswirkung einer Progressiven Web App (PWA) auf das Search Engine Optimization (SEO): Eine Untersuchung und praktische Anwendung

**Stichworte**

Progressive Web App (PWA), Suchmaschinen-Optimierung (SEO), Benutzererfahrung, Benutzerbindung, Mobile Freundlichkeit, Ladezeiten, Service Worker, Web App Manifest, Responsive Design, Mobile First

**Kurzzusammenfassung**

Die mobile Nutzung des Internets steigt an. Dadurch sehen sich Unternehmen konfrontiert mit der Herausforderung ein performantes und benutzerfreundliches Web-Erlebnis für mobile Endgeräten zu erschaffen, um eine erhöhte Sichtbarkeit der Webseite zu erzielen. Progressive Web Apps (PWA) sollen durch deren technische Verbesserungen eine Suchmaschinen-Optimierung (SEO) ermöglichen. Anhand der vorliegenden Arbeit wird die Frage untersucht werden, wie die Implementierung von PWAs die SEO beeinflusst. Mithilfe einer Kausalzusammenhangsanalyse werden die Auswirkungen von PWAs auf wesentliche SEO-Faktoren wie Benutzererfahrung, Benutzerbindung, mobile Freundlichkeit und Ladezeiten untersucht. Ergänzend dazu erfolgte eine qualitative Analyse von Fallstudien aus verschiedenen Unternehmen, die PWAs implementiert haben. Die Ergebnisse zeigen, dass PWAs signifikante Verbesserungen in der SEO-Leistung ermöglichen, insbesondere durch schnellere Ladezeiten, bessere mobile Optimierung und verbesserte Benutzerinteraktionen. Diese Faktoren können dazu beitragen eine verbesserte Platzierung in den Suchergebnissen zu erzielen. Die Arbeit bietet Erkenntnisse für Unternehmen, die ihre SEO-Strategien durch den Einsatz von PWAs optimieren möchten.

---

**Carina Lehwald**

**Title of Thesis**

Exploring the Impact of a Progressive Web App (PWA) on Search Engine Optimization (SEO): An Investigation and Practical Application

**Keywords**

Progressive Web App (PWA), Search Engine Optimization (SEO), User Experience, User Engagement, Mobile Friendliness, Loading Times, Service Worker, Web App Manifest, Responsive Design, Mobile First

**Abstract**

Mobile internet usage is increasing. As a result, companies are faced with the challenge of creating a high-performance and user-friendly web experience for mobile devices in order to achieve increased visibility of the website. Progressive Web Apps (PWA) are intended to enable search engine optimization (SEO) through their technical advances. This thesis examines how the implementation of PWAs influences SEO. A causal relationship analysis is used to examine the effects of PWAs on key SEO factors such as user experience, user engagement, mobile friendliness and loading times. In addition, a qualitative analysis of case studies from various companies that have implemented PWAs is carried out. The results show that PWAs enable significant improvements in SEO performance, particularly through faster loading times, better mobile optimization and improved user interactions. These factors can help to achieve improved placement in search results. The work offers insights for companies that want to optimize their SEO strategies by using PWAs.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Themendarstellung . . . . .	1
1.2 Relevanz des Themas . . . . .	1
1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit . . . . .	2
<b>2 Theoretische Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1 Suchmaschinenoptimierung (SEO) . . . . .	4
2.1.1 Definition, Einordnung und Relevanz . . . . .	4
2.1.2 Optimierungsbereiche . . . . .	6
2.2 Progressive Web App (PWA) . . . . .	11
2.2.1 Definition, Relevanz und Merkmale . . . . .	11
2.2.2 Technische Komponenten und Strategien . . . . .	18
<b>3 Methodik</b>	<b>26</b>
3.1 Forschungsdesign . . . . .	26
3.2 Datengrundlage . . . . .	27
3.3 Datenerhebung und -analyse . . . . .	27
3.4 Einschränkungen . . . . .	27
<b>4 Verbindung von SEO und PWA</b>	<b>29</b>
4.1 Benutzererfahrung . . . . .	29
4.2 Benutzerbindung . . . . .	31
4.3 Mobile Freundlichkeit . . . . .	34
4.4 Ladezeiten . . . . .	36
<b>5 Auswirkungen von PWA auf SEO</b>	<b>39</b>
5.1 Fallstudien von Unternehmen . . . . .	39

5.2	Kategorisierte Auswirkungen . . . . .	40
5.2.1	Verbesserte Ladezeiten und Performance . . . . .	41
5.2.2	Erhöhte Benutzerbindung . . . . .	42
5.2.3	Bessere Benutzererfahrung . . . . .	43
5.2.4	Steigerung der mobilen Freundlichkeit . . . . .	44
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>45</b>
6.1	Bedeutung für Unternehmen . . . . .	45
6.2	Wettbewerbsvorteil und Innovationsdruck . . . . .	45
6.3	Einfluss auf zukünftige Entwicklungen . . . . .	46
6.4	Langfristige Auswirkungen auf das SEO . . . . .	46
6.5	Ranking . . . . .	47
6.6	Herausforderungen und Limitationen . . . . .	47
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>50</b>
7.1	Zusammenfassung der Arbeit . . . . .	50
7.2	Schlussfolgerungen . . . . .	51
7.3	Empfehlungen für weiterführende Forschung . . . . .	51
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>52</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>57</b>
A.1	Verwendete Hilfsmittel . . . . .	57
	<b>Selbstständigkeitserklärung</b>	<b>58</b>

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Periodische Tabelle der Suchmaschinen-Optimierung von [15]	6
2.2	Sicherstellung der Offlinefähigkeit nach Liebel [18, S.290]	19
2.3	Übertragung einer Pushnachricht nach Liebel [18, S.493,502]	21
2.4	Synchronisation im Hintergrund nach Liebel [18, S.361]	22
2.5	Beispielhaftes Web App Manifest nach Liebel [18, S.214]	23
2.6	Beispiel für Responsive Webdesign nach Liebel [18, S.214]	24

## Gender Hinweis

In dieser Bachelorarbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechterunabhängig verstanden werden soll.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation und Themendarstellung

In den vergangenen Jahren ist der Anteil an mobilen Internetnutzer in Deutschland stetig gestiegen [28]. Im Jahr 2015 belief sich der Anteil der mobilen Internetnutzer noch auf 54% wohingegen der Anteil im Jahr 2023 auf 85% gestiegen ist [28]. Dabei besteht für Unternehmen die Herausforderung, Web-Erlebnisse auf den mobilen Endgeräten als auch auf Desktops zu schaffen, die sowohl performant als auch benutzerfreundlich sind [11]. Die Progressiven Web Apps (PWA) sollen eine Lösung für diese Herausforderung darstellen, indem diese die Flexibilität von Webtechnologien mit der Funktionalität nativer Apps verknüpfen [18, S.32]. Bekannte Unternehmen wie Tinder, Pinterest und Starbucks benutzen die PWAs bereits [13]. Doch kann die Umstellung auf Progressive Web Apps Auswirkungen auf die Suchmaschinen-Optimierung (SEO) haben und damit auf die Sichtbarkeit von Websites in Suchmaschinen?

## 1.2 Relevanz des Themas

Die Optimierung von Websites für Suchmaschinen entwickelte sich im Laufe der Jahre von klassischen Faktoren wie Keywords und Backlinks weiter [17, S.205]. Heutzutage ist die Komplexität der Suchmaschinen-Optimierung angestiegen und der Fokus hat sich durch die Orientierung zum mobilen Internet hin verschoben [7, S.55, S.771]. Es kommt eine Weiterentwicklung von den Suchmaschinenalgorithmen hinzu sowie die Einführung des „Mobile-First-Indexing“ durch Google [7, S. 1789][9]. Google zeigt damit, dass Webseiten für mobile Endgeräte optimiert sein müssen, um sich in den Suchergebnissen sich gut zu platzieren [7, S. 1781]. Dadurch rücken Benutzerfreundlichkeit, Ladegeschwindigkeit und mobile Optimierung immer mehr in den Vordergrund, die das Ranking einer Seite beeinflussen [3, S.371]. Inmitten dieses Wandels bieten Progressive Web Apps durch verbesserte

Ladezeiten, Offline-Fähigkeiten, verbesserte Interaktionen und Push-Benachrichtigungen neue Wege, die Suchmaschinenplatzierung zu beeinflussen [18, S.32]. Für Unternehmen, die ihre Online-Präsenz verbessern möchten, ist es notwendig, neue Technologien wie PWAs zu verstehen und deren Auswirkungen auf die Sichtbarkeit in Suchmaschinen zu untersuchen [11]. Dies machten bereits verschiedene Unternehmen wie Trivago, Forbes und Twitter und teilten dessen Erfahrungsberichte mit den PWAs [11][35][37].

### 1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

In Form dieser Bachelorarbeit wird der Frage nachgegangen, inwiefern sich eine Umstellung auf eine Progressive Web App auf die Suchmaschinen-Optimierung auswirken könnte. Dabei soll betrachtet werden, wie Progressive Web Apps technische und benutzerorientierte SEO-Faktoren wie die Ladegeschwindigkeit, die mobile Optimierung und die Benutzererfahrung und die Benutzerbindung beeinflussen. Hierzu werden Fallstudien und Kenntnisse von Fachleuten und Unternehmen aus der SEO-Branche genutzt, um die Auswirkungen der PWA-Implementierung auf das SEO zu zeigen.

Diese Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel. Es werden zunächst die theoretischen Grundlagen von Suchmaschinenoptimierung (SEO) und Progressiven Web-Apps (PWA) in Kapitel 2 näher beleuchtet. Dazu werden die relevanten Begriffe PWA und SEO erläutert. Ebenfalls werden die Optimierungsbereiche und deren Schlüsselfaktoren bei der Suchmaschinen-Optimierung aufgezeigt, sowie bei der Progressiven Web App deren technische Komponenten und Strategien.

Das Kapitel 3 stellt die Methodik der Arbeit vor. Dort wird erläutert, wie die qualitativen Fallstudien ausgewählt und ausgewertet wurden. Daraufhin werden im Kapitel 4 die Verknüpfungen zwischen SEO und PWA betrachtet. Dort werden die spezifischen Bereiche der Suchmaschinen-Optimierung (wie beispielsweise die Ladezeiten, die mobile Freundlichkeit, die Benutzerbindung und die Benutzererfahrung) angesehen und es wird herausgearbeitet, wie diese durch PWAs berührt werden können. Im Anschluss in Kapitel 5 werden die Auswirkungen von PWAs auf die SEO anhand von Fallstudien aufgezeigt. Der Fokus basiert auf den in der Methodik aufgeführten SEO-Kriterien und ihrer Abhängigkeit von der PWA-Implementierung.

Im Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Arbeit diskutiert. Dabei wird auf die Relevanz der ermittelten Auswirkungen für Unternehmen und die Branche eingegangen und mögliche Einschränkungen der Arbeit aufgezeigt. Abschließend werden im Kapitel 7 die Erkenntnisse der Arbeit und deren mögliche Zukunftschancen zusammengefasst.

## 2 Theoretische Grundlagen

Im folgenden Kapitel wird das Verständnis für die weiterführende Untersuchung in den nachfolgenden Kapiteln gebildet. Dafür werden die beiden Themen-Schwerpunkte „Suchmaschinen-Optimierung“ und „Progressiven Web App“ erläutert um ein Gefühl für diese Themenbereiche zu entwickeln.

### 2.1 Suchmaschinenoptimierung (SEO)

In diesem Teil des Kapitels wird die Suchmaschinen-Optimierung erläutert. Zu diesem Zweck wird, zunächst zum besseren Verständnis, eine begriffliche Klärung der Suchmaschinen-Optimierung vorgenommen und im Anschluss dessen Relevanz in der Welt der Suchmaschinen erörtert. Weiterhin soll dies die Bedeutung des Themas dieser Arbeit aufzeigen. Daraufhin werden die Optimierungsbereiche, welche innerhalb der Suchmaschinen-Optimierung liegen, aufgezeigt, um als Basis für mögliche Berührungspunkte mit der Progressiven Web App zu dienen.

#### 2.1.1 Definition, Einordnung und Relevanz

Die Suchmaschinen-Optimierung wird in den Bereich des Online-Marketing-Mix eingeordnet [7, S.56]. Dabei ist Suchmaschinen-Marketing (Search-Engine-Marketing (SEM)) der Suchmaschinen-Optimierung übergeordnet [17, S.202]. Bei dem Suchmaschinen-Marketing werden alle Marketing-Maßnahmen, welche mithilfe von Suchmaschinen durchgeführt werden, verstanden [17, S.202]. Ebenfalls dem untergeordnet ist die Suchmaschinenwerbung (Search-Engine-Advertising (SEA)), in der es um die Platzierung von Textanzeigen auf Such-Ergebnis-Seiten gegen Bezahlung geht [17, S.202]. Im Gegensatz dazu steht die Suchmaschinen-Optimierung. Darunter werden Maßnahmen verstanden, die die Position von Webseiten im Ranking der Suchmaschinen, den organischen Such-Ergebnissen, verbessern [17, S.201,202]. Zu den Maßnahmen zählen technische Methoden,

die dabei helfen, dass die Suchmaschine die Webseiten indexieren kann, bis zur Veränderung der Verlinkungsstruktur der Webseiten, welche auf die zu optimierende Webseite verweisen [17, S.201]. Auch Analysen, Mediaplanung und Optimierungsstrategien werden dazu gezählt [7, S.55].

Die Bedeutung der Suchmaschinen-Optimierung kann anhand der Verteilung der Quellen (Herkunft der Besucher) des Traffics auf Webseiten (Anzahl an Besuchern) abgeleitet werden [17, S.202]. Es wird angenommen, dass die Gewinnung von Besuchern durch die Suchmaschinen die wichtigste Quelle ist [17, S.202]. Dabei muss man bedenken, dass wenn Benutzer etwas im Netz suchen, sich zuerst an eine Suchmaschine wenden [17, S.202]. Wenn man sich nun die Erhebungen von Similarweb ansieht bekommt beispielsweise wikipedia.org 86,17% seiner Traffics über Suchmaschinen bei der organischen Suche und bmw.com 45,4%, fiemann.de 30,38% [26]. Bei der Webseite apollo.de übersteigt die organische Suche mit 39,75% sogar die bezahlte Suche mit 11,71% und den direkten Vertrieb mit 36,01% [26]. Anhand dieses Beispiels wird gezeigt, welche Bedeutung die Suchmaschinen für den Zuwachs von Besuchern auf Webseiten haben.

In einer Erhebung aus dem Jahr 2019 von SEMrush kann man die Distribution des weltweiten Webseiten-Traffics einsehen [30]. Und erkennen, dass die organische Suche einen Anteil von 29%, die bezahlte Suche von 0,5% und die über Social Media von 2,5% haben [30].

Bei einer erfolgreichen Suchmaschinen-Optimierung und den resultierenden möglichen guten Platzierungen, kann man das Prinzip der Suchmaschinen-Optimierung erkennen [17, S.203]. Durch die Eingabe einer Suchanfrage ist das Kaufinteresse eines Suchenden bereits preisgegeben, welches dann durch die Suchergebnisseite erfüllt wird [17, S.203]. Dies bedeutet, dass die mögliche gute Platzierung dafür sorgt, dass der Suchende dort sein Interesse befriedigt [17, S.203]. Zuzüglich entsteht das Vertrauen der organischen Such-Ergebnisse bei den Suchenden, denn diese denken, dass aufgrund der vorderen Positionen diese die besten Ergebnisse seien [17, S.203].

Neben der Relevanz für die Betreiber der Webseiten erhalten die Suchenden ebenfalls positive Vorteile aus der Optimierung wie die Ermöglichung der Auffindbarkeit durch die Beseitigung von technischen Hürden beim Crawling, eine leichtere Navigation und gegebenenfalls eine problemlose Nutzung mittels assistiver Technologien [17, S.204].

Die Relevanz der Suchmaschinen-Optimierung wird in einem Bericht von Verified Market Reports über den globalen Markt für Suchmaschinen-Optimierung nochmals verdeutlicht [24]. Im Bericht wird davon ausgegangen, dass in einem Prognosezeitraum von 2024-2030

voraussichtlich eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) von mehr als 14,5% im globalen Markt für Suchmaschinenoptimierung erreicht wird [24].

### 2.1.2 Optimierungsbereiche

Damit die Suchmaschinen-Optimierung das Ziel erreichen kann, einer Webseite eine höhere Position im Ranking beziehungsweise eine höhere Sichtbarkeit in den Ergebnisseiten zu erzielen, sollten die Verfahren auf dem Wissen über die Ranking-Faktoren der Suchmaschinen basieren [17, S.204]. Dabei muss beachtet werden, dass sich die Ranking-Faktoren und deren Gewichtung bei Suchmaschinen ändern können und somit es keinen perfekten Leitfaden für die Suchmaschinen-Optimierung gibt [17, S.205]. Es gibt grundlegende Verfahren und Faktoren-Gruppen des Rankings, die dennoch bekannt sein sollten [17, S.205].

