

Hochschule Darmstadt

– Fachbereich Informatik–

Konzeption und Entwicklung einer Progressive Web App zur Wartung, Pflege und Reparatur von Einsatzfahrzeugen

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen
Grades

Bachelor of Science (B.Sc.)

vorgelegt von

Dominik Wedel

Matrikelnummer: 769293

Referent : Prof. Dr.-Ing. Lars-Olof Burchard

Korreferent : Prof. Dr. Peter Altenbernd

Dominik Wedel: *Konzeption und Entwicklung einer Progressive Web App zur Wartung, Pflege und Reparatur von Einsatzfahrzeugen*, © 20. Februar 2024

ERKLÄRUNG

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Darmstadt, 20. Februar 2024



Dominik Wedel

ZUSAMMENFASSUNG

Zur Sicherstellung schneller Hilfe im Notfall müssen Einsatzfahrzeuge stets einsatzbereit und funktionsfähig sein. Die korrekte Wartung und Pflege sind entscheidend, jedoch oft aufwändig und papierbasiert, erschwerend für Nachvollziehbarkeit und Anpassung.

In dieser Bachelorarbeit wird eine Progressive Web App (PWA) entwickelt, um die Wartung, Pflege und Reparatur von Einsatzfahrzeugen, speziell in sicherheitsrelevanten Organisationen, zu optimieren. Zentrale Forschungsfragen befassen sich mit der Effizienzsteigerung von Wartungsprozessen durch die PWA, dem Beitrag der Offlineverfügbarkeit zur Fahrzeugwartungsoptimierung und den technischen Anforderungen für Sicherheitsorganisationen.

Eine eingehende Umfrage unter Feuerwehren und Rettungsdiensten zeigt einen erhöhten Bedarf und identifiziert Offlineverfügbarkeit und einfache Bedienbarkeit als zentrale Anforderungen. Auf Basis der Umfrageergebnisse erfolgt eine umfassende Anforderungsanalyse als Grundlage für das PWA-Konzept und die Entwicklung.

Die entwickelte PWA dient als Prototyp zur Beantwortung der Forschungsfragen und zeigt die Machbarkeit und den Nutzen einer solchen Anwendung. Weiterhin zeigt sich die PWA als innovative Technologie zur Effizienzsteigerung in der Fahrzeugwartung sicherheitskritischer Organisationen, die zukünftig weiterentwickelt werden kann.

ABSTRACT

To ensure prompt assistance in emergencies, emergency vehicles must always be ready and operational. Correct maintenance and care are crucial, but often cumbersome and paper-based, complicating traceability and adaptation.

This bachelor's thesis focuses on developing a Progressive Web App (PWA) to optimize the maintenance, care, and repair of emergency vehicles, especially in safety-critical organizations. Central research questions address the efficiency improvement of maintenance processes through the PWA, the contribution of offline availability to vehicle maintenance optimization, and the technical requirements for security organizations.

A comprehensive survey among fire departments and rescue services reveals an increased demand, identifying offline availability and user-friendliness as central requirements. Based on survey results, a comprehensive requirements analysis is conducted, serving as the foundation for the PWA concept and development.

The developed PWA serves as a prototype to address research questions, demonstrating the feasibility and benefits of such an application. It presents innovative technology for enhancing efficiency in the maintenance of safety-critical organization vehicles and can be further developed in the future.

INHALTSVERZEICHNIS

I THESIS

1	EINLEITUNG	2
1.1	Kontext und Motivation	2
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Forschungsfragen	4
2	GRUNDLAGEN	5
2.1	Progressive Web Apps: Konzept und Merkmale	5
2.2	Einsatzfahrzeuge	7
2.3	Anforderungen an Wartung, Pflege und Reparatur	8
3	STAND DER FORSCHUNG	9
3.1	Forschungsstand von Progressive Web Apps	9
3.2	Forschungsstand von IT-Sicherheit in kritischen Infrastrukturen	10
4	ANFORDERUNGSANALYSE	11
4.1	Umfrage zur Ermittlung von Anwenderanforderungen	11
4.1.1	Entwicklung und Durchführung der Umfrage	11
4.1.2	Auswertung der Umfrageergebnisse	13
4.2	Spezifische Anforderungen an die Progressive Web App	17
4.3	Datenschutzaspekte	17
4.4	User Stories	18
5	KONZEPTION	19
5.1	Architekturdesign der Progressive Web App	19
5.1.1	Frontend-Architektur	19
5.1.2	Backend-Architektur für Datenverarbeitung	20
5.2	Modellierung	20
5.2.1	Entity-Relationship-Diagramm	21
5.2.2	Use-Case-Diagramm	22
5.3	Benutzeroberflächendesign für mobile Endgeräte	23
6	IMPLEMENTIERUNG	28
6.1	Auswahl von Entwicklungswerkzeugen und -frameworks	28
6.2	Umsetzung des mobilen Frontends	29
6.3	Backend-Implementierung für Datenverarbeitung	32
6.4	Datenbank und Object Relational Mapping	32
7	EVALUATION	34
7.1	Praxistest der Webanwendung	34
7.2	Anwederfeedback und Akzeptanz	34
7.3	Beantwortung der Forschungsfragen	36
7.3.1	Effizienzsteigerung der Wartungsprozesse von Einsatzfahrzeugen	36

7.3.2	Rolle der Offlineverfügbarkeit in der Optimierung der Fahrzeugwartung	36
7.3.3	Technische Anforderungen und Herausforderungen bei der Entwicklung für Sicherheitsbehörden	37
8	FAZIT	39
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	39
8.2	Ausblick auf zukünftige Entwicklungen	40
II APPENDIX		
A	INFORMATIONEN VERSCHIEDENER MINISTERIEN UND BEHÖRDEN	43
A.1	Bayerisches Ministerium des Innern, für Sport und Integration	43
A.2	Brand- und Katastrophenschutz Brandenburg	44
A.3	Thüringer Ministerium für Inneres und Regionales	44
A.4	Ministerium für Inneres, Bauen und Sport Saarland	45
A.5	Ministerium für Inneres, Bau und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern	45
A.6	Innenministerium Rheinland-Pfalz	46
B	UMFRAGE	47
B.1	Fragenkatalog	48
B.2	Rohdaten nach Fragen	52
B.3	Evaluation Rohdaten	56
LITERATUR		58

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 4.1	Herkunft der Teilnehmer	14
Abbildung 4.2	Verteilung der Mitgliedschaften in Organisationen	14
Abbildung 4.3	Zu wartende Fahrzeuge	15
Abbildung 4.4	Zu wartende Gerätschaften	15
Abbildung 4.5	Gewünschte Funktionen der Progressive Web App (PWA)	16
Abbildung 5.1	Architekturdesign Frontend	20
Abbildung 5.2	Architekturdesign Backend	20
Abbildung 5.3	Entity-Relationship-Diagramm	21
Abbildung 5.4	Use-Case-Diagramm	23
Abbildung 5.5	Paper-Prototyping - Standardansicht	24
Abbildung 5.6	Paper-Prototyping - Dashboard	25
Abbildung 5.7	Paper-Prototyping - Übersichtsseite	26
Abbildung 5.8	Paper-Prototyping - Formular	27
Abbildung 6.1	Dashboard - Desktop-Ansicht	29
Abbildung 6.2	Dashboard - Mobile-Ansicht	30
Abbildung 6.3	Gerät anzeigen - Mobile-Ansicht	31
Abbildung 6.4	Schema der Datenbank - Generiert durch IntelliJ WebStorm	33

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4.2	Anzahl Mitglieder Hilfsorganisationen	13
Tabelle B.1	Rohdaten Anforderungsanalyse - Herkunft . .	52
Tabelle B.2	Rohdaten Anforderungsanalyse - Mitgliedschaft Organisationen	53
Tabelle B.3	Rohdaten Anforderungsanalyse - Fahrzeuge .	54
Tabelle B.4	Rohdaten Anforderungsanalyse - Gerätschaften	54
Tabelle B.5	Rohdaten Anforderungsanalyse - Funktionen PWA	55
Tabelle B.6	Evaluation Rohdaten - Effizienz	56
Tabelle B.7	Evaluation Rohdaten - Offlineverfügbarkeit . .	57
Tabelle B.8	Evaluation Rohdaten - Bedienbarkeit	57

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

PWA Progressive Web App

BOS Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

ORM Object Relational Mapping

ER Entity-Relationship

Teil I

THESIS

EINLEITUNG

1.1 KONTEXT UND MOTIVATION

Wenn der Notruf gewählt wird, benötigt man schnelle und zuverlässige Hilfe. Um diese Hilfe gewährleisten zu können, benötigen die Einsatzkräfte der Hilfsorganisation einsatzbereite Fahrzeuge und Ausrüstung. Da aber auch das Tätigkeitsfeld der Einsatzkräfte immer komplexer wird, steigen auch die Anforderungen an die Fahrzeuge und der Bedarf an umfangreichen Gerätschaften. Im Jahr 2021 sind die Fahrzeuge der Feuerwehr und des Rettungsdienstes zu über 3,5 Millionen Notfall- und Rettungseinsätzen ausgerückt. Nur 14,3 % der Feuerwehreinsätze waren Brände. 47,8 % der Feuerwehreinsätze lagen im Bereich der technischen Hilfeleistung. Der Rettungsdienst rückte zu 2,4 Millionen medizinischen Notfällen aus.[6]

Um die nötige Hilfe leisten zu können, müssen die Fahrzeuge und die Ausrüstung in einem einwandfreien Zustand sein. Die Wartung und Pflege, aber auch die zeitnahe Reparatur von Beschädigungen, sind daher essenziell. Da die Einsatzkräfte auf jede Situation vorbereitet sein müssen, werden sehr viele verschiedene Fahrzeuge und Geräte vorgehalten, bei denen es schwer sein kann, den Überblick zu behalten. Insbesondere dadurch, dass die Digitalisierung auch bei der Feuerwehr und dem Rettungsdienst nur langsam voranschreitet, wird häufig mit veralteten oder ineffizienten Methoden gearbeitet.