							<b>C</b> Crawl Architecture
							<b>Ca</b> Canonicalize Architecture
<b>A</b> Authoritativ... Credibility	<b>An</b> Answers Content	<b>L</b> Language Content	<b>Ae</b> Accessible User	<b>At</b> Alt text Code	<b>Sc</b> Schema Code	<b>H</b> HTTPS Architecture	
<b>B</b> Brand Credibility	<b>Au</b> Accuracy Content	<b>Mm</b> Multimedia Content	<b>It</b> Intent User	<b>D</b> Descriptions Code	<b>Tt</b> Titles Code	<b>M</b> Mobile-first Architecture	
<b>Cr</b> Creator Credibility	<b>Cn</b> Consensus Content	<b>Q</b> Quality Content	<b>I</b> Interactions User	<b>Hd</b> Headings Code	<b>Ib</b> Inbound Links	<b>P</b> Pagination Architecture	
<b>E</b> Expertise Credibility	<b>Dt</b> Depth Content	<b>R</b> Relevance Content	<b>Ly</b> Locality User	<b>Ac</b> Anchors Links	<b>In</b> Internal Links	<b>Ps</b> Page struct... Architecture	
<b>Ee</b> Experience Credibility	<b>F</b> Freshness Content	<b>U</b> Uniqueness Content	<b>Sa</b> Satisfaction User	<b>Ex</b> External Links	<b>S</b> Speed Performance	<b>Ta</b> Taxonomy Architecture	
<b>T</b> Trustworthi... Credibility	<b>K</b> Keywords Content	<b>V</b> Value Content	<b>Tc</b> Task compl... User	<b>Rv</b> Responsive... Performance	<b>St</b> Stickiness Performance	<b>Ur</b> URLs Architecture	

Abbildung 2.1: Periodische Tabelle der Suchmaschinen-Optimierung von [15]

Die Webseite Search Engine Land hat ein Periodensystem der SEO-Elemente veröffentlicht, welches die wesentlichen Elemente einer erfolgreichen SEO-Strategie enthält. Dabei können diese SEO-Elemente, beziehungsweise Faktoren in drei Gruppen eingeteilt werden: On-Page-Faktoren, Off-Page-Faktoren und technisches SEO [16]. Unter den On-Page-Faktoren werden alle Maßnahmen zusammengefasst, die sich im Inhalt der eigenen Webseite für Benutzer und Suchmaschinen umsetzen lassen [17, S.206]. Die Off-Page-Faktoren sind dementsprechend die Maßnahmen, die von außen kommen und worauf der

Web-Entwickler keinen Einfluss hat [17, S.206]. Beim technischen SEO werden die technischen Aspekte einer Website optimiert [16]. Im Periodensystem ist die Unterteilung der Gruppen nicht ersichtlich; die Gruppen Content und Code gehören zu den On-Page-Faktoren, Architecture und Performance zum technischen SEO und die letzten Gruppen Links, Credibility und User zu den Off-Page-Faktoren [15].

### **On-Page-Faktoren**

Bei den On-Page-Faktoren sollte der Inhalt einer Webseite nach zwei verschiedenen Zielgruppen optimiert werden: die Suchenden und die Suchmaschinen [16]. Bei den Suchenden wird der tatsächliche Inhalt optimiert, der auf der Webseite sichtbar ist und bei den Suchmaschinen der Code, welcher gesehen wird [16]. Die veröffentlichten Inhalte sollten stets hilfreich und qualitativ hochwertig sein [16]. Dies kann durch das Verständnis der Wünsche und Bedürfnisse der Suchenden sowie der Daten und dem Befolgen von Anleitungen, durch zum Beispiel Google, erreicht werden [16].

Bereits erwähnt sind die Gruppen Content (Inhalt) und Code bei den On-Page-Faktoren. Der Content (Inhalt) konzentriert sich auf die wichtigsten Punkte bei der Veröffentlichung von Inhalten der Suchenden. [15]. Hierbei wird auf eine gewisse Qualität bei den Webseiten geachtet, was bedeutet, dass der Inhalt gut geschrieben ist und keine Fehler beinhalten sollte [15]. Grundsätzlich sollte ein Fokus auf den Keywords (Suchwörter) liegen, denn wenn die Suchwörter, auf die hin optimiert wurde, nicht von den Suchenden gesucht werden, hat die Optimierung keinen Nutzen [17, S.207]. Aus diesem Grund sollten die Suchwörter bekannt sein, die die Suchenden nutzen [15]. Weiterhin sollte die Webseite aktuell gehalten werden, die Nutzung von Multimedia-Elemente beinhalten und eine gewisse Relevanz für die Suchenden im Informationsbereich haben sowie deren Fragen beantworten [15]. Es sollte den Nutzern einen Mehrwert bieten, dazu zählt auch eine gewisse Tiefe in Themen zu haben und aus der Masse von Webseiten herauszustecken [15].

Der Code, die zweite Gruppe, ist nicht direkt für die Benutzer sondern für die Suchmaschinen zu sehen [15]. Hierbei sollte man HTML, strukturierte Daten und die Programmiersprache verstehen [15] und so die vorgegebenen Elemente der HTML ausnutzen, um die Sichtbarkeit der Webseite zu erhöhen [17, S.209]. Diese Gruppe soll das Benutzererlebnis verbessern und Suchmaschinencrawlern dabei helfen, Inhalte darzustellen und zu verstehen [15]. Dazu gehört es, einen optimalen, optimierten Titel zu schreiben und

eine passende Meta-Beschreibung für die Webseiten zu nutzen [15]. Diese beiden Elemente verwendet die Suchmaschine für die Trefferbeschreibungen auf den Suchergebnisseiten [17, S.209]. Außerdem ist die Verwendung von den Suchmaschinen vorgegebenen Format für die Beschreibung strukturierter Daten sinnvoll, damit Entitäten identifiziert sowie der SERP-Snippets verbessert werden können [15]. Zuzüglich sollten die verschiedenen hierarchisch angeordneten Tags für die Überschriften genutzt werden und relevante Keywords enthalten [17, S.209]. Zudem sollten image alt Tags benutzt werden, welche die Barrierefreiheit und die Bild-SEO verbessern kann [17, S.209].

### **Off-Page-Faktoren**

Bei den Off-Page-Faktoren handelt es sich nicht direkt um SEO, da diese externe Einflüsse sind, die nicht vom Entwickler selbst optimiert werden können [16]. Ein Thema ist das Linkbuilding, also der Erwerb von Links, die auf die eigene Webseite zeigen. Dies kann Vorteile wie besseres Ranking oder höheren Traffic mit sich bringen, wenn diese von vertretbaren Webseiten kommen [16]. Hierbei ist aber die Devise, dass Linkqualität die Linkquantität schlägt [16].

Unter den Off-Page-Faktoren fallen die Gruppen Links, Credibility (Glaubwürdigkeit) und User (Benutzer). Die erste Gruppe ist die Gruppe Links. Links haben eine hohe Bedeutung, dies hat Google mit dem PageRank-Algorithmus gezeigt [15]. Dabei zeigt Google, dass dies ein wichtiger Faktor für die Leistung einer Webseite bei der Suche sei [15]. Mit der Zeit wurde aber mehr auf die Qualität der Links geachtet als auf die Quantität [15]. Dabei konzentriert sich die Gruppe Links auf die Links, die von und zu einer Webseite gehen sowie Kontextlinks [15]. Eine Art der Links sind Anker, der ein Text ist, den andere Websites verwenden, wenn sie auf die die erstellte Webseite verlinken, oder ein Text, den Sie verwenden, wenn sie auf interne oder externe Webseiten verlinken [15]. Weiterhin gibt es eingehende Links, die möglichst hochwertig sein sollten [15]. Damit sind Links von vertrauenswürdigen, relevanten und beliebten Websites Dritter gemeint [15]. Auch wichtig sind die internen Links, die innerhalb der eigenen Webseite liegen (Navigation oder Breadcrumbs)[15]. Zudem können diese die Seiten zeigen, die am meisten vom Ersteller geschätzt werden [15]. Zuzüglich kann auf geachtete Externe verlinkt werden, um einen Mehrwert für die Benutzer zu schaffen [15].

Die Glaubwürdigkeitsgruppe, die zweite Gruppe, fokussiert sich auf die Elemente, die

sich auf den Ruf auswirken können und eine Auswirkung auf die Sichtbarkeit der organischen Suche hat beziehungsweise auch darauf, wie viel Vertrauen eine Suchmaschine der Webseite zuspricht [15][17, S.209]. Auch Google betont deren Bedeutung anhand der Suchqualitätsbewertungsrichtlinien durch ein Konzept namens E-E-A-T, das für Erfahrung (Experience), Fachwissen (Expertise), Autorität (Authoritativeness) und Vertrauenswürdigkeit (Trustworthiness) steht [15]. Diese Faktoren stellen zwar keine direkten Ranking-Signale dar, sollen aber helfen zu verstehen, was die Suchalgorithmen belohnen möchten [15]. Unter Vertrauenswürdigkeit wird die Genauigkeit, Ehrlichkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit in allen Inhalten auf der gesamten Website gezeigt [15]. Dies überschneidet sich mit den Elementen Erfahrung, Fachwissen und Autorität [15]. Autoren sollten Inhalte so verfassen, dass diese aus ihren eigenen Erfahrungen stammen (Erfahrung) und auf der Grundlage von Fachwissen (Fachwissen) [15]. Ebenfalls hilft die Autorität eines Autors, also das, was über denjenigen im Web gesagt wird [15]. Außerdem sollte eine Brand beachtet werden, da diese widerspiegelt, wie die Webseite wahrgenommen wird [15]. Ebenfalls spielt das Leben des Autors der Webseite und ebenfalls Beiträge zu diesem eine Rolle [15].

Als letzte Gruppe gibt es noch die User Gruppe. Beispielsweise lautet eine von Googles Grundüberzeugungen: „Unsere Nutzerinnen und Nutzer stehen an erster Stelle, alles Weitere folgt von selbst“ [10]. Aus diesem Grund sollte der Benutzer genauesten verstanden werden und dessen Bedürfnisse erfüllt werden [15]. Google evaluiert deshalb all das, was in den Suchergebnissen durch den Benutzer passiert [15]. Die Benutzererfahrung steht hier im Vordergrund und alle Elemente sind von den Benutzern gesteuert [15]. Darunter fallen die Zugänglichkeit, alle Benutzer sollen es benutzen können, und die Absicht, wobei die Absicht hinter Schlüsselwörtern oder Themen verstanden werden soll [15]. Außerdem verfolgen und analysieren Suchmaschinen jede Interaktion mit der Suchergebnisseite [15]. Weiterhin sollte die lokale Suche betrachtet werden, sodass für spezielle Orte ein einzigartiges, authentisches Erlebnis geschaffen wird [15]. Weiterhin gibt es die Zufriedenheit. Wenn Benutzer zufrieden sind, gehen sie nicht oder wechseln zur Konkurrenz [15]. Zuletzt sollte die Aufgabenerfüllung genannt werden, die den Leuten hilft, ihre Ziele zu erreichen, indem man ihnen die Lösung zum Ziel zeigt [15].

### Technisches SEO

Das technische SEO oder auch genannt Suchmaschinen-optimierte Website-Struktur ist entscheidend und grundlegend für den SEO-Erfolg [16]. Wie bereits erwähnt werden hier die technischen Elemente optimiert [16].

Die Optimierung sorgt dafür, dass die Architektur optimal ist [16]. Dazu sollte die erstellte Webseite von den Suchmaschinen gecrawled und indexiert werden können [16]. Zuzüglich sollte es für die Suchmaschine einfach gemacht werden, den Inhalt der Webseite zu finden und darauf zuzugreifen [16]. Darunter fallen technische Elemente wie die URL-Struktur, die Navigation, die interne Verlinkung und mehr [16]. Ein weiterer Faktor ist außerdem die Benutzererfahrung, denn Suchmaschinen gewichten Webseiten, die schnell laden und eine gute Benutzererfahrung bieten, besser [16]. Dazu zählen die Core Web Vitals, die Mobilfreundlichkeit und die Gebrauchstauglichkeit sowie HTTPS und keine aufdringliche Bannerwerbung [16]. Weiterhin sollten auch die strukturierten Daten (Schemata) betrachtet werden, denn das Hinzufügen des Codes dafür kann der Suchmaschine beim Verstehen der Inhalte helfen [16]. Dies ermöglicht es ebenfalls, die Suchergebnisse zu verbessern [16].

Beim technischen SEO gibt es zwei Gruppen: Architecture und Performance. Bei der Gruppe Architecture geht es um die Seiten-Struktur. Wenn eine gute Seiten-Struktur besteht, kann dies unterstützend wirken für das technische SEO [15]. Wenn dies nicht der Fall ist, kann dies für eine schlechtere SEO Bewertung sorgen [15]. Generell ist die Architecture Gruppe für die Untersuchung der Schlüsselemente zur Erstellung einer Webseite da [15]. Darunter fällt die Leichtigkeit für Webcrawler eine Webseite zu crawlen sowie eine einfache Navigation für die Benutzer zu bieten [15]. Dabei soll gleichzeitig klar sein, worum es inhaltlich auf der Webseite geht [15]. Eine Optimierungsmaßnahme, die unter diese Gruppe fällt, ist dass dafür gesorgt wird, dass die erstellte Webseite leicht crawlbar ist, sodass sie den Inhalt aller Seiten vollständig rendern können [15]. Weiterhin sollte eine Taxonomie bestehen, sodass die Webseiten für die Auffindbarkeit und thematische Autorität strukturiert sind [15]. Dies erfolgt, indem Themen und Unterthemen miteinander verknüpft werden und sie um Entitäten herum optimiert werden [15]. Es sollte ebenfalls ein Gleichgewicht in der Seitenstruktur zwischen Hauptinhalt, Zusatzinhalt und Werbung herrschen [15]. Benutzer sowie auch Suchmaschinen sollten diese voneinander trennen können [15]. Ein weiterer Punkt ist Mobile First, wobei zunächst das mobile Erlebnis optimiert werden soll [15]. Zuzüglich sollten URLs einfach gehalten werden und beschreibende Wörter beinhalten [15]. Es sollten zudem auch kanonische

Links und Weiterleitungen benutzt werden, sodass Doppelungen vermieden werden und Inhalte konsolidiert sind [15]. Außerdem sollte der Inhalt sinnvoll auf mehrere Komponentenseiten aufgeteilt werden [15]. Schlussendlich wird in dieser Gruppe auch darauf geachtet, dass HTTPS genutzt wird, sodass die Webseite für die Benutzer sicher ist [15].

Neben dieser Gruppe gibt es die Performance Gruppe. In dieser Gruppe wird sich auf die Leistung konzentriert, wobei bedacht wird, dass bei schlechter Leistung die Benutzer frustriert sein können, was sich negativ auf Engagement, Conversions und Umsatz auswirken könnte [15]. Hierzu sollte Geschwindigkeit auf jedem Gerät beim Laden einer Webseite schnell sein [15]. Weiterhin sollte auch eine schnelle Reaktionsfähigkeit bei einer Webseite vorhanden sein, was bedeutet, dass die Zeit zwischen einer Benutzerinteraktion und der Aktualisierung des Seiteninhalts reduziert werden sollte [15]. Ebenfalls sollte eine visuelle Stabilität existent sein, wobei die Bewegung des Inhalts auf der Seite (z. B. Text, Bilder, Schaltflächen) beim Laden der Seite minimal sein sollte [15].

## 2.2 Progressive Web App (PWA)

Nachdem die Suchmaschinen-Optimierung erläutert wurde und somit das Thema auf das das folgende Thema Progressive Web App einwirkt, werden nun grundlegende Informationen über die Progressive Web Apps dargelegt. Zunächst wird erklärt, was eine Progressive Web App ist und welche Besonderheiten diese mit sich bringt. Nachfolgend wird die Relevanz dieser Anwendung in der Welt der Anwendungsentwicklung erläutert. Zusätzlich werden außerdem die Eigenschaften einer Progressiven Web App erörtert, die so eine Anwendung erfüllen sollte. Zum Ende des Kapitels wird die technische Umsetzung einer Progressiven Web App erläutert, um damit später die einzelnen Faktoren aufzuzeigen, die für eine mögliche Verbindung zur Suchmaschinen-Optimierung beitragen.

### 2.2.1 Definition, Relevanz und Merkmale

#### Definition und Einführung

Die Progressive Web App (kurz PWA) ist ein Anwendungsmodell, welches den Funktionsumfang nativer Anwendungen und die plattformübergreifende Ausführbarkeit von

Webanwendungen vereinen soll [18, S.32]. Dadurch soll die Möglichkeit von der Installierbarkeit von Anwendungen auf dem Homebildschirm, Pushbenachrichtungen sowie der Offlinefähigkeit ermöglicht werden [18, S.32]. Darunter versteht sich bei der Offlinefähigkeit, dass wenn keine Internetverbindung besteht, die Anwendung sich trotzdem öffnet und benutzbar ist [18, S.54]. Bei der Fähigkeit, Pushbenachrichtungen zu erhalten, sollte die Anwendung in der Lage sein, den Benutzer über externe Ereignisse zu informieren [18, S.54]. Ebenso sollten Daten aufbereitet und synchronisiert werden, während die Progressive Web App im Hintergrund läuft. Dass bedeutet, diese läuft auch wenn die App oder der Webbrowser nicht geöffnet sind [18, S.54]. Die Progressiven Web Apps müssen nicht durch eine zentrale Betriebsplattform installiert werden, sondern werden im Browser ausgeführt [18, S.33]. Weiterhin können diese nicht nur in der Browserregisterkarte vorgefunden werden, sondern können durch eine Verknüpfung zur App direkt vom Homebildschirm beziehungsweise Desktop aufgerufen werden [18, S.33]. Beim Öffnen dieser Verknüpfung kann eine andere Ansicht der Progressive Web App erzielt werden [18, S.33]. Dabei kann auf Wunsch die Anwendung ohne Menüleiste beziehungsweise Statusleiste angezeigt werden [18, S.33]. Zudem wird diese aufgerufen wie eine eigenständige App in vollen Abmessungen des Bildschirms auf dem Mobilgerät beziehungsweise als eigenes Fenster auf dem Desktop mit nativer Fensterdekoration [18, S.33]. Zuzüglich wird eine PWA eigenständig in der Taskleiste beziehungsweise im App-Switcher angezeigt [18, S.33]. Durch diese Möglichkeiten kann die Progressive Web App so gebaut werden, dass diese Anwendungen zu Nativen kaum unterscheidbar sind [18, S.33].

Um diese Möglichkeiten zu schaffen, wurden Web-Schnittstellen eingeführt, worunter der Service Worker und das Web App Manifest fallen [18, S.32]. Hierbei ist der Service Worker dafür verantwortlich, die Funktionalität der Offlinefähigkeit und die Möglichkeit zum Erhalt von Pushbenachrichtungen zu ermöglichen sowie die Anwendung weiterhin im Hintergrund laufen zulassen [18, S.56]. Das Web App Manifest ist für den Punkt der Platzierung der App auf dem Homebildschirm sowie dessen Darstellung als native Anwendung zuständig [18, S.56]. Diese beiden Webschnittstellen - Service Worker und Web App Manifest - sind bereits seit 2014 in Googles Webbrowser Chrome implementiert und sind das technische Rückgrat der Progressiven Web Apps [18, S.56]. Die genaue Erläuterung dieser Technologien folgt in einem der folgenden Unterkapitel 2.2.2 Technische Komponenten und Strategien, da es in diesem Abschnitt rein um die Einführung in das Thema Progressive Web App gehen soll und das Technische zunächst thematisch vernachlässigt wird.

### **Relevanz**

Es besteht eine Problematik, die das Anwendungsmodell der Progressive Web App lösen soll: die Plattformproblematik [18, S.50]. Die Plattformproblematik besteht darin, dass es zu viele Plattformen gibt, die es abzudecken gilt. Große Unternehmen können es sich leisten, mehrere Plattformen inklusive Entwicklung und Wartung gezielt abzudecken, wo hingegen kleinere Unternehmen dabei Probleme haben [18, S.51]. Es gibt unzählige Plattformen. Zunächst gibt es beispielsweise Android, iOS auf den Smartphones und Tablets, dann gibt es wiederum macOS, Windows oder Linux auf den Laptops und Desktops und danach folgen noch alle anderen Arten von Geräten wie Smart-TVs und Spielekonsolen oder smarte Geräte [18, S.51]. Hierbei muss ebenfalls bedacht werden, dass es bei den verschiedenen Plattformen unterschiedliche Programmiersprachen gibt und andere Handhabungen mit den jeweiligen Plattformen existieren [18, S.51]. Was jedoch von allen Plattformen und fast jedem Geräten benutzt werden kann, sind die Webbrowser [18, S.51]. Das Web stellt somit die größte Anwendungsplattform dar [18, S.51]. Der Technologie-Stack Web kommt somit als einzige infrage, mit nur einer einzigen Codebasis alle Plattformen abzudecken, um eine Plattformunabhängigkeit zu erreichen [18, S.51]. Und genau hier setzen die Progressive Web Apps an und sorgen dafür, dass es ein Modell zur Entwicklung von Anwendungen gibt, welche plattformübergreifend (cross-platform) ausführbar sind [18, S.51]. Die Progressive Web Apps können von jedem Gerät ausgeführt werden, welches einen halbwegs modernen Browser unterstützen, das heißt vom Smartphone mit Android bis zum Desktopcomputer mit Microsoft Windows [18, S.32]. Diese Lösung des Problems sorgt dafür, dass die meisten Menschen die Anwendung über ihr jeweiliges Gerät bedienen können [18, S.32]. Dies löst sowohl das Problem für Entwickler beim Entwickeln, als auch für die Benutzer die Gerätenutzung [18, S.32].

### **Merkmale einer PWA**

Die Einführung in das Thema Progressive Web App und die Relevanz der plattformübergreifenden Ausführung hat uns eine Anwendungsart gezeigt, die mit mächtigen Webschnittstellen ausgestattet ist und eine Darstellung, die eine native Anwendung haben kann [18, S.57]. Eine Progressive Web App ist vielmehr nur ein Entwurfsmuster höherer Ordnung (Über-Pattern) als eine greifbare Technologie, welche Anforderungen an ein Webanwendung hat [18, S.57]. Alex Russell (Produktmanager bei Google), einer der Namensgeber der Progressiven Web Apps, benennt deren Eigenschaften in seinem

Blogpost im Jahr 2015 [25]. Er zählt insgesamt neun Eigenschaften auf, die dafür sorgen sollen, dass die Webanwendungen auf die Browser-Tabs verzichten und so mehr die „Anwendungs“-Intention verfolgen: app-like-interactions, responsive, connectivity independent, fresh, safe, discoverable, re-engageable, installable, linkable [25]. Dabei sagt Russell, dass diese Leistungen als progressive Verbesserungen eingebaut werden können und schafft eine weitere Eigenschaft für die Progressiven Web Apps, die sich im Namen des Anwendungsmodells widerspiegelt und somit dessen Wesen beschreibt: progressive. [25] Nachfolgend werden alle Eigenschaften näher beschrieben und erläutert:

### **Progressive**

Einerseits beschreibt die Eigenschaft progressiv, wie schon oben genannt, die ursprüngliche Grundidee von Alex Russel [18, S.158]. Diese spiegelt wider, wie sich die Progressive Web App in einem bestimmten Verhältnis steigernd entwickelt [18, S.158]. Zunächst ist die PWA eine Registerkarte in einem Webbrowser [18, S.158]. Mit der Feststellung des Webbrowsers, dass der Nutzer häufig mit der Progressiven Web App interagiert, erscheint ein Installationsbanner [18, S.158]. Es zeigt die Möglichkeit an die Anwendung, sich auf dem Homebildschirm zu installieren [18, S.158]. Nach der Installation kann die Progressive Web App über ein Shortcut-Icon auf dem Hauptbildschirm in einem Vollbildmodus ausgeführt werden und ähnelt einer nativen App [18, S.158].

Andererseits vertritt die Eigenschaft progressiv das Prinzip Progressive Enhancement [18, S.158]. Dabei wird eine plattformübergreifende Grundfunktionalität immer gewährleistet und bei gegebener Unterstützung des Webbrowsers erhält der Anwender zusätzliche Funktionalität [18, S.158]. Dieses Prinzip ist wichtig, weil nicht alle Anwender einen starken Webbrowser zur Verfügung haben, der die Funktionalität einer Progressiven Web App unterstützen kann [18, S.158]. Es sorgt dafür, dass eine Progressive Web App abwärtskompatibel genutzt werden kann und möglichst kein Anwender ausgeschlossen werden soll [18, S.158].

### **App-like-interactions**

Das Aussehen sowie das Verhalten einer nativen Anwendung soll in einer Progressiven Web App gegeben sein, sodass der Anwender annimmt, dass er eine native Anwendung bedient [18, S.163]. Dies wird unter der Eigenschaft app-like verstanden [18, S.163]. Zum Immitieren einer nativen Anwendung sollten gestalterische Aspekte wie Navigationsstrukturen, Animationen und die Nutzung nativer Schnittstellen übernommen werden [18, S.164]. Bei der Umsetzung dieser Eigenschaft werden verschiedene Ebenen der Softwareentwicklung mit einbezogen, von der Anwendungsarchitektur bis hin zu der Benut-

zeroberfläche [18, S.163].

Die Ebene der Anwendungsarchitektur setzt hier auf das Single-Page Web Application Framework, sodass die Anwendung nativer wirkt [18, S.164].

Auf der Funktionsebene soll die native Funktionalität genutzt werden, wobei diese durch Webschnittstellen erhalten werden soll. Darunter fallen der Zugriff auf die Kamera oder das Mikrophon des Gerätes sowie das Wiedergeben von Medieninhalten, die offline Nutzung und die Möglichkeit, Anwender über Push-Benachrichtigungen über externe Ereignisse zu informieren [18, S.164].

Die Ebene der Benutzeroberfläche setzt an die native Ader an und möchte die Benutzeroberfläche der nativen Anwendungen angleichen [18, S.164]. Dies erfolgt durch das Anwenden von Navigationsstrukturen, Steuerelementen, Effekte und Animationen, die bei nativen Anwendungen benutzt werden [18, S.164].

Im Endeffekt soll der gesamte Auftritt der Progressive Web App so sein, dass der Benutzer nicht wahrnimmt, dass dieser mit einer Webseite interagiert, sondern mit einer nativen Anwendung [18, S.165].

### **Responsive**

Die Progressive Web App soll sich stets dem Bildschirm des jeweiligen Endgerätes anpassen, dies wird unter der Eigenschaft responsive verstanden [18, S.185]. Es ist dafür verantwortlich, dass jeder Nutzer sinnvoll die Anwendung verwenden kann, ob dieser ein Smartphone, Tablet, Notebook oder Desktopcomputer verwendet oder sogar einen Fernseher verwendet [18, S.185].

### **Connectivity independent**

Bei der nächsten Eigenschaft wird eine Nutzung der Progressive Web App bei fehlender oder schwacher Internetverbindung vorausgesetzt [18, S.168]. Dabei sollte, falls die Ausführung einer Kernaufgabe zeitweise nicht möglich ist, keine Beeinträchtigung des Anwenders bei der Durchführung dieser erfolgen, sodass die Ausführung zu einem späteren Zeitpunkt bei besserer Internetverbindung abgeschlossen werden kann [18, S.168].

Das Prinzip der Verbindungsunabhängigkeit kann auf verschiedenen Stufen erfolgen [18, S.168]. In einfachster Form muss es ermöglicht werden, dass das Öffnen der Progressive Web App offline möglich ist und dort eine standardisierte Ansicht gezeigt werden kann [18, S.168]. Weiterhin sollen Anwenderdaten auch offline zunächst im lokalen Datenspeicher gehalten werden, sodass jederzeit auf diese zugegriffen werden kann und der Anwender nicht von weiteren Eingaben abgehalten wird [18, S.170]. Bei genügend starker Internetverbindung können diese an den entfernten Datenspeicher übertragen werden [18,

S.170]. Das Mittel zur Umsetzung dieser Eigenschaft ist der Service Worker, der dafür sorgt das bestimmte Quelldateien offline vorhanden sind, was in einem späteren Kapitel näher behandelt wird [18, S.168].

### **Fresh**

Die Eigenschaft fresh zielt drauf ab, dass der Nutzer trotz einer lokalen Offlinekopie der Webanwendung schnellstmöglich die aktuellste Websiteversion zur Verfügung hat und dass dies zu keinen Inkonsistenzen zwischen zwei Websiteversionen führt[18, S.173]. Somit muss für diese Eigenschaft ein Updateprozess gefunden werden, der garantiert, dass der Service Worker, der für die Ermöglichung der anderen Eigenschaften sorgt, vernünftig erneuert wird [18, S.173].

### **Safe**

Aus Sicherheitsgründen soll die Progressive Web Anwendung über HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) übermittelt werden, sodass eine gesicherte Verbindung zwischen Webbrowser und Client besteht [18, S.175]. Dies ermöglicht den Schutz vor Abhören und Manipulation und wahrt somit Vertraulichkeit und Integrität [18, S.175]. Weiterhin soll eine PWA nicht die Sicherheit von Browsern, Desktopcomputern und Mobilgeräten untergraben [18, S.175]. Ebenfalls hat der Service Worker der PWA Zugriff auf mächtige Features, wie seine Proxy-Funktion, die im nächsten Unterkapitel näher erläutert wird [18, S.175]. Deswegen ist die Installation nur über eine gesicherte Verbindung gestattet [18, S.175]. Die gesicherte Verbindung ist zu erkennen am HTTPS-Bestandteil der URL und am Schloss-Symbol in der Adresszeile [18, S.175].

### **Discoverable**

Ein Webbrowser sollte wissen, um welche Website es sich handelt, somit versteht sich unter der Eigenschaft discoverable, dass eine PWA unterscheidbar von regulären Webseiten ist [18, S.191]. Dies soll durch das Web App Manifest erfolgen, welches dafür erschaffen worden ist und eine separate Spezifikation darstellt, die Metadaten enthält [18, S.191]. Diese Informationen ermöglichen es Suchmaschinen und Browsern, die PWA als eigenständige Anwendung zu erkennen und korrekt darzustellen [18, S.191]. Dies wird in einem späteren Kapitel ausführlicher behandelt [18, S.191].

### **Re-engageable**

Eine Progressive Web App sollte versuchen Nutzer an die Anwendung zu binden und ermutigen die Webseite erneut zu verwenden [18, S.199]. Dies kann klassisch anhand von

Push-Benachrichtungen erfolgen [18, S.199]. Dabei kann über externe Ereignisse, abgeschlossene Aktivitäten oder bekannte Ereignisse benachrichtigt werden [18, S.199]. Die Benachrichtungen sollen auch erscheinen, wenn die Anwendung geschlossen ist, welches durch den Service Worker realisiert wird [18, S.199]. Damit dies nicht missbraucht wird, wird meist der Nutzer zuvor nach seinem Einverständnis von dem Webbrowser gefragt [18, S.199].

### **Installable**

Die Eigenschaft `installable` besagt, dass es die Möglichkeit geben soll, die Anwendung auf den Homebildschirm zum Beispiel eines Smartphones oder einer Programmliste des Betriebssystems herunterladen zu können [18, S.197]. Damit eine Progressive Web Anwendung installierbar ist, wird ein Web App Manifest benötigt, welches die Informationen zur Darstellung der Verknüpfung zeigt [18, S.197]. Die Verknüpfung soll bewirken, dass die Anwendung vollflächig in einem eigenen Fenster als eigenständiges Objekt geöffnet wird und nicht mehr im Browser [18, S.197]. Damit wird dann auch die Anwendung im App-Switcher bzw. in der Taskleiste angezeigt [18, S.197]. Die Installierbarkeit einer Progressiven Web App soll nach Alex Russels Idee erst dann erfolgen, wenn der Browser durch Überwachung der Nutzungsdauer feststellt, dass der Nutzer diese häufig verwendet. Erst dann soll der Nutzer ein Banner zum Installieren angezeigt bekommen [18, S.196].

### **Linkable**

Eine Progressive Web App soll erreichbar sein, dies wird mit der Eigenschaft `linkable` umgesetzt [18, S.204]. Eine Progressive Web App kann mithilfe einer URL sogar in einem bestimmten Zielzustand aufgerufen werden [18, S.204]. Da diese Anwendung nicht ohne URL funktioniert, ist dies eine geschenkte Eigenschaft [18, S.204]. Weil die Anwendung durch eine URL erreicht werden kann, kann zur Verbreitung ein Link geschickt werden und benötigt keinen App-Store oder ein Setup-Paket [18, S.204]. Um bestimmte Seiten oder auch Zielzustände einer Seite zu erreichen, hilft das Single-Page Web Application Framework, welches meist eine Unterstützung für das clientseitige Routing bildet [18, S.204].

Da die zuvor genannten Eigenschaften nur eine Sammlung an Anforderungen darstellen, gibt es keinen festgelegten Stil um diese Eigenschaften zu implementieren [18, S.58].

### 2.2.2 Technische Komponenten und Strategien

Im Weiteren erfolgt nun eine konkretere Betrachtung der technischen Komponenten. Dabei werden die Schlüsseltechnologien und Strategien einer Progressiven Web App aufgezeigt, die die Eigenschaften einer Progressiven Web App umsetzen. Hierbei wird zunächst der Service Worker als erste Schlüsseltechnologie vorgestellt und als zweites das Web App Manifest. Danach folgen die zwei Haupt-Strategien: Responsive Design und Mobile First. Hinzuzufügen ist, dass es sich um eine allgemeinere Darstellung dieser Komponenten handelt, da sich die Arbeit nicht mit der Umsetzung dieser Bestandteile beschäftigt. Es wird Fokus auf die technischen Komponenten und Strategien gelegt, welche Auswirkungen auf die Suchmaschine-Optimierung haben könnten.

#### Service Worker

Der Service Worker ist die Schlüsseltechnologie einer Progressiven Web App [18, S.279]. Dieser setzt mehrere Eigenschaften des vorigen Unterkapitels 2.2.1 Merkmale einer PWA um, welche die Progressive Web App nativer wirken lässt [18, S.279].

Der Service Worker ist für die Offlinefähigkeit zuständig, da dieser wie ein Proxy agiert. Ebenso zuständig ist dieser für das Anzeigen von Push-Benachrichtigungen und das Synchronisieren von Daten im Hintergrund, selbst wenn die eigene Webanwendung geschlossen ist [18, S.279]. Weil der Service Worker von einer Webseite registriert wird und losgelöst von ihr ausgeführt werden kann [18, S.279]. Ein Service Worker enthält Infrastrukturcodes und agiert losgelöst von der Anwendungsentwicklung [18, S.279].

Der Service Worker wird in einem separaten Thread vom Hauptthread ausgeführt und hat keinen Zugriff auf das Document Object Model (DOM) des Elterndokuments oder des globalen Kontextes [18, S.283]. Ebenfalls wird der Service Worker beim Webbrowser registriert, sodass dieser browserbezogene Schnittstellen zur Verfügung hat [18, S.283]. Der Lebenszyklus eines Service Workers ist unabhängig vom Browserfenster oder der Registerkarte, in welcher die Webanwendung ausgeführt wird [18, S.284]. Ein Service Worker ist für einen Scope (Kombination aus Origin und Pfad) zuständig, auf dem dieser registriert ist [18, S.286]. Der Service Worker kann sich ebenfalls zwischen HTTPS-Anfragen schalten, die unterhalb seines Scopes sind und deren Antworten beliebig zusammensetzen [18, S.286]. Dies wird im weiteren Verlauf unter dem Themenpunkt der Offlinefähigkeit

weiter ausgeführt.