Dem entgegenzuwirken, ist das Ziel dieser Arbeit. Die zu entwickelnde [PWA](#) soll es den Einsatzkräften ermöglichen, die Wartung und Pflege ihrer Fahrzeuge und Geräte zu vereinfachen, zu beschleunigen und den Überblick zu behalten. Die [PWA](#) soll dabei die Einsatzkräfte bei ihrem ohnehin schon stressigen Arbeitsalltag entlasten und ihnen die Möglichkeit geben, sich auf ihre eigentliche Aufgabe zu konzentrieren.

Eine [PWA](#) ermöglicht dabei, die Anwendung auf jedem Gerät zu verwenden, aber trotzdem die Vorteile einer nativen Anwendung zu nutzen. Die Anwendung kann dabei auch offline genutzt werden, falls keine Internetverbindung verfügbar ist. Als Resultat wird eine [PWA](#) erwartet, welche an die Bedürfnisse der Einsatzkräfte angepasst ist und in zukünftigen Arbeiten weiterentwickelt werden kann.

1.2 ZIELSETZUNG

Im Vordergrund dieser Arbeit steht die Ausarbeitung eines umfangreichen Konzeptes zur individualisierten Entwicklung einer **PWA** für die Fahrzeugwartung bei Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (**BOS**). Dabei werden die Anforderungen an die Anwendung von potentiellen Nutzern und Experten ermittelt und in die Konzeption einbezogen.

Im Anschluss an die ausgiebige Analyse der Anforderungen und der technologischen Möglichkeiten und der Erstellung eines Konzeptes wird die **PWA** entwickelt. Dabei wird besonderer Wert auf die Umsetzung der Anforderungen und Wünsche der Mitglieder der **BOS** gelegt.

Die entwickelte **PWA** wird abschließend in einem Praxistest evaluiert und aus den Ergebnissen Verbesserungsvorschläge und Anregungen für zukünftige Entwicklungen abgeleitet.

1.3 FORSCHUNGSFRAGEN

1. Effizienzsteigerung der Wartungsprozesse von Einsatzfahrzeugen durch PWAs:

In dieser Forschungsfrage wird eine detaillierte Untersuchung darüber angestrebt, welche spezifischen Mechanismen und Funktionen innerhalb einer PWA implementiert werden können, um die Effizienz bei der Wartung von Einsatzfahrzeugen und Gerätschaften zu steigern. Dies umfasst Aspekte wie die Offlineverfügbarkeit der Anwendung, Nutzung der Kamera zur Erfassung von Schäden oder zum Scannen von Barcodes und die Anpassungsfähigkeit der Benutzeroberfläche an verschiedene Endgeräte.

2. Rolle der Offlineverfügbarkeit in der Optimierung der Fahrzeugwartung:

Die zweite Forschungsfrage legt den Fokus auf die Implementierung von Offlineverfügbarkeiten in der PWA. Dies beinhaltet die Analyse von Technologien wie Service Workers und die Entwicklung von Strategien, um die Wartungsprozesse auch in Umgebungen mit unzureichender Netzwerkverbindung oder vollständigem Datenverlust zu ermöglichen.

3. Technische Anforderungen und Herausforderungen bei der PWA-Entwicklung für Sicherheitsbehörden:

Die dritte Forschungsfrage untersucht die spezifischen technischen Anforderungen und Herausforderungen, die bei der Entwicklung einer Webanwendung für BOS auftreten. Dies schließt die Gewährleistung von Datensicherheit und Datenschutz, die Integration von Authentifizierungsmechanismen sowie die Berücksichtigung von regulatorischen Vorgaben ein. Zudem werden gesetzliche Anforderungen an die Prüfung und Wartung von Einsatzfahrzeugen und Gerätschaften berücksichtigt.

Diese Forschungsfragen bilden das Gerüst für eine umfassende Analyse und Entwicklung im Rahmen der weiteren Bachelorarbeit. Sie zielen darauf ab, nicht nur technologische Lösungen zu identifizieren, sondern auch einen Beitrag zur Weiterentwicklung von Organisationen im Bereich der kritischen Infrastrukturen zu leisten.