Der Service Worker kann stellvertretend für den Webserver antworten sowie lösgelöst vom Lebenszyklus ausgeführt werden [18, S.291]. Aus diesem Grunde ist der Service Worker sehr mächtig und muss die zugehörige Webseite mit HTTPS übertragen, um die Service-Worker-Schnittstellen nutzen zu können [18, S.291].

In den nachfolgenden Abschnitten werden nun die drei wichtigsten Umsetzungen des Service Workers aufgezeigt: Offlinefähigkeit, Push-Benachrichtigungen und die Synchronisation von Daten im Hintergrund.

### Offlinefähigkeit

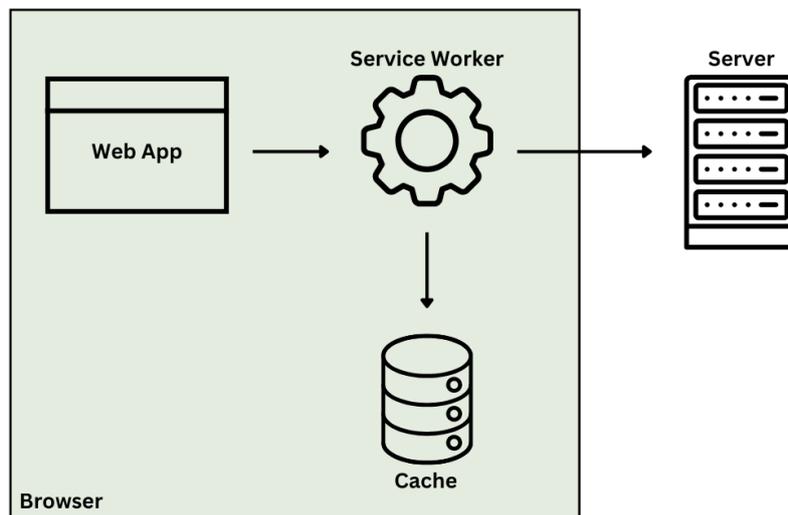


Abbildung 2.2: Sicherstellung der Offlinefähigkeit nach Liebel [18, S.290]

Eine progressive Web App möchte es schaffen, dass diese durch das offline Nutzen einer Webseite nativ wirkt, sodass immer noch ein nutzbarer Inhalt besteht [18, S.168]. Dies bezieht sich auf die Eigenschaft *connectivity independent* [18, S.168]. Dass es nicht zu einer Fehlerseite kommt, kann durch den Service Worker unterbunden werden [18, S.366]. Denn der Service Worker besitzt hierzu zwei Schnittstellen: die Fetch-API und die Cache-API, die sind die Grundlagen der Service-Worker-Spezifikation [18, S.377]. Zum Abfangen der Netzanfragen sowie der Manipulation wird die Fetch-API benutzt [18, S.377]. Die Cache-API ist zuständig dafür, Netzanfragen und deren Antworten in einem lokalen Zwischenspeicher (Cache) zu hinterlegen [18, S.366]. Die Kombination aus

beiden sorgt für eine Offline-Fähigkeit.

Mit der Annahme, dass eine Netzanfrage getätigt wird, übernimmt der Service Worker die Kontrolle über die Antwort durch die Fetch-API [18, S.404]. Es folgt ein Promise, welches auf eine Antwort wartet [18, S.404]. Um dieses Ereignis zu behandeln, gibt es verschiedene Caching-Strategien [18, S.366]. Um die Offline-Fähigkeit grundlegend zu verstehen, wird dies an der Strategie „Cache falling back to network“ erläutert [18, S.413]. Nach der Anfrage wird der Cache geöffnet und mit der Anfrage mit den Inhalten des lokalen Zwischenspeichers gegengeprüft, ob diese dort vorhanden ist [18, S.404]. Wenn der Cache eine Antwort gibt, also eine derartige Anfrage vorliegt, wird die Anfrage mit der dort gespeicherten Antwort beantwortet [18, S.404]. Wenn dem nicht so ist, wird letztendlich eine Netzabfrage gestartet, um die Anfrage beantworten zu können [18, S.404]. Erfolgt keine Antwort von beiden Optionen, wird der Webanwendung ein Verbindungsfehler aufgezeigt [18, S.405]. Die Strategie „Cache falling back to network“ ist je nach Situation passend [18, S.405]. Sie hat den Vorteil, dass eine Cache-Antwort meist schneller ist als eine Antwort aus einer Netzanfrage [18, S.405]. Jedoch gibt es auch den Nachteil, dass Cacheinhalte veraltet sein könnten [18, S.405]. Somit muss die Caching-Strategie je nach Situation gewählt werden, ob eine schnelle Antwortzeit wichtiger ist oder die Aktualität der Antwort.

Um jedoch eine Caching-Antwort zu erhalten, müssen diese vorher im lokalen Zwischenspeicher gespeichert werden [18, S.366]. Das Speichern kann zum Beispiel im Zusammenhang mit der Service-Worker-Installation geschehen, welches dann beispielsweise die Dateien für die App Shell enthalten kann [18, S.389]. Damit sind HTML-, JavaScript- und CSS-Quelldateien oder Bilder und Schriftarten, also statische Dateien gemeint [18, S.392]. Hier werden zwei Parameter gespeichert: die Anfrage und die Antwort. Die Speicherung eines Parameterpaars kann auch gleichzeitig mit der Anfrage einer Ressource erfolgen [18, S.389].

### **Pushbenachrichtigungen**

Das Erreichen des Nutzers wird bei einer Progressiven Web App über die Möglichkeit des Versendens und Erhalten von Benachrichtigungen möglich, nachdem eine Zustimmung erteilt wurde [18, S.470]. Der native Gedanke ist zu erkennen, denn auf mobilen Betriebssystemen sind die Push-Benachrichtigungen nicht mehr wegzudenken und so sollen diese auch bei den Progressiven Web Apps vorhanden sein [18, S.469]. Die Push-

Benachrichtigungen setzen die Eigenschaft re-engageable aus dem vorigen Unterkapitel 2.2.1 Merkmale einer PWA um.

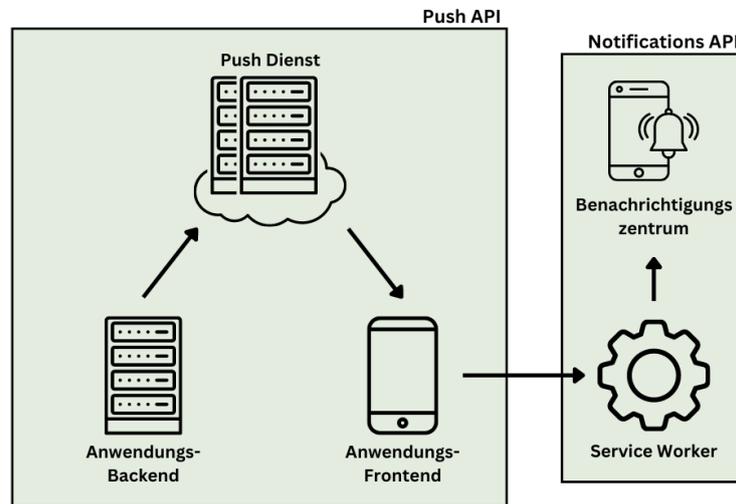


Abbildung 2.3: Übertragung einer Pushnachricht nach Liebel [18, S.493,502]

Die Umsetzung der Pushbenachrichtigungen erfolgt über zwei Spezifikationen: die Push API und die Notifications API [18, S.469]. Diese erweitern die Schnittstellen im Service Worker [18, S.469]. Die Push API sorgt zunächst für die Pushkommunikation zwischen dem Anwendungsbackend und dem Frontend mithilfe eines selbstgewählten Pushdienstes [18, S.469]. Anschließend befasst sich die Notifications API mit der Anzeige der Push-Nachrichten über ein Benachrichtigungsbanner [18, S.469]. Diese werden vom Service Worker entgegengenommen, nachdem dieser vom Webbrowser aufgeweckt wurde [18, S.469]. Zum Erhalt von Benachrichtigungen können Webbrowser einen Hintergrunddienst ausführen [18, S.470]. Dieser kann losgelöst vom Hauptfenster des Browsers arbeiten und sorgt dafür dass keine Notwendigkeit zum Öffnen der Webanwendung zum Erhalt besteht [18, S.470].

### Hintergrundaktivitäten

Das Warten auf hoch- oder heruntergeladene Daten ist für Benutzer eine schmerzliche Erfahrung, die das Erlebnis der Anwendung verschlechtert. Auch die Progressiven Web Apps wollen dies den nativen Anwendungen gleich tun und Hintergrundaktivitäten

ermöglichen. Das Synchronisieren im Hintergrund von Daten soll auch dann zwischen Progressiven Web App und Anwendungsserver möglich sein, wenn die Anwendung nicht geöffnet ist [19].

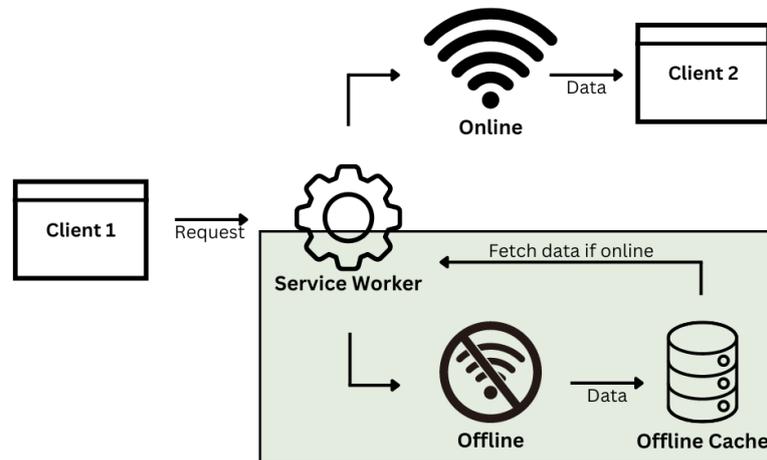


Abbildung 2.4: Synchronisation im Hintergrund nach Liebel [18, S.361]

Dies erfolgt durch die Hilfe der Background Sync API, die die Service Worker Schnittstelle erweitert [19]. Diese Schnittstelle ist verantwortlich dafür, dass wenn eine Internetverbindung besteht, die Daten direkt verschickt werden oder heruntergeladen werden. Wenn jedoch keine Internetverbindung besteht, werden diese im Hintergrund übermittelt, wenn es wieder eine Verbindung gibt [19]. Die Daten werden bis zum Verbindungsaufbau in einem lokalen Zwischenspeicher abgelegt und der Datenaustausch wird dem Service Worker überlassen [18, S.356]. Bei einem Fehlschlagen einer Synchronisierung wird diese zu einem späteren Zeitpunkt erneut angestoßen [19]. Daten können in diesem Fall zum Beispiel Chatnachrichten, E-Mails, Dokumentaktualisierungen, Änderungen an Einstellungen und Foto-Uploads oder um kleine Datenmengen abzurufen [18, S.356].

### Web App Manifest

Die Progressive Web Apps sollen den nativen Anwendungen soweit wie möglich ähneln [18, S.210]. Dazu soll die Progressive Web App eine eigene Verknüpfung auf dem Startbildschirm beziehungsweise Desktop erhalten und sich durch ein natives Aussehen der Anwendung wie die native App anfühlen [18, S.210]. Dies kann durch das Web App Manifest erzielt werden [18, S.210]. Das Web App Manifest ist ein JSON basiertes Dateiformat



das Web App Manifest die Darstellung der Progressiven Web App auf dem jeweiligen Betriebssystem, wobei diese sich für den Anwender wie eine native Anwendung anfühlen soll und nicht unterscheidbar ist (App-Like) [18, S.211].

Teil der Web App Manifest Spezifikation sind verschiedene Eigenschaften des Formats wie in Abbildung 2.5 zu sehen [18, S.214]. Durch die verschiedenen Eigenschaften kann die Darstellung vom Namen, dem kurzen Namen, der Icons, der Farben der Benutzeroberfläche und Hintergrundfarbe der Webanwendung angepasst werden [18, S.214ff.] Zudem lassen sich Metadaten definieren, die zwar nicht zur Laufzeit zu sehen sind, sich jedoch für die Darstellung in Suchmaschinen oder App Stores eignen [18, S.232]. Darunter fällt der Erklärungstext, Screenshots und eine Kategorieeinordnung [18, S.232]. Weiterhin lässt sich das Verhalten der Progressiven Web App verändern, wenn es über den Installationseintrag geöffnet wird [18, S.235]. Darunter fällt die Start URL, die geladen werden soll, der Navigationsscope, welche die erlaubten URLs angibt, die Anzeigemodi, welche dafür sorgen, dass es so aussieht wie eine native Anwendung durch den Anzeigemodus standalone und die Bildschirmausrichtung [18, S.235ff.]. Zusätzlich können noch verwandte Apps, der Service Worker, welcher bei der Installation registriert wird und die Alterskennzeichnung angegeben werden [18, S.246ff.].

### Responsive Design

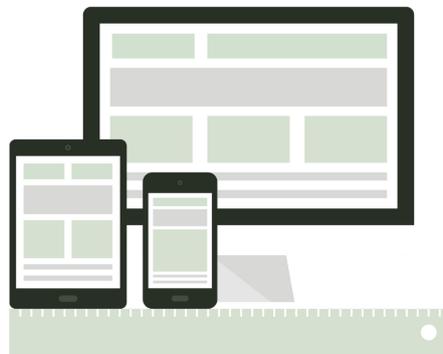


Abbildung 2.6: Beispiel für Responsive Webdesign nach Liebel [18, S.214]

Im Responsive Design wird die Eigenschaft responsive umgesetzt, also die Anpassung der Darstellung für die jeweiligen Bildschirmgrößen. Es ist ein gestalterisches und technisches Paradigma. Es ist ebenfalls ein Prinzip, dass als Wegbereiter für die PWAs gilt. Entwickler haben so die Möglichkeit, mit nur einer Codebasis die komplette Bandbrei-

te an Bildschirmgrößen abzudecken und die Grenzen der verschiedenen Abmessungen fließend zu halten [18, S.186]. Für die sinnvolle Verwendung werden anhand der verfügbaren Bildschirmbreite bestimmte Triggerpunkte definiert, an denen das Layout der Webanwendung umbricht und ein passenderes Layout angewendet wird [18, S.185]. Bei geringerer Bildschirmgröße wie bei einem Smartphone werden Menüs eingeklappt, um mehr Platz für den Inhalt zu schaffen [18, S.185]. Ebenfalls muss dabei auch beachtet werden, dass die Eingaben über ein kleineres Gerät ungenauer werden und aus diesem Grund die Steuerelemente größer sein müssen und mehr Abstand zu anderen Elementen haben müssen als bei größeren Geräten [18, S.186]. Wenn die Bildschirmgröße zunimmt, werden dann auch die Menüs aufgeklappt angezeigt und es können zudem Auswahllisten und zusätzliche Inhalte dargestellt werden [18, S.185].

### **Mobile-First-Paradigma**

Ein weiteres Paradigma, das hilft die Eigenschaft responsive umzusetzen, ist das Mobile First Paradigma [18, S.67]. Dies besagt, dass zunächst die Sichten und Anwendungsfälle im Entwicklungsprozess erst für das Gerät mit den kleinsten Bildschirm und ungenauesten Eingabemethoden entwickelt werden, bevor diese für die größeren Bildschirme entstehen [18, S.67].

## 3 Methodik

In dieser Bachelorarbeit werden die möglichen Auswirkungen, die durch die Implementierung einer Progressiven Web App (PWA) auf die Suchmaschinen-Optimierung (SEO) entstehen, untersucht. Dabei liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf bestimmte Bereiche der Suchmaschinen-Optimierung: Ladezeiten, Benutzerbindung und Benutzererfahrung sowie der Berücksichtigung der mobilen Freundlichkeit. Um diese Fragestellung zu beantworten, wird eine qualitative Kausalzusammenhangsanalyse bestehender Studien und einer quantitativen Analyse von Fallbeispiele von Unternehmen durchgeführt, die eine PWA in ihre Webstrategie integriert haben. Dies soll die praktische Anwendung durch die Unternehmen darstellen.

### 3.1 Forschungsdesign

Die qualitative Kausalzusammenhangsanalyse dient zur Untersuchung der Abhängigkeiten zwischen der Implementierung einer Progressiven Web App (PWA) und den daraus resultierenden Auswirkungen auf verschiedene SEO-Ranking-Faktoren. Die qualitative Herangehensweise ermöglicht es, Einsichten in die Wechselwirkungen zwischen den technischen Implementierungen einer PWA und den Auswirkungen auf die Suchmaschinenoptimierung zu gewinnen, die über rein quantitative Metriken hinausgehen.

Die quantitative Analyse von Fallbeispielen verwendet ein exploratives Forschungsdesign, das auf der Analyse von Endergebnissen basiert, ohne Anspruch auf eine genaue Ursachenzuordnung auf bestimmte technische Komponenten einer Progressiven Web App zu haben. Da die vorliegenden Daten nur einen kleinen Ausschnitt abbilden, wird deshalb eine deskriptive Methode angewandt. Diese explorative Untersuchung zielt darauf ab, allgemeine Muster in der SEO-Performance zu identifizieren, ohne dabei auf detaillierte Vorher-Nachher-Vergleiche zurückzugreifen.

## 3.2 Datengrundlage

Die Datengrundlage der qualitativen Kausalzusammenhangsanalyse ist auf Literatur sowie auf Grafiken gebaut, die die Auswirkungen zwischen einer PWA und dem SEO aufzeigen, die näher auf die Wechselwirkungen durch die technischen Komponenten sowie Strategien einer PWA eingehen.