2.1 PROGRESSIVE WEB APPS: KONZEPT UND MERKMALE

PWAs repräsentieren eine innovative Klasse von Webanwendungen, mit dem Ziel, eine nahezu native Nutzererfahrung zu bieten und gleichzeitig die Flexibilität von Webanwendungen zu bewahren. Das Konzept von **PWAs** wurde bereits 2007 von Steve Jobs vorgestellt, jedoch erst 2015 von Google in den Fokus gerückt.[18]

Einige der wichtigsten Merkmale von **PWAs** sind unter anderem die folgenden:

1. **Progressivität:**[16, S. 100–103] **PWAs** sind progressiv in dem Sinne, dass sie sich an unterschiedliche Benutzer und Endgeräte anpassen. Sie sind sowohl auf Desktops als auch auf mobilen Endgeräten benutzbar und bieten eine schrittweise Verbesserung der Funktionalität, abhängig von den Möglichkeiten des jeweiligen Endgeräts.
2. **Reaktionsfähigkeit (Responsive Design):**[16, S. 115–118] Eine **PWA** passt sich dynamisch an verschiedene Bildschirmgrößen und -auflösungen an, wodurch eine konsistente Benutzererfahrung auf verschiedenen Geräten gewährleistet wird. Dies setzt voraus, dass die Anwendung bei der Entwicklung bereits als **PWA** konzipiert wurde.
3. **App-ähnliches Verhalten:**[16, S. 103–106, 120–123] **PWAs** verhalten sich wie native Apps und bieten eine App-ähnliche Navigation und Interaktion. Sie können auf dem Startbildschirm installiert werden, ohne dass der Nutzer einen App-Store besuchen muss.
4. **Offlinefähigkeit:**[16, S. 106–109] Ein entscheidendes Merkmal von einer **PWA** ist die Fähigkeit, auch offline zu funktionieren. Durch die Nutzung von Service Workern können **PWAs** Ressourcen im Voraus zwischenspeichern und somit auch ohne aktive Internetverbindung genutzt werden.
5. **Sicherheit (HTTPS):**[16, S. 110–115] Service Worker erfordern die Verwendung von HTTPS, um die Übertragung sensibler Daten zu schützen. Da diese bei **PWAs** eingesetzt werden, ist die Verwendung von HTTPS unumgänglich. Als Resultat sind **PWAs**

sicherer als traditionelle Webanwendungen ohne HTTPS und sorgen für eine sichere Datenübertragung.

6. **Nutzereinbindung:**[16, S. 123–126] Durch Funktionalitäten wie Push-Benachrichtigungen können **PWAs** Nutzer aktiv einbinden und auf dem Laufenden halten. Es wird eine direkte Kommunikation mit den Nutzern ermöglicht, ohne dass diese die Anwendung aktiv nutzen müssen.
7. **Automatische Aktualisierungen:**[16, S. 109–110] **PWAs** werden automatisch aktualisiert, um sicherzustellen, dass Nutzer stets die neueste Version der Anwendung verwenden. Dies trägt zur Sicherheit und Verbesserung der Funktionalität bei.

Die Kombination dieser Merkmale macht **PWAs** zu einer attraktiven Option zur Entwicklung von Anwendungen mit besonderem Fokus auf Flexibilität und Nutzererfahrung.

2.2 EINSATZFAHRZEUGE

Die Einsatzfahrzeuge in sicherheitsrelevanten Organisationen, darunter Feuerwehren, Rettungsdienste und das Technische Hilfswerk (THW), sind vielfältig und erfüllen spezifische Aufgaben zur Bewältigung unterschiedlicher Szenarien. Hier werden einige Fahrzeugkategorien exemplarisch betrachtet, um die Bandbreite der Fahrzeuge zu verdeutlichen:

1. **Feuerwehren:**[1]

- a) *Löschfahrzeuge:* Löschfahrzeuge sind primär für die Brandbekämpfung vorgesehen. Sie transportieren zum Beispiel Wasser und Ausrüstung zur Brandbekämpfung und einfachen technischen Hilfeleistung.
- b) *Drehleitern:* Drehleitern ermöglichen die Höhenrettung und den gezielten Einsatz von Strahlrohren über längere Distanzen. Sie sind vielseitig einsetzbar und unterstützen bei Brandbekämpfung und Rettungseinsätzen.
- c) *Einsatzleitwagen:* Einsatzleitwagen dienen als mobile Führungsstellen und ermöglichen die Koordination von Einsätzen. Sie sind mit Kommunikationstechnologien, Kartenmaterial und Führungsausrüstung ausgestattet.

2. **Rettungsdienste:**[17]

- a) *Rettungswagen:* Rettungswagen sind für den Patiententransport und die Erstversorgung ausgerüstet. Mit ihnen ist es möglich, Patienten in kritischen Zuständen zu transportieren und medizinische Versorgung zu gewährleisten.
- b) *Notarzteinsatzfahrzeuge:* Notarzteinsatzfahrzeuge dienen dem schnellen Transport von Notärzten zu Einsatzorten und sind mit erweiterter medizinischer Ausstattung ausgerüstet.
- c) *Luftrettungsmittel:* Helikopter und Flugzeuge im Rettungsdienst ermöglichen den schnellen Transport von Patienten über größere Entfernungen. Sie sind ebenfalls mit umfangreicher medizinischer Ausrüstung ausgestattet.

3. **Technisches Hilfswerk (THW):**[8]

- a) *Gerätekraftwagen:* Gerätekraftwagen transportieren technisches Gerät und Material für vielfältige technische Hilfeleistungen.
- b) *Bergungsräumgeräte:* Bergungsräumgeräte sind auf die Rettung und Bergung spezialisiert, bei der die Beseitigung von Trümmern und Hindernissen im Vordergrund steht.

- c) *Trinkwasser-Aufbereitungsanlage*: Die Trinkwasser-Aufbereitungsanlage ermöglicht die Versorgung von Trinkwasser in Katastrophengebieten, indem sie Wasser aus natürlichen Quellen zu trinkbarem Wasser aufbereitet.

Die hier genannten Kategorien stellen nur einen kleinen Ausschnitt der vielfältigen Arten von Einsatzfahrzeugen dar. Es wird deutlich, dass die Anforderungen an Wartung, Pflege und Reparatur je nach Fahrzeugtyp und Einsatzszenario variieren und ein großes Spektrum abzudecken und zu unterstützen ist.

2.3 ANFORDERUNGEN AN WARTUNG, PFLEGE UND REPARATUR

Einsatzfahrzeuge und Gerätschaften von BOS unterliegen strengen Vorgaben und Anforderungen an die durchzuführenden Wartungs- und Pflegearbeiten. Genaue Vorschriften sind teilweise abhängig von Bundesland oder Organisation und müssen daher zum Teil individuell ermittelt und betrachtet werden. Eine Vielzahl von Regularien konnte bei den Ministerien des Bundes und der Länder sowie bei zuständigen Vertretern erfragt werden. Dabei wurden die folgenden Grundlagen als besonders relevant identifiziert:

1. Vorgaben der Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) zur Wartung von Gerätschaften, insbesondere Grundsatz 305-002, Vorschrift 49 und Vorschrift 4
2. Hauptuntersuchung und Sicherheitsprüfung (§ 29 und Anlage 3 StVZO)
3. Besondere Herstellerangaben

Eine vollständige Auflistung der Auskünfte der Ministerien und zuständigen Vertreter ist im Anhang A zu finden.

Die Vielzahl der Regelungen und Grundlagen macht deutlich, welche Komplexität hinter der Wartung von Fahrzeugen und Gerätschaften steckt. Die PWA muss daher in der Lage sein, die Anforderungen für Wartungen an die verschiedenen Gesetzesgrundlagen und Vorschriften anzupassen und zu erfüllen.

STAND DER FORSCHUNG

3.1 FORSCHUNGSSTAND VON PROGRESSIVE WEB APPS

PWAs sind schon längere Zeit keine Neuheit mehr. Viele größere Unternehmen wie BMW, Twitter, Telegram oder auch Lotto nutzen diese Technologie bereits aktiv.[16, S. 495–502]

2018 beschäftigten sich Mitglieder des International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology mit dem Thema **PWAs** und kamen unter anderem zu dem Schluss, dass bei mehrmaligem Laden der **PWA** die Ladezeit deutlich reduziert wird.[19]

Im Anschluss an die 13. Internationale Konferenz von Web Informationssystemen und Technologien 2017, beschäftigten sich auch einige Autoren der Fakultät der Technologie Oslo mit dem Thema **PWAs**. Auch sie verglichen Geschwindigkeiten und Installationsgrößen und konnten bei **PWAs** eine drastische Verbesserung feststellen. Sie weisen darauf hin, dass **PWAs** in Bildungseinrichtungen zu kurz kommen, obwohl sie eine gute Alternative zu nativen Apps darstellen. [14]

Auf die ACM SIGSAC Konferenz 2018 folgend, analysierten Mitglieder der Schule für Informatik in Korea die Sicherheit und Datenschutzaspekte von **PWAs**. Sie nannten einige Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und prüften Risiken wie Phishing und Clickjacking. Sie kamen zu dem Schluss, dass **PWAs** in Bezug auf Sicherheit und Datenschutz noch ausbaufähig sind, meldeten ihre Bedenken auch an die jeweiligen Browserhersteller und zeigten aber auch Möglichkeiten, wie die Sicherheit verbessert werden kann.[2]