Die Datengrundlage der quantitativen Analyse besteht aus einer Sammlung von Fallstudien von verschiedenen Unternehmen, die von einer von Google betriebenen Website veröffentlicht wurden. Diese Studien dokumentieren die Einführung einer PWA und berichten über bestimmte Leistungskennzahlen wie die Benutzererfahrung, die mobile Freundlichkeit, die Ladezeiten oder die Benutzerbindung. Allerdings sind diese Daten oft nicht vollständig oder ohne Vorher-Nachher-Vergleiche verfügbar. Die Analyse konzentriert sich daher auf die Endergebnisse der PWA-Implementierung und die damit verbundenen SEO-Auswirkungen.

## 3.3 Datenerhebung und -analyse

Die verwendeten Literaturquellen und Grafikquellen für die qualitativen Kausalzusammenhangsanalyse stammen aus öffentlich zugänglicher Fachliteratur und spezialisierten Webseiten von Unternehmen und Fachleuten im Bereich der Suchmaschinenoptimierung (SEO). Die Fallstudien von verschiedenen Unternehmen werden aus öffentlich zugänglichen Quellen, die von einer von Google betriebenen Website erstellt worden sind, entnommen. Für beide Analysen wird nach den oben genannten SEO-Kriterien strukturiert und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Forschungsfrage ausgewertet.

## 3.4 Einschränkungen

Die qualitative Kausalzusammenhangsanalyse kann die Einschränkung der Aktualität in den Informationen der Literatur haben, da sich die betrachteten Informationen stetig ändern können. Außerdem basieren einige der betrachteten Daten auf Vermutungen oder Annahmen, weil bestimmte Details von Unternehmen nicht vollständig veröffentlicht wurden. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass nicht alle dargestellten Zusammenhänge die Realität exakt widerspiegeln.

Die gewählte Methodik der quantitativen Analyse bringt einige Einschränkungen mit sich. Eine Einschränkung liegt in der Verfügbarkeit der Daten vor. Die vorliegenden Daten bieten nur einen begrenzten Einblick in die Auswirkungen der PWA-Implementierung, da sie nur einen kleinen Ausschnitt des gesamten Optimierungsprozess aufzeigen. Es fehlen dabei meist Vorher-Nachher-Daten und die genauen Ursachenzuordnungen zu PWA-Komponenten, deshalb ist es schwer direkte Kausalitäten nachzuweisen. Meist liegen nur Endergebnisse zu den Leistungsdaten vor. Dennoch ermöglicht die Untersuchung wertvolle Einblicke in allgemeine Korrelationen zwischen PWAs und SEO-Verbesserungen. Es ist ebenfalls nicht möglich, die genaue Ursache einer Verbesserung allein der Implementierung einer PWA zuzuschreiben, da auch andere Faktoren, wie technologische Weiterentwicklungen oder Content-Optimierungen, eine Rolle spielen können. Außerdem basieren die Ergebnisse auf den Erfolgsmeldungen der Unternehmen, was eine mögliche Verzerrung zugunsten positiver Ergebnisse nicht ausschließen kann.

## 4 Verbindung von SEO und PWA

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ranking-Faktoren Benutzererfahrung, Benutzerbindung, mobile Freundlichkeit und Ladezeiten der Suchmaschinen-Optimierung betrachtet. Diese Bereiche sind eng miteinander verbunden und enthalten ähnliche Aspekte, um diese zu verbessern. Nachfolgend werden diese mit den technischen Möglichkeiten der Progressive Web App verknüpft, die ich im Kapitel 2.2.2 bereits beleuchtet habe, um Berührungspunkte aufzuzeigen, die potenziell eine Verbindung zu der Suchmaschinen-Optimierung haben könnte.

### 4.1 Benutzererfahrung

#### SEO Ausführung

Der Rankingfaktor Benutzererfahrung fällt grundsätzlich in den Rankingbereich User [15]. Die Benutzererfahrung konzentriert sich darauf, wie der Benutzer mit der Webseite interagiert [32]. Dabei zählt, wie angenehm es ist mit der Webseite zu interagieren und wie leicht diese benutzt werden kann sowie die aktive Suche eines Nutzers erfüllt [32]. Zusammengefasst ist dies, wie zufrieden der Nutzer mit der Webseite ist.

Google stellt die Benutzererfahrung in deren zehn Grundsätzen an oberste Stelle: „Unsere Nutzerinnen und Nutzer stehen an erster Stelle, alles Weitere folgt von selbst“ [10]. Google zielt darauf ab ihre Dienste und Produkte so benutzerfreundlich wie möglich zu gestalten [10]. Google bewertet mit deren Haupt-Rankingsysteme Inhalte positiv, die eine gute Benutzerfreundlichkeit zur Verfügung stellen [6]. Um eine gute Benutzererfahrung von den Webseiten zu erreichen, nennt Google einige Punkte, die diese verbessern [6]. Darunter fallen beispielsweise eine sichere Bereitstellung der Seite, die mobile Freundlichkeit, eine schnelle Ladezeit der Seite und gute Core Web Vitals-Werte [6]. Dabei werden die mobile Freundlichkeit und die Ladezeit der Seite im späteren Verlauf weiter ausgeführt und die Core Web Vitals nochmals aufgegriffen. Es gibt noch weitere Signale, aber

Google führt diese nicht weiter auf [6]. Zudem nennt Google, dass bei der Benutzererfahrung der Webseiten sich nicht auf ein oder zwei Aspekte konzentriert werden soll, sondern auf viele Aspekte um eine gute Benutzererfahrung zu erzielen [6].

Durch die Einführung der Core Web Vitals kann der Webseitenbetreiber, anhand von nutzerorientierter Messwerte, die Benutzerfreundlichkeit erkennen [31]. Bestandteile der Core Web Vitals Wertung sind die Ladezeit, die Interaktivität und die die Inhaltsstabilität während des Ladens [31]. Das Cumulative Layout Shift (CLS) misst die visuelle Stabilität, also die unerwarteten Layoutverschiebungen [14]. Verschieben sich die Seiteninhalte oder die Schaltflächen beim Ladevorgang sprunghaft, kann dies als negatives Signal für die Benutzererfahrung gewertet werden [14]. Der Interaction to Next Paint (INP)-Wert zeigt die Zeit an, die von einer Nutzerinteraktion bis zur nächsten Bildschirmaktualisierung vergeht und sollte daher sehr gering sein, um als positiv zu gelten [8]. Zusätzlich sollte für eine gute Benutzererfahrung die Webseite eine konstante Benutzeroberfläche haben sowie eine einfache, intuitive Navigation [38]. Auf diese Weise können Nutzer mühelos auf allen Endgeräten navigieren [38].

Ebenfalls bevorzugen Suchmaschinen hochverfügbare Webseiten, da sie eine bessere Benutzererfahrung bieten [33]. Häufige Ausfälle oder Downtime Ihrer Webseite können sich negativ auf Ihr SEO-Ranking auswirken [33].

### **Umsetzung durch PWA**

Die Progressive Web App könnte mithilfe der nachfolgenden technischen Implementierungen die Benutzererfahrung steigern und dadurch eine positive Auswirkung auf die SEO-Leistung erzielen. Zunächst erfüllen die Progressive Web App durch ihr Merkmal *safe* den Punkt der sicheren Bereitstellung. Eine Progressive Web App muss bereits aufgrund der Benutzung des Service Workers mit HTTPS zur Verfügung gestellt werden. Dies wurde im Unterkapitel 2.2.2 *Service Worker* erläutert. Durch die Bereitstellung durch HTTPS wird ein Kriterium der Benutzererfahrung erfüllt und könnte die SEO-Leistung steigern.

Weiterhin bietet die Progressive Web App die Möglichkeit von reaktionsschnellen Webseiten-Interaktionen. Durch den Einsatz des Service Workers wird es ermöglicht Inhalte im Hintergrund herunterzuladen sowie Inhalte zwischen zu speichern. Hierbei kann so eine Seiteninteraktion auf Benutzereingaben wie Klicks oder Taps flüssiger wirken, da Inhalte sofort aus dem Cache aufgerufen werden können ohne Anfragen an einen Server senden zu müssen. Und wenn Anfragen an den Server gesendet werden müssen, reduzieren sich die HTTPS-Anfragen, weil bereits statische Elemente offline gehalten werden.

Dies verbessert die Reaktionsfähigkeit und erzielt einen niedrigeren INP-Wert.

Das CLS kann ebenfalls durch den Einsatz von Service Workern verbessert werden, da viele Ressourcen (wie Schriften oder Bilder) im Cache gespeichert werden, wodurch der Seiteninhalt schneller und stabiler geladen wird, bevor das Layout springt.

Zudem bietet die Offline-Fähigkeit einer PWA die Möglichkeit bei schlechten beziehungsweise gar keinem Internet auf Inhalte weiterhin zuzugreifen. Dies vermittelt eine positive Benutzererfahrung. Suchmaschinen erkennen wie lange und oft der Benutzer mit der Webseite interagiert und bleibt. Durch eine stabile Offline-Funktionalität kann weiterhin problemlos auf den Inhalten der Webseite gescrollt, geklickt und gewiped werden. Dies sendet der Suchmaschine positive Signale und zeigt eine Zuverlässigkeit der Webseite, welches zu einer guten Benutzererfahrung beiträgt, da die Webseite auch bei ungünstigen Situationen weiter funktionsfähig ist.

Durch die Verwendung einer PWA kann eine stabile Benutzeroberfläche gewährleistet werden, was zu einer konsistenten Benutzererfahrung führt. Diese Stabilität wird durch responsives Design und die App-Shell-Architektur erreicht. Dadurch bleibt die Bedienung auf verschiedenen Geräten konsistent, da grundlegende Elemente, wie z. B. die Navigationsleiste, statisch sind und bei jedem Seitenaufruf erhalten bleiben, während der Inhalt dynamisch nachgeladen wird. Dies fördert zudem eine intuitive Navigation, da keine unerwarteten Änderungen oder Brüche auftreten. Dies trägt dazu bei, dass Nutzer sich schnell zurechtfinden und die Bedienung intuitiv bleibt.

Zusammenfassend könnte die PWA die Benutzererfahrung durch verlässliche Erreichbarkeit, vertrauenswürdige Bereitstellung, hohe Reaktionsgeschwindigkeit, visuelle Stabilität und einer intuitiven Benutzeroberfläche verbessern. Und eine verbesserte Benutzererfahrung führt dementsprechend zu einer verbesserten SEO-Leistung.

## 4.2 Benutzerbindung

### SEO Ausführung

Ein weiterer Faktor, der für die Suchmaschinen-Optimierung relevant ist, ist die Benutzerbindung [15]. Dieser Faktor gehört zur Untergruppe der Performance [15]. Es zeigt die Relevanz und Qualität einer Webseite [32]. Bei der Benutzerbindung geht es darum Benutzer an die Webseite langfristig zu binden und zu erreichen, dass die Benutzer zur

Webseite zurückkehren und weiter mit den Inhalten interagieren [32]. Dabei werden Nutzersignale ausgewertet [32].

Suchmaschinen analysieren Nutzersignale mithilfe von getrackten SERP-Klicks, Scroll-Tiefen, Swipes und Query Chains und vieles mehr, um das Benutzerverhalten zu verstehen [32]. Diese Signale geben Aufschluss über die Relevanz des Nutzers [32]. Es gibt verschiedenste Metriken, die das Verhalten der Benutzer messen, um zu erkennen inwieweit die Benutzererfahrung stimmt sowie ob die Optimierung für die Suchmaschinen ein Erfolg war [32]. Zu den gängigsten Verhaltensmetriken gehören die Absprungrate, die Verweildauer und die wiederkehrenden Besuche [32]. Diese Verhaltenssignale zur Benutzerbindung gehen als Indikatoren in die Benutzererfahrung ein und beeinflussen somit das SEO-Ranking [32].

Zunächst wird die Absprungrate betrachtet [32]. Die Absprungrate misst, wie viele Benutzer auf einer Seite landen und sie dann verlassen, ohne mit ihr zu interagieren [32]. Die Absprungrate zeigt, wenn der Inhalt, die Relevanz oder die Benutzerfreundlichkeit der Webseite nicht den Erwartungen Ihrer Benutzer entsprechen [32]. Google liest bei einer hohen Absprungrate der Webseite das negative Signal heraus, dass eine schlechte Benutzererfahrung vorherrscht oder diese nicht relevant für die Suchanfrage ist [32]. Beispielsweise führen zu lange Ladezeiten, schlechtes Seitendesign und schlechte Struktur sowie nicht mobil freundliche Seiten, welches alles Aspekte der Benutzererfahrung sind, zu hohen Absprungraten [32].

Eine weitere Metrik ist die Verweildauer [32]. Je länger die Nutzer mit den Inhalten der Webseite interagieren, desto vorteilhafter ist dies für das SEO-Ranking [32]. Durch eine erhöhte Verweildauer wird signalisiert, dass die Benutzer offensichtlich die Inhalte interessant sowie relevant finden [32]. Ebenfalls zeigt, dass die Website eine positive Benutzererfahrung bietet [32].

Weiterhin gibt es die Kundenbindungsrate [32]. Diese besagt, wie viele wiederkehrende Benutzer die Webseite während eines bestimmten Zeitraums besucht haben [32]. Dabei werden die wiederkehrenden Benutzer zum aktuellen Zeitpunkt ins Verhältnis zu den Benutzern eines vorangehenden Zeitpunktes gesetzt, minus den neu dazugekommenen Benutzern [32]. Aus der Bindungsrate kann abgelesen werden, wie der Grad des Engagements und der Loyalität der Zielgruppe ist [32]. Kommt ein Benutzer innerhalb des Zeitraumes wiederkehrend zur Webseite, kann dies ein Hinweis darauf sein, dass die Inhalte für den Benutzer wertvoll und interessant sind [32]. Eine niedrige Bindungsrate zeigt jedoch, dass der Inhalt die Bedürfnisse der Zielgruppe nicht erfüllt oder eine schlechte Webseiten Performance vorliegen könnte [32]. Die Suchmaschinen-Optimierung empfindet diesen Faktor als sehr relevant, da er Auskunft über die Relevanz, Qualität und der

Benutzerzufriedenheit gibt [32].

### **Umsetzung durch PWA**

Die Suchmaschinen-Optimierung kann viele Funktionen einer Progressiven Web App nutzen, um die Benutzerbindung zu stärken und die Benutzer zu einer Rückkehr zur Webseite bewegen. Zu diesen Funktionen zählen die Push-Benachrichtigungen, die die Benutzer auf neue Inhalte hinweisen, selbst wenn die Webseite nicht geöffnet ist. Durch diese regelmäßigen Weckrufe werden die Benutzer dazu gebracht, die Webseite häufiger aufzurufen. Dies erhöht die Benutzerbindung und gibt so die Möglichkeit auf ein besseres SEO-Ranking.

Zusätzlich bieten Progressive Web Apps eine nahtlose Benutzererfahrung über eine Anzahl an verschiedenen Geräten. Durch die responsive Eigenschaft der PWAs können konsistente, optimierte Erfahrungen geschaffen werden. Dadurch wird daraus eine einfache Zugänglichkeit zur Webseite geschaffen. Diese Zugänglichkeit kann die Anzahl der Rückkehrer zur Webseite erhöhen. Da auch dies als Hinweis für wertvolle und relevante Inhalte gilt, kann dies zu einer verbesserten SEO-Performance führen.

Eine Progressive Web App kann auf dem Startbildschirm beziehungsweise auf dem Desktop installiert werden, was den Zugang zur Webseite für Benutzer deutlich vereinfacht und beschleunigt. Aufgrund der ständigen Verfügbarkeit der App auf dem Startbildschirm beziehungsweise dem Desktop, steigt die Wahrscheinlichkeit der Nutzer häufiger zurückkehren, ohne zusätzliche Schritte unternehmen zu müssen. Die Leichtigkeit des Zugriffs ermöglicht eine stärkere Bindung an die Benutzer und erhöht gleichzeitig dabei die Interaktionsrate. Dies fördert einen positiven Einfluss auf die Sichtbarkeit der Webseite in den Suchmaschinen.

Eine wichtige Funktion der Progressive Web App ist die Offline-Fähigkeit. Selbst bei keiner oder instabiler Internetverbindung können Benutzer die Webseite weiterhin nutzen, anstatt sie sofort zu verlassen. Diese Funktion verhindert, dass Nutzer aufgrund von Verbindungsproblemen abspringen, und ermöglicht ihnen, später problemlos weiter zu interagieren, sobald die Verbindung wiederhergestellt ist. Durch die kontinuierliche Zugänglichkeit stärkt dies die Benutzerbindung, senkt die Absprungrate und führt zu längeren Verweildauern. Diese Faktoren können indirekt die SEO-Leistung der Webseite positiv beeinflussen.

Eine weitere Eigenschaft der PWA ist die app-ähnliche Erfahrung, dies beinhaltet schnelle Ladezeiten, intuitive Navigation und flüssige Interaktionen, was einen hohen Komfort für den Benutzer bietet. Durch das angenehmere Nutzungserlebnis kann dies die Häufigkeit

der Nutzung und die Interaktion mit den Inhalten der Webseite fördern. Diese stärkere Benutzerbindung und erhöhte Interaktionsrate wirken sich positiv auf die SEO-Leistung aus, da Suchmaschinen eine bessere Benutzererfahrung und längere Verweildauer als positive Signale werten.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Benutzerbindung durch PWA Funktionen wie die Push-Benachrichtigung, die Offline-Fähigkeit, die App-Verknüpfung und die app-ähnliche Erfahrung gestärkt wird und somit die Benutzer zu einem Wiederbesuch der Webseite überzeugt. Durch die Implementierungen dieser können somit die Verweildauern sowie die Anzahl der Wiederkehrer gestärkt werden und tragen zur positiven Performance-Verbesserung der Suchmaschinen-Optimierung bei.

### 4.3 Mobile Freundlichkeit

#### SEO Ausführung

Die mobile Freundlichkeit ist ein wichtiger Bestandteil der Suchmaschinen-Optimierung und fällt in die Gruppe Architecture [15]. Der Ranking-Bereich der mobilen Freundlichkeit betrachtet, wie die Suchmaschinen-Optimierung mit der Veränderung des Benutzerverhaltens umgeht und wie sie diese in die Ranking-Bewertung einfließen lässt [7, S.771]. Die Veränderung des Benutzerverhaltens beinhaltet, dass Benutzer heutzutage am meisten von mobilen Endgerät auf Suchmaschinen und Websites zugreifen [7, S.771].

Um diesem Trend gerecht zu werden, hat Google die Mobile-First-Indexierung eingeführt und setzt stark auf die mobile Suche [7, S.597, 599]. Ab dem Sommer 2020 setzte Google komplett auf die Mobile-First-Indexierung [7, S.597]. Dies bedeutete, dass alle Webseiten von dem Googlebot, dem mobilem Crawler, nur in der mobilen Ansicht besucht und gerendert werden [7, S.771]. Dabei ist es egal ob diese mobil-tauglich sind oder nicht [7, S.597]. Diese mobile Version zählt für die Ranking-Bewertung für die mobile Suche sowie auch für die Desktop-Suche [7, S.771]. Dies war vorher umgekehrt, das bedeutet, dass die Grundlage für den Ranking-Algorithmus immer die Desktop-Version einer Webseite war, selbst wenn diese auf dem Smartphone als mobile Webseite aufgerufen wurde. [7, S.1781].

Aspekte der mobilen Freundlichkeit sind eine mobilfreundliche Umsetzung der Webseite, schnelle Ladezeiten auf mobilen Geräten, gut lesbare Inhalte sowie eine intuitive Navigation [23]. Die Betrachtung der Ladezeit erfolgt im nächsten Unterkapitel.

Ohne die mobile Optimierung von Webseiten für mobile Endgeräte besteht die Gefahr, dass diese eine schlechte Benutzererfahrung erfahren [7, S.1914]. Dies führt wiederum zu einer niedrigeren Platzierung in den Suchergebnissen [23]. Bei der Suchmaschine Google kann die mobile Freundlichkeit mithilfe von verschiedenen Tools beispielsweise dem Mobile-Friendly-Test oder in der Google Search Console gemessen werden [7, S.741]. Webseiten, die für mobile Benutzer optimiert sind, werden in den Suchergebnissen bevorzugt [23]. Dies wurde durch die Mobile-First-Indexierung ab 2018 durch Google untermauert, wobei schon seit 2015 auf die mobilfreundlichen Websites durch Google geachtet wurde [21][20].

#### **Umsetzung durch PWA**

Die mobile Freundlichkeit kann durch verschiedene Aspekte einer Progressive Web App (PWA) unterstützt werden. Die Webseite kann mobilfreundlich umgesetzt werden durch beispielsweise die Nutzung des Responsive Design. Dies ist auch eine der gängigsten Lösungen zur geräteübergreifenden Optimierung bei der Suchmaschinen-Optimierung. Google empfiehlt diesen Ansatz ebenfalls in den Best Practices für mobile Websites und die Mobile-First-Indexierung, um eine optimale Benutzerfreundlichkeit zu erreichen [9]. Kurzgefasst ist Responsive Design die Anpassung einer gesamten Website an das mobile Endgerät um eine ideale Darstellung der Inhalte zu erzielen. Die responsive Webseiten gelten als Quasistandard für neue Webseiten und schneiden in der Bewertung von Suchmaschinen durch die mobile Optimierung der mobilen Freundlichkeit besser ab. Weiterhin existiert das Mobile First Paradigma, das besagt, dass zunächst die Webseite für die mobile Version erstellt wird und erst dann die Ansicht für den Desktop dazu gebaut wird. Also vom kleinsten Bildschirm zum größten Bildschirm, wobei auch auf die Eingabemethode geachtet wird. Mithilfe des Mobil First Paradigma soll eine Benutzererfahrung speziell für die mobilen Nutzer geschaffen werden. Dies soll eine schnelle und intuitive Bedienung schaffen. Die Navigation für mobile Geräte sollte dabei klar und einfach gestaltet sein, damit Navigationselemente nicht zu viel Platz einnehmen und Inhalte überlagern. Es sollen ebenfalls weitere Menüs und Schaltflächen leicht bedienbar und zugänglich sein. Um eine Erleichterung der Interaktion der Benutzer zu erreichen. Dies bewirkt eine Steigerung der Benutzererfahrung, welches zu einer Optimierung der mobilen Freundlichkeit führt. Somit setzt dies ein positives Signal für die SEO-Leistung. Weiterhin trägt die Funktion der Offlinefähigkeit zur mobilen Freundlichkeit bei. Bei Benutzern, die auf mobilen Endgeräten surfen, kann es dazu kommen, dass diese unterwegs in instabilen Netzwerken oder offline sind. Durch die Umsetzung der Offlinefähigkeit,

können die mobilen Benutzer die PWA weaternutzen. Dies sorgt für eine positive mobile Benutzererfahrung, da die Webseite auch ohne ständige Internetverbindung zuverlässig verfügbar bleibt. Diese durchgehende Zugänglichkeit ist ein wichtiger Faktor für mobile Nutzer, da sie eine reibungslose Interaktion gewährleistet. Dies ist ein äußerst positiver Punkt für die mobile Freundlichkeit und kann somit die SEO-Leistung stärken.

Insgesamt kann in Bezug auf die Suchmaschinen-Optimierung durch die mobile Optimierung anhand der Strategien Responsive Design und Mobile First sowie der Nutzung der Offline-Funktionalität die mobile Freundlichkeit gesteigert werden. Dies sorgt ebenfalls für eine positive mobile Betrachtung von Google für das Mobile-First-Indexing. Dadurch erhöht sich die Chance, dass die Webseite in den Suchergebnissen besser abschneiden kann.

### 4.4 Ladezeiten

#### SEO Ausführung

Ein weiterer technischer Ranking-Faktor, der durch die Suchmaschinenoptimierung betrachtet wird, ist die Ladezeit einer Webseite [17, S.127]. Diese fällt dabei unter die Rankinggruppe Performance [15]. Die Suchmaschine Google bestätigt dessen Relevanz als Ranking-Faktor offiziell, zunächst 2010 für Desktop-Suchen und seit 2018 für mobile Suchen [7, S.880]. Google gibt an, dass eine schnellere Ladegeschwindigkeit zu glücklicheren Nutzern führe [5]. Ebenfalls betont Google, dass eine verringerte Reaktionszeit einer Website laut deren internen Studien zu einem kürzeren Besuch von Nutzern führe beziehungsweise auch zu höheren Absprungraten [5]. Die Ladegeschwindigkeit trägt somit maßgeblich auch zur Benutzerbindung bei [5]. Aus diesem Grunde hat sich Google dafür entschieden dies in den Suchrankings zu berücksichtigen [5]. Somit kann eine schlechte Ladezeit zu einer schlechteren Benutzerbindung führen und indirekt die SEO-Leistung beeinträchtigen [5]. Seit der Einführung des Mobile-First-Indexing durch Google sind auch die schnellen Ladezeiten auf mobilen Endgeräten relevanter durch die mobile Optimierung der Seite [23]. Bei Google wird die Ladezeit der Seite durch das Largest Contentful Paint (LCP) berechnet, welcher die Zeit bis zum Laden des größten Inhalts misst [14]. Wenn ein guter LCP errechnet wurde, bedeutet dies ein schnelles laden des Hauptinhalts und trägt damit auch positiv zur Benutzererfahrung bei [14].

Die Ladezeit hat ebenfalls Auswirkungen auf die Benutzerbindung, denn wenn eine Webseite langsam lädt, kann dies im schlimmsten Fall zum frühzeitigen Verlassen der Webseite führen und dies erhöht die Absprungrate [8]. Benutzer sind ungeduldig und erwarten eine Webseite, die in wenigen Sekunden vollständig lädt [8]. Beispielsweise im Bereich des Mobile Shopping verlassen 40% der Käufer die Webseite, wenn diese länger als 3 Sekunden zum Laden benötigt [1]. Weiterhin sagen 79% der Kunden, die eine schlechte Erfahrung mit der Seitenperformance gemacht haben, dass sie weniger wahrscheinlich diese Webseite nochmal aufsuchen werden [1]. Es zeigt die negativen Auswirkungen von schlechten Ladezeiten auf die Benutzererfahrung und Benutzerbindung sowie dementsprechend dann negativ auf die SEO-Leistung [8]. Dies gilt vor allem in dem Fall von Google, weil dort der Benutzerzufriedenheit ein hoher Wert zugeschrieben wird [31]. Die Suchmaschine sieht schnelle Ladezeiten als Zeichen für qualitativ hochwertige Seiten [8]. Positive Ladezeiten können zu einer höheren Verweildauer, niedrigeren Absprungraten und einer erhöhten Interaktionsrate führen [8].

#### **Umsetzung durch PWA**

Eine Progressive Web App kann Auswirkungen auf die Ladezeiten der Suchmaschinen-Optimierung haben. Dies kann durch eine der Hauptfunktionen einer PWA ermöglicht werden, dem Cache. Anhand dreier nachfolgenden Situationen kann man die Ladezeit gegebenenfalls verbessern.

Zunächst kann die PWA bei schlechter beziehungsweise keiner Internetverbindung die Inhalte schnell laden, wenn diese bereits im Cache gespeichert sind. Bereits gespeicherte Inhalte können, dabei die grundlegenden Assets sein wie beispielsweise die statischen Assets der Webseite: Index-Seite oder Stylesheets, welche zur Installation des Service Workers gespeichert werden. Dies reduziert die Zeit bis zur Interaktivität, was wiederum die Ladezeit verbessert. Eine verbesserte Ladezeit bedeutet somit auch eine Verbesserung im SEO-Ranking.

Des Weiteren ermöglicht die Implementierung einer Progressiven Web App die Minimierung der Server-Anfragen von Inhalten, welche Zeit kosten, durch die bereits gecachten Inhalte. Je weniger auf die Antwort auf Server-Anfragen gewartet wird, desto mehr kann die Ladezeit reduziert werden. Besonders wiederkehrende Benutzer profitieren davon und können meist eine fast sofortige Ladezeit erwarten, da auch oft aufgerufene Seiten im Cache zusätzlich gespeichert werden können. Dies kann die Performance steigern und zu einer verbesserten Bewertung der Core Web Vitals insbesondere der LCP-Faktor führen. Zusätzlich kann es auch zu einer Verbesserung der mobilen Ladezeiten führen, welche für

die Mobile-First-Indexierung durch Google wichtig ist.

Letzteres kann die Zeit beim Übertragen der Seite vermindern, indem die Progressive Web App eine reduziertere Datenmenge benötigt, weil da meist einige Inhalte schon vorab gespeichert sind, da diese beispielsweise oft genutzt werden oder statisch sind und nicht viel verändert werden muss. Somit müssen bei einem Seitenaufruf nur Aktualisierungen, eine meist geringere Datenmenge, angefragt werden. Dies bietet den Vorteil Bandbreite zu sparen und zusätzlich einen beschleunigten Ladevorgang. Dies führt dann zu einer verbesserten Performance, was der Suchmaschinenoptimierung zu Gute kommen kann. Außerdem ist dies gut geeignet in Gebieten mit langsamen Netzwerken oder begrenzter Internetverbindung. Denn wenn Inhalte über das Netzwerk in vor allem Regionen mit langsamen oder instabilen Verbindungen geladen werden, können sich die Ladezeiten stark erhöhen.

Außerdem kann anhand der Auswahl einer geeigneten Caching-Strategie der Grad der Performance verändert werden [2, S.44]. Durch eine Auswahl von der Caching-Strategie „Network falling back to Cahche“ ist die Ladezeit länger als bei der Strategie „Cache falling back to network“ jedoch ist die Aktualität höher gegeben. Dies bedeutet ein Abwägen zweier Faktoren Performance und Benutzererfahrung. Dies muss jede Webseite nach eigenem Ermessen entscheiden und je nach Funktionalität der Webseite entscheiden.

Für die Ladezeit der Suchmaschinen-Optimierung ist die Implementierung einer Progressiven Web App mit der Möglichkeit zum Caching als eine positive Auswirkung zu sehen. Besonders erfüllen diese Verbesserungen der Ladezeiten zu der Erfüllung von der Suchmaschine Google geforderten schnellen und effizienten Webseiten.

## 5 Auswirkungen von PWA auf SEO

Damit die Auswirkungen von Progressive Web Apps (PWAs) auf die Suchmaschinenoptimierung (SEO) besser nachzuvollziehen sind, ist es förderlich, reale Fallstudien zu betrachten, in denen Unternehmen PWAs erfolgreich eingeführt haben. Dies erfolgt anhand der Betrachtung wie verschiedene Unternehmen diese Progressive Web Apps implementiert haben, um deren Herausforderungen zu bewerkstelligen und deren digitale Präsenz zu optimieren. Dabei werden die bereits erläuterten und in Verbindung mit PWA gebrachten Ranking-Bereiche der Suchmaschinen-Optimierung aus Kapitel ?? unabhängig betrachtet: technische Aspekte wie Ladezeiten und Performance als auch nutzerbezogene Aspekte wie Nutzerbindung und Benutzererfahrung.

### 5.1 Fallstudien von Unternehmen

In den nachfolgenden Fallstudien werden verschiedene Szenarien aufgezeigt, in denen Unternehmen aufgrund der Umsetzung einer Progressiven Web App Verbesserungen in dessen SEO-Leistungen erzielen konnten. Dabei werden die Unternehmen Trivago, Forbes, OLX, Twitter und Alibaba betrachtet. Die Beschreibung jeder Fallstudie behandelt die ursprünglichen Probleme der Unternehmen, die ergriffenen Maßnahmen und die erzielten Ergebnisse.

**Trivago** ist eine Hotelsuchmaschine, deren primäres Ziel es ist, auf allen Geräten und Plattformen präsent zu sein und eine positive Benutzererfahrung durch eine Progressive Web App zu generieren [11]. Aufgrund der Implementierung konnte die mobile Benutzererfahrung gesteigert werden [11]. Die Benutzeraktivitäten stiegen an und ermöglichten eine verbesserte Platzierung in den Suchergebnissen [11]. Dies erfolgte aufgrund der benutzerfreundlichen Plattform und des Re-Engagementspotenzial als Marketinginstrument durch Push-Benachrichtigungen [11].

**Forbes** ist eine Nachrichten- und Medienplattform, deren Herausforderung bestand darin die Absprungraten auf derer mobiler Website zu minimieren [35]. Mithilfe der Progressiven Web App konnte die Ladezeit verkürzt werden, wobei dies in eine längere Verweildauer der Benutzer sowie eine gestiegene Interaktionsrate resultierte [35]. Das sind zwei wichtige Faktoren für die Suchmaschinen-Optimierung.

**OLX** ist eine Online-Plattformen für Kleinanzeigen [36]. Die Implementierung einer Progressiven Web App sollte zu gesteigerten Re-Engagement-Raten und zu einer verbesserten mobilen Performance führen [36]. Der Einsatz der Progressiven Web App sorgte dafür, dass die Bindung zu den Benutzern anstieg und die Absprungraten sanken, welches eine positiv Auswirkung auf die SEO-Leistung erbrachte [36].

**Twitter** ist ein Mikroblogging-Dienst, dessen Ziel von Twitter mit deren PWA „Twitter Lite“ darin lag, dass diese eine schnelle und dateneffiziente Benutzererfahrung bei eingeschränkter Internetanbindung bot [37]. Aufgrund der Implementierung erfolgte eine Erhöhung der Benutzerinteraktionen und dies wirkt sich positiv auf die Benutzerbindung aus [37].

**Alibaba** ist eine der weltweit führenden E-Commerce-Plattformen [34]. Sie kämpfte mit der Herausforderung eine optimale Benutzererfahrung für mobile Geräte zu bieten [34]. Die Implementierung der Progressiven Web App führte zu einer schnellen, effektiven und zuverlässigen mobilen Website, wodurch sich die mobile Performance erheblich verbesserte [34]. Dies führte zu höheren Conversions-Raten und dementsprechend zu einer verbesserten Benutzererfahrung [34].

Diese Fallstudien zeigen auf, wie Progressive Web Apps implementiert werden können, um die unternehmerischen Herausforderungen zu lösen und im selben Zug die SEO-Performance zu erhöhen.

## 5.2 Kategorisierte Auswirkungen

Im Folgenden werden die gewonnenen Erkenntnisse in den jeweiligen Kategorien verbesserte Ladezeit, mobile Freundlichkeit, erhöhte Nutzerbindung und bessere Benutzererfahrung, die bereits im vorherigen Kapitel erläutert wurden, vorgestellt.

### 5.2.1 Verbesserte Ladezeiten und Performance

Der erste Punkt, welcher durch die Fallstudien betrachtet wird, ist die verbesserte Ladezeiten und Performance. Denn diese sind wie bereits erläutert wurde im Kapitel 4.4 entscheidende Faktoren für eine positive Benutzererfahrung und ein gutes Suchmaschinenranking.