3.2 FORSCHUNGSSTAND VON IT-SICHERHEIT IN KRITISCHEN INFRASTRUKTUREN

Im Jahr 2018 wurde durch eine Vielzahl von Experten eine Sammlung von Fallstudien und Lösungsansätzen für die IT-Sicherheit in kritischen Infrastrukturen veröffentlicht. In dem Werk wird explizit auf vergangene Vorfälle und Angriffe auf kritische Infrastrukturen eingegangen. In den Fallstudien werden verschiedene Firmen und Organisationen behandelt, die zur kritischen Infrastruktur gehören und sich im Bereich der IT-Sicherheit von anderen abgrenzen.

Neben den Fallstudien werden auch einige gesetzliche Grundlagen für die IT-Sicherheit in kritischen Infrastrukturen, die durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) veröffentlicht wurden, behandelt.[20]

ANFORDERUNGSANALYSE

4.1 UMFRAGE ZUR ERMITTLUNG VON ANWENDERANFORDERUNGEN

Die Anforderungen für die PWA nur auf Basis eigener Erfahrungen und Internetrecherchen zu definieren, erzeugt am Ende ein sehr einseitiges und subjektives Anforderungsprofil. Um eine möglichst umfassende Anforderungsanalyse zu erstellen, wird eine empirische Methode in Form einer Umfrage verwendet, um die Anforderungen von potenziellen Anwendern zu ermitteln. Die Umfrage wird in Form eines Online-Fragebogens¹ durchgeführt und richtet sich an aktive Mitglieder von BOS in Deutschland.[7, S. 114–115]

4.1.1 Entwicklung und Durchführung der Umfrage

Zunächst wurde ein Fragebogen entwickelt. Dabei war es zunächst das Ziel, grundlegende Informationen über die Teilnehmenden und ihre Mitgliedschaft in den einzelnen Organisationen zu erhalten. Im Anschluss daran stand die Ermittlung des Ausgangszustandes im Vordergrund. Zur Optimierung der Abläufe ist es wichtig zu wissen, wie aktuell verfahren wird und wo Schwierigkeiten auftreten.

Auch die Anzahl an zu prüfenden Fahrzeugen und Gerätschaften wurde im weiteren Verlauf abgefragt. Dies dient dazu, die Anwendung für besonders hohes Daten- und Nutzeraufkommen zu optimieren und das dementsprechend passende Datenbanksystem und eine angemessene Art der Datenspeicherung zu wählen, sofern nötig.

Zur Ermittlung der Anforderungen an die PWA wurden die Teilnehmenden gebeten, einige vorausgewählte Anforderungen zu bewerten. Die Auswahl der Anforderungen erfolgte zum einen aus gewonnenen Erkenntnissen aus den Befragungen der Ministerien (2.3, A) und zum anderen aus den Forschungsfragen (1.3) und persönlichen Gesprächen im Vorfeld der Arbeit im Rahmen der Themenfindung.

So ließ sich aus den Mitteilungen der Ministerien zum Beispiel ableiten, dass es für die meisten Fahrzeuge und Gerätschaften regelmäßige

¹ Empirio - <https://www.empirio.de/>

Prüfintervalle gibt. Demnach war eine mögliche Anforderung eine Erinnerungsfunktion für eben diese. Es wurde auch deutlich, dass die Dokumentation von Mängeln oder durchgeführten Arbeiten wichtig ist. Daher wurden auch die Anforderungen „Dokumentation von Reinigungen/Tanken/Werkstattaufenthalten“ und „Bilddokumentation von Schäden/Wartungen/Beladungen“ in den Fragebogen aufgenommen.

Die Betrachtung des [DGUV Grundsatzes 305-002](#)² legte ebenfalls nahe, dass die Abarbeitung in Form von Checklisten möglich ist, weshalb auch dieser Punkt in den Fragebogen aufgenommen wurde.

Den Teilnehmenden wurde auch die Möglichkeit gegeben, eigene Anforderungen in einem Freitextfeld zu nennen. Zum Abschluss konnte sich noch freiwillig zur Teilnahme an der Testphase, auf deren Basis die Evaluation⁷ stattfindet, angemeldet werden.

Der vollständige Fragebogen ist im Anhang [B.1](#) zu finden.

Um die Umfrage den entsprechenden Personenkreisen zugänglich zu machen, wurde die Verlinkung zum Fragebogen per E-Mail an deutschlandweit 1.151 E-Mail-Adressen von Kreis- und Landesverbänden der Organisationen ASB, DRK, Malteser, Johanniter, Feuerwehr und Werkfeuerwehr versendet. Zusätzlich wurden Landesfeuerwehrschulen, Berufsfeuerwehren und Bundeswehr sowie das THW direkt angeschrieben. Die E-Mail-Adressen wurden aus den offiziellen Webseiten der Organisationen entnommen.