Die Fallstudie von Forbes beschreibt, wie Forbes aufgrund der Technologie, die eine PWA benutzt, geschafft hat dessen PWA schneller werden zu lassen als deren zu dieser Zeit genutzten mobilen Webseite [35]. Dabei hat die Progressive Web App die Ladezeiten von 6,5 Sekunden auf 2,5 Sekunden verbessert [30], wodurch sich die Sitzungen pro Benutzer um 43% erhöht haben und diese sich 15% mehr Seiten pro Sitzung angesehen haben [35][4]. Außerdem verringerte sich die Abspungrate innerhalb dieser Gruppe um 20% [4]. Dies sind positive Ergebnisse für die Sichtbarkeit der Website in den Suchergebnissen. Auch Twitter konnte durch die PWA Twitter Lite die Ladezeiten verringern. Auf 3G-Netzwerken erfolgte der erste Ladevorgang in weniger als 5 Sekunden, während nachfolgende Aufrufe nahezu sofort abliefen, selbst bei instabilen Verbindungen [37]. Dank des Einsatzes von Service Workern und gezieltem Vorladen von Ressourcen verkürzte sich die Zeit bis zur Interaktion für 99% der Nutzer um 50% [37]. Zudem profitierten angemeldete Nutzer von einer 30% kürzeren Ladezeit [37]. [37]. Danach folgte das schrittweise Nutzen eines Service Workers für Offline- und Netzwerkausfallsicherheit, beginnend mit einer benutzerdefinierten Offlinesite, gefolgt von Offline-Caching statischer Ressourcen und der Application Shell [37]. Dadurch startete Twitter Lite in weniger als drei Sekunden bei Rückkehr zur PWA [37]. Diese Effizienz förderte nicht nur die Benutzererfahrung, sondern konnte somit auch zu höheren Platzierungen in den Suchergebnissen führen, da Suchmaschinen schnell ladende Seiten priorisieren.

In der Fallstudie zu OLX wurde durch die Implementierung einer Progressiven Web-App (PWA) die Zeit, bis die Seite interaktiv wurde, um 23% gesenkt [36]. Diese verkürzte Interaktionszeit verbessert nicht nur das Benutzererlebnis erheblich, sondern hat auch ebenfalls positive Auswirkungen auf die Suchmaschinenoptimierung (SEO), da Suchmaschinen schnelle Ladezeiten favorisieren und Seiten, die schnell auf Benutzeranfragen reagieren, tendenziell besser in den Suchergebnissen platziert werden.

### 5.2.2 Erhöhte Benutzerbindung

OLX steigerte die Benutzerbindung mithilfe von Push-Benachrichtungen, um Käufer oder Verkäufer zu informieren [36]. Dabei registrierten sich seit der Einführung der Website im November 2016 bis zur Erscheinung des Artikels im Mai 2017 über 600.000 Nutzer für Benachrichtigungen [36]. Ebenfalls wurde die Funktion zur Aufforderung „Zum Startbildschirm hinzufügen“ genutzt [36]. Durch die Implementierung einer PWA mit diesen beiden Funktionen konnte die Re-Engagement-Rate um 250% gesteigert werden [36]. Die Nutzer kehrten somit häufiger zur Website zurück, was die SEO-Leistung stärkt, da eine hohe Nutzerbindung die Relevanz der Website in den Augen der Suchmaschinen steigert. Diese Entwicklung trägt dazu bei, dass OLX in den Suchergebnissen besser sichtbar sind und die Anzahl der wiederkehrenden Nutzer nachhaltig steigern konnte.

Auch Twitter mit Twitter Lite hat es geschafft, die Interaktionen mithilfe der Einführung von der Aufforderung „Zum Startbildschirm hinzufügen“ und Push-Benachrichtigungen zu steigern [37]. Dabei wurde Twitter Lite durchschnittlich viermal täglich von 250.000 einzelnen Nutzern über den Startbildschirm gestartet [37]. Zusätzlich konnte mit über 10 Millionen versendeten Push-Benachrichtigungen pro Tag eine kontinuierliche Verbindung zu den Nutzern sichergestellt werden, was die Wiederkehr und langfristige Bindung verstärkte [37]. Diese Maßnahmen sorgen nicht nur für eine verbesserte Benutzerbindung, sondern wirken sich auch positiv auf die Suchmaschinen-Optimierung aus, da häufigere Interaktionen und wiederkehrende Besuche die Relevanz einer Website für Suchmaschinen erhöhen.

Weiterhin hat auch Alibaba ihr Re-Engagement gesteigert. Folglich wurde durch die Funktion zur Aufforderung „Zum Startbildschirm hinzufügen“, die Interaktion der Nutzer vier mal häufiger als gegenüber anderen Mobilgerätenutzer verbessert [34]. Diese Maßnahmen führten zu einer Steigerung der aktiven Nutzerzahlen: Unter iOS stiegen die monatlich aktiven Nutzer um 14%, während sie auf Android, wo Funktionen wie Push-Benachrichtigungen verfügbar waren, um 30% zunahmen [34]. Zusätzlich verbesserten häufigere Interaktionen und eine höhere Nutzerbindung auch die Relevanz der Website für SEO.

Trivago erzielte ebenfalls positive Ergebnisse für die Verbesserung der Suchmaschinen-Optimierung. Denn Trivago hat mehr als eine halbe Million Nutzer, welche ihrem Startbildschirm eine Verknüpfung zur Trivago-Website hinzugefügt haben [11]. Dabei hat sich die Interaktion der Nutzer um 150% gesteigert. Ebenfalls hat sich die Anzahl der wiederholten Besuche von im Durchschnitt nur 0,8 auf deren bisherigen mobilen Webseite auf 2 verbessert [11]. Weiterhin konnten Kunden durch die Einführung von Push-

Benachrichtigungen statt E-Mails angesprochen werden [11]. Dadurch erhöhte sich die Interaktion, welches zu einer höheren Conversion führte [11]. Beispielsweise verstärkte sich die Zahl der Klicks auf Hotelangebote um 97% [11]. Diese stärkeren Nutzeraktivitäten verbessern nicht nur die Benutzererfahrung, sondern tragen auch positiv zur SEO bei, da Suchmaschinen vermehrte Interaktionen und wiederkehrende Besuche als relevante Signale werten.

### 5.2.3 Bessere Benutzererfahrung

Die Benutzererfahrung konnte verbessert werden durch mehr Personalisierung durch eine Progressive Web App bei Forbes [35]. Dies führte zu einer dreimal höheren Scrolltiefe und einer Steigerung des Engagement um 100% [35]. Diese Optimierungen haben nicht nur die Interaktion und Zufriedenheit der Nutzer erhöht, sondern auch positive Auswirkungen auf die Suchmaschinenoptimierung (SEO). Suchmaschinen bewerten eine erhöhte Scrolltiefe und intensiveres Engagement als Qualitätsmerkmale einer Website, was zu einer besseren Sichtbarkeit und einem höheren Ranking in den Suchergebnissen führt.

Trivago konnte die Offlinefähigkeit einer Progressiven Web App (PWA) erfolgreich nutzen, um die Benutzererfahrung zu verbessern [11]. Besucher, die während einer Sitzung offline gingen, schätzten es, weiterhin auf die Website zugreifen zu können [11]. Diese nahtlose Erfahrung führte dazu, dass 67% der Nutzer, deren Sitzung unterbrochen wurde, zur Website zurückkehrten und sie online weiter nutzten [11]. Diese Verbesserung der Benutzererfahrung sorgt nicht nur für eine stärkere Nutzerbindung, sondern wirkt sich auch positiv auf die SEO aus. Suchmaschinen werten eine reibungslose, durchgehende Nutzererfahrung und eine hohe Rückkehrquote als Zeichen für die Qualität und Relevanz der Website, was zu einer besseren Platzierung in den Suchergebnissen beitragen kann.

Auch die verbesserte Benutzererfahrung bei Twitter zeigte Erfolge [37]. Dabei wollte Twitter Lite eine zuverlässigere Umgebung mit expliziten Zielen für sofortiges Laden, Nutzerinteraktionen und einen geringeren Datenverbrauch bieten [37]. Diese Maßnahmen führten zu einer Erhöhung der durchschnittlich aufgerufenen Seiten pro Sitzung um 65%, einer Steigerung der gesendeten Tweets um 75% und einer Reduktion der Absprungrate um 20% [37]. Neben der verbesserten Benutzererfahrung trugen diese positiven Nutzersignale auch zur Optimierung der SEO bei, da Suchmaschinen längere Sitzungen und erhöhte Interaktionen als Zeichen für qualitativ hochwertige Inhalte bewerten.

### 5.2.4 Steigerung der mobilen Freundlichkeit

Mit Twitter Lite wird ein Beispiel genannt, welches die mobile Freundlichkeit von PWAs unterstreicht [37]. Twitter Lite konzentriert sich auf die Minimierung des Datenverbrauchs durch effiziente Ressourcennutzung, Datenoptimierung und Speicherplatzreduktion. Dabei umfasst die PWA über das Netzwerk nur 600 KB, im Gegensatz zu 23,5 MB heruntergeladenen Daten, die für die Installation der nativen Android-App erforderlich sind [37]. Diese Ressourceneffizienz führt dazu, dass Twitter auch bei geringer Bandbreite schneller und einfacher verwendet werden kann [37]. Die Fähigkeit, mobile Nutzer mit minimalem Datenaufwand zu bedienen, optimierte die mobile Verfügbarkeit erheblich und kann Twitter eine bessere mobile Präsenz im Google-Index ein.

Ein weiteres Beispiel ist Trivago, das nach der Einführung seiner PWA eine höhere Verfügbarkeit auf mobilen Geräten sicherstellte. Durch die Optimierung der mobilen Nutzung konnte Trivago die Zahl der mobilen Nutzung um 150% steigern. Diese Verbesserungen führen zu einem besseren Ranking in den Suchergebnissen, da die mobile Optimierung ein entscheidender Faktor für die SEO-Bewertung ist.

## 6 Diskussion

Die erzielten Ergebnisse in dieser Arbeit geben Einblicke in die Auswirkungen von Progressiven Web Apps (PWAs) auf die Suchmaschinenoptimierung (SEO). Im Folgenden werden die Implikationen dieser Ergebnisse analysiert und hinsichtlich ihrer Bedeutung für Unternehmen und der Weiterentwicklung von Webtechnologien sowie das langfristige SEO interpretiert. Zusätzlich werden Herausforderungen und Limitationen mit der Erstellung der Arbeit erläutert.

### 6.1 Bedeutung für Unternehmen

Die Einführung einer Progressiven Web App ermöglicht einem Unternehmen eine neue Ausrichtung der digitalen Strategie in die Richtung der mobilen Nutzung. Da die mobilen Nutzer zunehmend die wichtigste Zielgruppe werden, ist es wichtig eine stabile, konstante und ansprechende Benutzererfahrung zu bieten. Durch PWAs kann es Unternehmen ermöglicht werden die Sichtbarkeit in Suchmaschinen sowie auch die Markenloyalität und die Benutzerbindung zu verbessern. Dies könnte sich langfristig zu Gunsten höheren Conversions-Raten und einer stärkeren Marktposition auswirken.

### 6.2 Wettbewerbsvorteil und Innovationsdruck

Die PWAs sind noch ein relativ neues Thema in der Technologie der Webseiten. Durch die frühe Implementierung dieser könnte ein Wettbewerbsvorteil erzielt werden, weil der mobile Markt immer weiter wächst und so an Wichtigkeit gewinnt. Diese Anpassungen an den mobilen Markt kann eine PWA bieten.

Diese Interpretation unterstützt die Hypothese, dass PWAs als Schlüsseltechnologie für die Zukunft des Webs betrachtet werden können. Die Fähigkeit, eine native app-ähnliche Benutzererfahrung auf mobilen Endgeräten zu bieten, während zusätzlich Anforderungen

der Suchmaschinenoptimierung erfüllt werden. Dies ist ein entscheidender Wettbewerbsvorteil in einer Zeit, in der mobile Nutzung die Desktop Nutzung übersteigt. Dadurch können implementierende Unternehmen die Möglichkeit bekommen zögernde Wettbewerber zu überholen und ihre Marktposition stärken. Der Innovationsdruck, der durch diese neue Technologien entsteht, könnte einen Anreiz bieten, weiter in die mobilen Möglichkeiten zu investieren.

### 6.3 Einfluss auf zukünftige Entwicklungen

Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit können Rückschlüsse auf die positive Implementierung der PWA für Unternehmen gezogen werden. Die Implementierung einer PWA von großen Unternehmen, zeigt die Akzeptanz der PWA in der Webanwendungsentwicklung. Dies kann den Standard der Entwicklung in der Webtechnologie beeinflussen. Durch die weitere Verwendung einer PWA als zukünftigen Standard für mobile Webanwendungen, könnte sich dies auch auf die Benutzererwartungen deutlich auswirken und diese steigern. Da PWAs viele Funktionen anbieten, die die Leistung und Benutzererfahrung deutlich erhöhen. Dies könnte zu einer ausgeprägteren Forschung und Entwicklung in der Webtechnologie führen, um die Leistungen und die Erfahrung einer Progressiven Web App weiter anzuheben.

### 6.4 Langfristige Auswirkungen auf das SEO

Langfristige Auswirkungen lassen sich durch PWAs weiterhin erzielen. Denn eine PWA hat das Merkmal progressiv voranzugehen, also schrittweise vorwärts. So kann die bereits implementierte PWA immer weiterentwickelt und den Bedürfnissen angepasst werden. Wenn sich durch die verwendete Caching-Strategie ein Problem mit der Aktualität der Webseite entwickelt, welche sich negativ auf die Benutzererfahrung auswirkt, kann diese geändert werden und mit einer anderen Strategie getauscht werden, die besser passt und Aktualität und die Performance angleicht. Es können auch in anderen Bereiche stetige Änderungen vorgenommen werden, um die SEO-Leistung weiterzufördern. Die Funktionen einer PWA bilden Grundlagen auf denen weitere SEO-Maßnahmen wie die Inhaltsoptimierung ansetzen können. Somit können PWAs eine langfristige Verbesserung des SEO-Rankings bieten. Zusammenfassend kann der Einsatz der PWA für Unternehmen

nicht nur die Sicherung der kurzfristigen SEO-Erfolge, sondern legen auch die Basis für langfristige bessere Suchmaschinenplatzierungen bieten.

### 6.5 Ranking

John Mueller (Google Mitarbeiter) tätigte die Aussage, dass Progressive Web Apps (PWAs) in den Suchergebnissen nicht standardmäßig besser platziert sind als herkömmliche Websites [27]. Diese Aussage erweiterte er damit, dass die Verbesserung bei einer Implementierung auch durch andere Faktoren besser abschneiden könnten [27]. Dabei nannte er, dass dies auch eine Folge von der Verwendung von einem anderen Framework sowie einem anderen Aufbau der Webseite sein könnte [27]. Diese Aussage ist nachvollziehbar. Eine optimierte Progressive Web App, die die richtigen SEO-Best-Practices befolgt, kann Vorteile in Bezug auf Sichtbarkeit und Benutzerbindung bieten, aber die alleinige Umstellung auf eine PWA garantiert nicht ein besseres Ranking. Hier ist zu nennen, dass der Inhalt und die Verwendung von Keywords einer Webseite für das Ranking sehr relevant ist [14]. Daher sollten Entwickler und Unternehmen die Implementierung von PWAs als Teil einer umfassenden SEO-Strategie betrachten, die alle relevanten Aspekte der Webseitengestaltung und -optimierung berücksichtigt.

### 6.6 Herausforderungen und Limitationen

Einige Herausforderungen und Limitationen wurden bereits in der Methodik genannt und werden hier nicht nochmal aufgegriffen.

Eine Herausforderung bei der Untersuchung der Auswirkungen einer PWA auf das SEO ist, dass nicht alle Rankingfaktoren durch die Suchmaschine Google öffentlich bekannt oder bestätigt sind. Dies sorgt dafür, dass nur Annahmen über einige genutzte Rankingfaktoren gemacht werden können, die nur anhand von Studien und Beobachtungen von SEO-Fachleuten als Faktor für die SEO-Leistung gesehen werden. Hierunter fallen zum Beispiel die Nutzersignale, welche innerhalb der Benutzerbindung aufgeführt wurden. John Mueller von Google sagte dazu 2020, dass Google sich die Nutzersignale überhaupt nicht wirklich anschauen würde [22]. Dazu gehört auch die Absprungrate [22]. Diese werden höchstens indirekt für das Evaluieren der Algorithmen benutzt [22]. Ebenfalls wurde zu diesem Thema eine weitere Aussage getätigt von Sebastian Erlhofer [22]. Dieser sagte,

dass die Absprungrate je nach Branche und Intention der Nutzer unterschiedlich gesehen werden kann [22]. Eine Support-Seite sollte schnell die passende Information für den Nutzer bereitstellen, was zu einem schnellen verlassen der Seite führt [22]. Ist der Nutzer jedoch auf einer informatorischen Reisesuche und verlässt die Seite nach kürzester Zeit, ist dies eigentlich ein schlechtes Signal [22]. Daraus lässt sich die Problematik der Bewertung von der Absprungrate zeigen [22]. Diese zwei Deutungen können auch bei der Verweildauer betrachtet werden [22]. Andererseits gibt es dazu den Fall Brafton.com, welcher widerspiegelt, dass die Nutzersignale doch Auswirkungen haben können [22]. Diese waren zunächst unter den Top-Suchergebnissen, doch vielen nach einem Tag auf die dritte Seite zurück [22]. Dies geschah dadurch, dass Brafton.com für das Keyword LinkedIn 100,000 Impressionen bekommen haben, aber keine Klicks [22]. Aus dem Grund, dass die Nutzer bei Eingabe des Keywords auf LinkedIn wollten und nicht auf eine andere Seite, wo LinkedIn erklärt wurde [22]. All diese Diskussionen im Bereich der Nutzersignale zeigt, wie gespalten die SEO-Gesellschaft über die verschiedenen Faktoren sind in Bezug auf Gewichtung oder dessen tatsächlichen Einfluss in das Ranking. Trotz gespaltenen Meinung werden die Nutzersignale innerhalb Arbeit in der Kundenbindung als Rankingfaktoren betrachtet, weil es nicht ausgeschlossen ist durch eine Bedeutung für die Evaluierung der Suchergebnisse bei Google und der gegensätzlichen Meinung von SEO-Fachleuten.

Eine Limitation dieser Arbeit ist, dass nicht alle Bereiche der Suchmaschinen-Optimierung aufgegriffen werden. Dies liegt daran, dass innerhalb der Erarbeitung der beiden Themenbereiche SEO und PWA aufgefallen ist, dass die Aspekte einer PWA nicht alle Bereiche der Suchmaschinen-Optimierung ansprechen können, da die Optimierungen durch eine PWA technischer Natur sind und nicht beispielsweise inhaltlicher Natur wie bei der Content Gruppe der SEO. Beispielsweise ist der Links-Bereich der Suchmaschinen-Optimierung anhand des erarbeiteten Verständnis nicht betroffen, da die Progressiven Web Apps nicht zur Verbesserung dieses Bereichs beitragen kann. Eine PWA kann nicht dafür sorgen, dass andere diese verlinken. Dies kann höchstens indirekt durch die Wirkung einer PWA erfolgen.

Jedoch hätten bestimmte Faktoren wie beispielsweise das Crawling innerhalb genannter Bereiche wie der Gruppe Architecture genannt werden können. Dies kann interessant sein, da PWAs häufig auf JavaScript basieren und dynamische Inhalte bieten [12]. Es kann dadurch für Suchmaschinen schwieriger sein, diese Seiten zu crawlen und vollständig zu indexieren [12]. Dies könnte in einer weiteren Erarbeitung behandelt werden, wo die negativen Aspekte der Progressiven Web Apps beleuchtet werden. Da jedoch bereits genügend Schwerpunkte bearbeitet wurden, wurde das Thema Crawling aufgrund des

Umfangs und der zeitlichen Beschränkungen nicht weiter vertieft.

Innerhalb dieser Erarbeitung wurde der Fokus grundlegend auf die Suchmaschine Google gesetzt. Dies lag daran, dass Google sowohl im Desktop- als auch im mobilen Bereich den größten Marktanteil besitzt. Mit einem Anteil von 79,62 Prozent im Desktop- und etwa 94 Prozent im mobilen Suchmaschinen-Markt (Stand: September 2024) dominiert Google die Suche [29]. Diese dominierende Stellung beeinflusst die Ausrichtung von SEO-Strategien, da diese vorrangig auf die Optimierung für Google bezogen werden.

# 7 Fazit

## 7.1 Zusammenfassung der Arbeit

Die vorliegende Bachelorarbeit ging der Frage nach „Kann die Umstellung auf Progressive Web Apps Auswirkungen auf die Suchmaschinen-Optimierung (SEO) haben und damit auf die Sichtbarkeit von Websites in Suchmaschinen?“. Die Beantwortung wurde anhand einer qualitativen Kausalzusammenhangsanalyse zwischen einer PWA und dem SEO sowie einer quantitativen Analyse von Fallstudien von Unternehmen, die PWAs implementieren, untersucht.

Die technischen Komponenten einer PWA, wie Service Worker und Web App Manifest, ermöglichen die Optimierungsbereiche Ladezeiten, Benutzerbindung, Benutzererfahrung und mobile Freundlichkeit zu verbessern. Ausgehend von der zu Anfang durchgeführten Kausalzusammenhangsanalyse konnten die technischen Merkmale identifiziert werden, die zu Auswirkungen in der SEO führen. Grundlegend stellte das Caching die breiteste Basis für die Verbesserung in den Optimierungsbereichen dar. Das Caching kann die Benutzererfahrung in Regionen mit eingeschränktem Internet verbessern sowie zu reaktionsschnellen Designs führen.

Der Service Worker ermöglicht das Caching, die Offline-Nutzung und die Push-Benachrichtigungen. Die Push-Benachrichtigungen sowie die Offline-Nutzung können die Benutzerbindung steigern. Das Web App Manifest sorgt für die app-ähnliche Darstellung, welche durch das Responsive Design unterstützt wird. Das hat zur Folge, dass sich Nutzer wie in einer nativen App fühlen sollen und dadurch kann dies zur Benutzererfahrung sowie der mobilen Freundlichkeit beitragen. Dadurch dass Google das Mobile-First-Indexing eingeführt hat, erhalten die genannten Faktoren mehr Bedeutung, weil die mobile Ansicht einer Webseite für das Ranking zählt. Anhand dieser Technologien kann eine schnelle und benutzerfreundliche Webseite erstellt werden, die die Sichtbarkeit in den Suchergebnissen erhöhen kann.

Gestützt auf die Analyse der Fallstudien konnte anhand von Trivago und Alibaba gezeigt werden, dass die Einführung von PWAs die Benutzerbindung signifikant erhöht. Forbes konnte anhand der PWA die Ladezeiten verbessern und die Absprungraten senken sowie die Verweildauer der Benutzer erhöhen, was wiederum positive Auswirkungen auf das Suchmaschinenranking durch die verbesserte Benutzerbindung und Benutzererfahrung haben kann. Trivago erfuhr aufgrund der verbesserten Benutzererfahrung und Zugänglichkeit eine 150%ige Steigerung der mobilen Nutzung.

## 7.2 Schlussfolgerungen

Anhand der Analysen wurde somit gezeigt, dass in den Bereichen der Benutzererfahrung und damit auch der Benutzerbindung, der mobilen Freundlichkeit und der Ladezeiten der Suchmaschinen-Optimierung eine positive Einflussnahme durch die Progressiven Web Apps entstehen kann. Jeder dieser Optimierungs-Bereiche kann durch ein oder mehrere PWA-Aspekte verbessert werden. Zudem tragen diese Optimierungs-Bereiche dazu bei, die Sichtbarkeit von Webseiten zu verbessern.

Unternehmen, welche in Progressive Web Apps investieren, können nicht nur ihre SEO-Leistung steigern, sondern auch die Benutzerbindung und die Benutzererfahrung verbessern. Aufgrund der Steigerung der Nutzung des Internets über die mobilen Endgeräte, sollten Unternehmen PWAs in Betracht ziehen, da diese Vorteile für den mobilen Markt bringen. Dies kann helfen wettbewerbsfähig zu bleiben. Dies sollte nicht nur kurzfristig geschehen, sondern auch langfristig, womit Progressive Web Apps eine Grundlage bilden können, auf die mit weiteren Optimierungs-Strategien aufgebaut werden kann.

## 7.3 Empfehlungen für weiterführende Forschung

Eine Empfehlung für eine weitere Forschung ist, die bereits untersuchte Forschungsfrage unter dem praktischen Aspekt aufzugreifen, wobei die Umsetzung durch eine praktische Implementierung einer PWA erfolgt, welche einer normalen Webseite gegenübergestellt wird. Dies soll die Auswirkungen auf die SEO an einem praxisnahem Beispiel zeigen. Damit kann bestimmt werden, ob die praktische Umsetzung zu denselben Ergebnissen führt wie denjenigen in der hier erfolgten Untersuchung.

# Literaturverzeichnis

- [1] AN, Daniel: *Why marketers should care about mobile page speed*. 2016. – URL <https://www.thinkwithgoogle.com/marketing-strategies/app-and-mobile/mobile-page-speed-load-time/>. – Zugriffsdatum: 2024-22-09
- [2] BACK, Nicki: *Building Progressive Web Apps with React: A Comprehensive Guide: Crafting and Optimizing Progressive Web Applications*. Ziyob Publishers, 2024. – ISBN 9798875650321
- [3] BEILHARZ, Felix: *Crashkurs Digitales Marketing: Social. Local. Mobile*. NACH SCHAUEN, 2021. – ISBN 978-3-662-63191-1
- [4] BENES, Ross: *With new mobile site, Forbes boosted impressions per session by 10 percent*. 2017. – URL <https://digiday.com/media/new-mobile-site-forbes-boosted-impressions-per-session-10-percent/>. – Zugriffsdatum: 2024-29-09
- [5] CENTRAL, Google S.: *Websitegeschwindigkeit in den Suchergebnissen*. 2010. – URL <https://developers.google.com/search/blog/2010/04/using-site-speed-in-web-search-ranking?hl=de>. – Zugriffsdatum: 2024-21-09
- [6] CENTRAL, GoogleSearch: *Nutzerfreundlichkeit von Seiten in den Google-Suchergebnissen*. 2024. – URL <https://developers.google.com/search/docs/appearance/page-experience?hl=de#signals>. – Zugriffsdatum: 2024-07-10
- [7] ERLHOFER, Sebastian: *Suchmaschinen-Optimierung: Das umfassende Handbuch*. Rheinwerk Computing, 2023. – URL <https://www.amazon.de/gp/product/B0CJYK7BM2/>
- [8] GARBOWSKI, Lisa: *Warum Sie den PageSpeed Ihrer Website optimieren sollten*. – URL <https://www.mindshape.de/magazin/webseiten-ladegeschwindigkeit-optimieren>. – Zugriffsdatum: 2024-13-10

- [9] GOOGLE: *Best Practices für mobile Websites und die Mobile-First-Indexierung*. 2024. – URL <https://developers.google.com/search/docs/crawling-indexing/mobile/mobile-sites-mobile-first-indexing?hl=de>. – Zugriffsdatum: 2024-12-08
- [10] GOOGLE: *Unsere zehn Grundsätze*. 2024. – URL <https://about.google/philosophy/>. – Zugriffsdatum: 2024-20-08
- [11] GOOGLE, Think with: *Die nächste Milliarde mobiler Nutzer: Trivago setzt künftig auf progressive Web-Apps*. 2017. – URL <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/de-de/marketing-strategien/apps-und-mobile/die-nachste-milliarde-mobiler-nutzer-trivago-setzt-kunftig-auf-progressive-web-apps/>. – Zugriffsdatum: 2024-27-09
- [12] HOFMANN, Ann-Kathrin: *PWA und SEO: Das müssen Onlinehändler beachten*. 2020. – URL <https://www.digitalmanufaktur.com/blog/pwa-und-seo-das-muessen-onlinehaendler-beachten>. – Zugriffsdatum: 2024-16-10
- [13] KRAWCZYK, Ross: *22 companies that developed PWA and how you can benefit from it*. – URL <https://www.rst.software/blog/22-companies-that-developed-pwa-and-how-you-can-benefit-from-it>. – Zugriffsdatum: 2024-04-10
- [14] KÖLSCH, Martina: *SEO-KPIs: die 10 aussagekräftigsten Indikatoren*. – URL <https://www.mindshape.de/magazin/10-seo-kpis>. – Zugriffsdatum: 2024-13-10
- [15] LAND, Search E.: *Periodic Table of SEO Elements*. 2024. – URL <https://searchengineland.com/seotable>. – Zugriffsdatum: 2024-15-08
- [16] LAND, Search E.: *What Is SEO – Search Engine Optimization?* 2024. – URL <https://searchengineland.com/guide/what-is-seo>. – Zugriffsdatum: 2024-15-08
- [17] LEWANDOWSKI, Dirk: *Suchmaschinen verstehen 3. Auflage*. Springer Vieweg, 2021. – ISBN 978-3-662-63191-1
- [18] LIEBEL, Christian: *Progressive Web Apps: Das Praxisbuch*. Rheinwerk Computing, 2018. – URL <https://www.amazon.de/gp/product/B0CJYLSKBC/>

- [19] LIEBEL, Christian: *Hintergrund-Synchronisation für PWAs, Teil 1: Background Sync API*. 2020. – URL <https://www.heise.de/blog/Hintergrundsynchronisation-fuer-PWAs-Background-Sync-API-Teil-1-4676538.html>. – Zugriffsdatum: 2024-04-09
- [20] MAKINO, Takaki ; JUNG, Chaesang ; PHAN, Doantam: *Mehr für Mobilgeräte optimierte Suchergebnisse*. 2015. – URL <https://developers.google.com/search/blog/2015/02/finding-more-mobile-friendly-search?hl=de>. – Zugriffsdatum: 2024-13-10
- [21] OERTER, Niko: *10 praktische SEO-Tipps für Ihr Unternehmen, mit denen Sie für die Zukunft gerüstet sind*. – URL <https://www.mindshape.de/magazin/10-seo-regeln#c6501>. – Zugriffsdatum: 2024-13-10
- [22] PROBST, Anke ; KRAMER, Astrid ; STELZNER, Florian ; KRONENBERG, Hanns ; TANDLER, Marcus ; ERLHOFER, Sebastian: *Rankingfaktor Nutzersignale – Nutzer in den Mittelpunkt stellen*. 2017. – URL <https://www.sistrix.de/frag-sistrix/seo-talks/google-ranking-faktoren/11-rankingfaktor-nutzersignale-nutzer-in-den-mittelpunkt-stellen/>. – Zugriffsdatum: 2024-15-10
- [23] RAUTHAN, Himanshu: *Mobile SEO für Einsteiger: In 9 Schritten zur mobilfähigen Website*. 2020. – URL <https://de.semrush.com/blog/mobile-seo/#6--wie-sie-ihre-website-für-mobile-optimieren>. – Zugriffsdatum: 2024-13-10
- [24] REPORTS, Verified market: *Globaler Markt für Suchmaschinenoptimierung nach Typ (Cloud-basiert, Keyword-basiert), nach Anwendung (Großunternehmen, kleine und mittlere Unternehmen (KMU)), nach geografischem Umfang und Prognose*. 2023. – URL <https://www.verifiedmarketreports.com/de/product/search-engine-optimization-market/>. – Zugriffsdatum: 2024-14-08
- [25] RUSSELL, Alex: *Progressive Web Apps: Escaping Tabs Without Losing Our Soul*. 2015. – URL <https://infrequently.org/2015/06/progressive-apps-escaping-tabs-without-losing-our-soul/>. – Zugriffsdatum: 2024-17-04
- [26] SIMILARWEB: *Kostenloser Website Traffic Checker*. Juli 2024. – URL <https://www.similarweb.com/de/website/>. – Zugriffsdatum: 2024-13-08

- [27] SOUTHERN, Matt G.: *Google: Progressive Web Apps Don't Rank Better Than Regular Sites*. 2021. – URL <https://www.searchenginejournal.com/google-progressive-web-apps-dont-rank-better-than-regular-sites/427201/>. – Zugriffsdatum: 2024-16-10
- [28] STATISTA: *Anteil der mobilen Internetnutzer in Deutschland in den Jahren 2015 bis 2023*. 2024. – URL <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/633698/umfrage/anteil-der-mobilen-internetnutzer-in-deutschland/>. – Zugriffsdatum: 2024-03-10
- [29] STATISTA: *Marktanteile der Suchmaschinen weltweit nach mobiler und stationärer Nutzung im September 2024*. 2024. – URL <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/222849/umfrage/marktanteile-der-suchmaschinen-weltweit/>. – Zugriffsdatum: 2024-16-10
- [30] STATISTA: *Distribution of worldwide website traffic in 2019, by source*. April 2020. – URL <https://www.statista.com/statistics/1110433/distribution-worldwide-website-traffic/>. – Zugriffsdatum: 2024-13-08
- [31] SUBRAMANIAN, Sowmya: *Nutzerfreundlichkeit von Seiten analysieren – für ein besseres Web*. 2020. – URL <https://developers.google.com/search/blog/2020/05/evaluating-page-experience?hl=de>. – Zugriffsdatum: 2024-14-10
- [32] TEAM, Backlinko: *User Behavior and SEO: A Deep Dive*. 2023. – URL <https://backlinko.com/user-behavior-and-seo>. – Zugriffsdatum: 2024-06-10
- [33] UPTIME.COM: *The Role of Website Monitoring in SEO: Optimizing for Search Engine Visibility*. 2024. – URL <https://uptime.com/blog/the-role-of-website-monitoring-in-seo-optimizing-for-search-engine-visibility>. – Zugriffsdatum: 2024-16-10
- [34] WEB.DEV: *Alibaba*. 2016. – URL <https://web.dev/case-studies/alibaba?hl=de>. – Zugriffsdatum: 2024-27-09
- [35] WEB.DEV: *Forbes*. 2017. – URL <https://web.dev/case-studies/forbes?hl=de>. – Zugriffsdatum: 2024-27-09
- [36] WEB.DEV: *OLX steigert Re-Engagement im mobilen Web dank progressiver Web-App um 250 %*. 2017. – URL <https://web.dev/case-studies/olx?hl=de>. – Zugriffsdatum: 2024-27-09

- [37] WEB.DEV: *Twitter Lite PWA erhöht deutlich die Interaktion und senkt die Datennutzung*. 2017. – URL <https://web.dev/case-studies/twitter?hl=de>. – Zugriffsdatum: 2024-27-09
- [38] WURSTER, Vanessa: *Navigationsoptimierung – von Keyword-Recherche bis UX*. 2024. – URL <https://www.sistrix.de/frag-sistrix/seo-talks/navigationsoptimierung-von-keyword-recherche-bis-ux/>. – Zugriffsdatum: 2024-16-10

# A Anhang

## A.1 Verwendete Hilfsmittel

In der Tabelle A.1 sind die im Rahmen der Bearbeitung des Themas der Bachelorarbeit verwendeten Werkzeuge und Hilfsmittel aufgelistet.

Tabelle A.1: Verwendete Hilfsmittel und Werkzeuge

Tool	Verwendung
L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X	Textsatz- und Layout-Werkzeug verwendet zur Erstellung dieses Dokuments

## **Erklärung zur selbständigen Bearbeitung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

---

Ort

Datum

Unterschrift im Original