Um eine repräsentative Anzahl an Antworten zu erhalten, war die Umfrage bis 31.01.2024 verfügbar. Allerdings ist es für die Repräsentativität der Ergebnisse genauso wichtig, die erforderliche Stichprobengröße zu erreichen. Bei den ausgewählten Organisationen setzt sich die Populationsgröße folgendermaßen zusammen:

² DGUV 305-002 - <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/84>

Organisation	Anzahl Mitglieder
ASB	61.000 Mitglieder ³
Berufsfeuerwehr	35.875 Mitglieder ^[6]
Bundeswehr(-Feuerwehr)	3.500 Mitglieder ⁴
DRK	300.538 Mitglieder ⁵
Freiwillige Feuerwehr	1.014.115 Mitglieder ^[6]
Johanniter	76.000 Mitglieder ⁶
Malteser	95.000 Mitglieder ⁷
THW	88.000 Mitglieder ⁸
Werkfeuerwehr	34.067 Mitglieder ^[6]

Tabelle 4.2: Anzahl Mitglieder Hilfsorganisationen

Daraus resultiert eine Populationsgröße von rund 1.708.095 potentiellen Teilnehmenden. Bei dieser Populationsgröße ist die Stichprobengröße unabhängig von dieser für eine unendliche Population zu berechnen. Es wird ein Konfidenzniveau von 99 %, mit einer Fehlerspanne von 5 % und einer geschätzten Standardabweichung von 50 % angenommen. Die Berechnung der Stichprobengröße ⁹ „n“ ergibt sich somit wie folgt:

$$n = \frac{2,58^2 \cdot 0,5(1 - 0,5)}{0,05^2} = 665,64 \approx 666 \quad (4.1)$$

Für eine repräsentative Umfrage ist die Teilnahme von mindestens 666 Personen notwendig.

4.1.2 Auswertung der Umfrageergebnisse

An der Umfrage haben 788 Personen teilgenommen. Damit ist die Umfrage mit einem Konfidenzniveau von 99% und einer Fehlerquote von 5% repräsentativ für die ausgewählte Zielgruppe.

³ ASB Jahrbuch 2021 - <https://publikationen.asb.de/asb-jahrbuch-2021/80/>

⁴ Bundeswehr Feuerwehr - <https://bundeswehrfeuerwehr.de/>

⁵ DRK Jahrbuch 2022 - https://www.drk.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Presse/Jahrbuecher/DRK_Jahrbuch_2022_Einzelseiten_LQ.pdf

⁶ Johanniter - <https://www.johanniter.de/johanniter-unfall-hilfe/>

⁷ Malteser Jahresbericht 2022 - https://www.malteser.de/fileadmin/Files_sites/Fachbereiche/Spenden/Spenden-und-Helfen/Transparenz/Dokumente_Spendenrat_2023/MHD_e.V._Jahresbericht_2022_Spendenrat-komprimiert.pdf

⁸ THW - <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/behörden/DE/thw.html>

⁹ Formel für die Berechnung der Stichprobengröße - <https://www.qualtrics.com/de/erlebnismangement/marktforschung/online-stichproben/>

Die meisten Teilnehmer (51,40%) kommen aus Hessen, Baden-Württemberg und Bayern (siehe Abbildung 4.1).

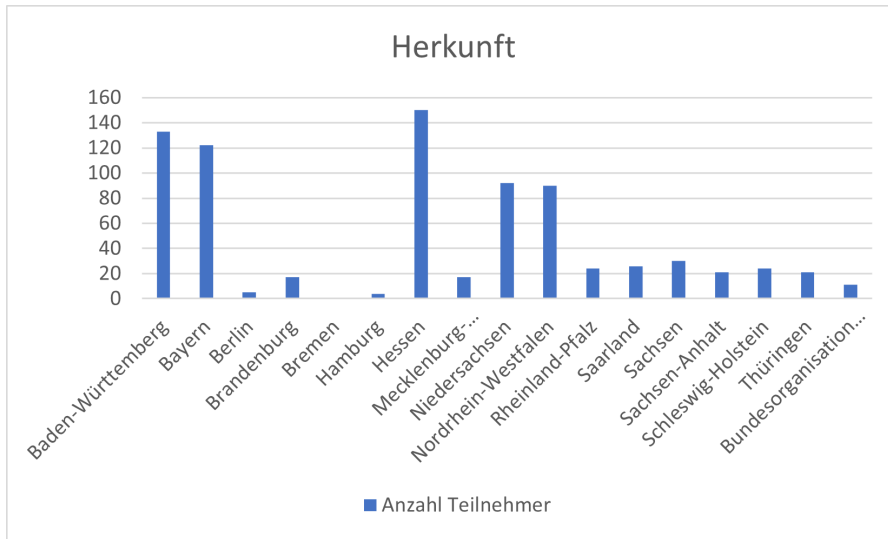


Abbildung 4.1: Herkunft der Teilnehmer

Mit Abstand am häufigsten (68,27%) sind die Teilnehmer Mitglied in einer Freiwilligen Feuerwehr, welche auch die größte Population in der Umfrage darstellt (siehe Abbildung 4.2).

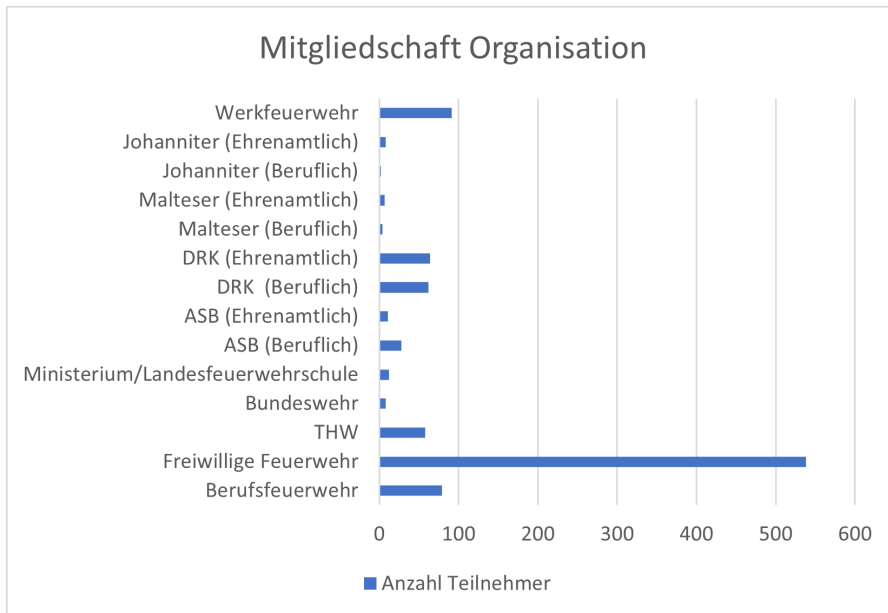


Abbildung 4.2: Verteilung der Mitgliedschaften in Organisationen

Zu den Fragen, wie Fahrzeuge in den Organisationen gewartet werden und welche Hilfsmittel zur Dokumentation genutzt werden, ließ sich

eine Tendenz zu vorwiegend manueller, papierbasierter Dokumentation erkennen. Fahrzeuge werden dabei, je nach Art der Organisation, in unterschiedlichen Intervallen gewartet. Hier ging die Tendenz zu einer monatlichen Wartung

Während es bei den meisten Organisationen nur bis zu 10 Fahrzeuge zu warten gibt (54,82%), sind trotzdem bei 66,75% zwischen 0 und 500 Gerätschaften zu warten (siehe Abbildung 4.3 und Abbildung 4.4).

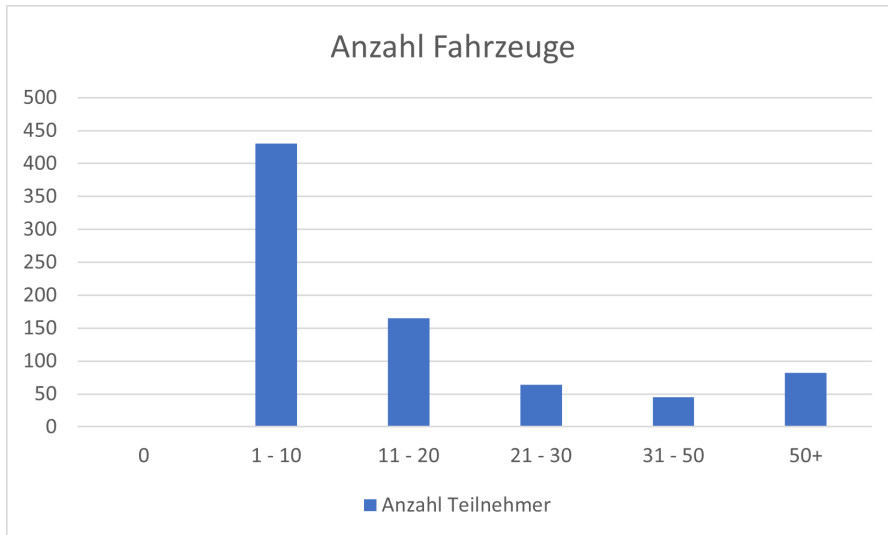


Abbildung 4.3: Zu wartende Fahrzeuge

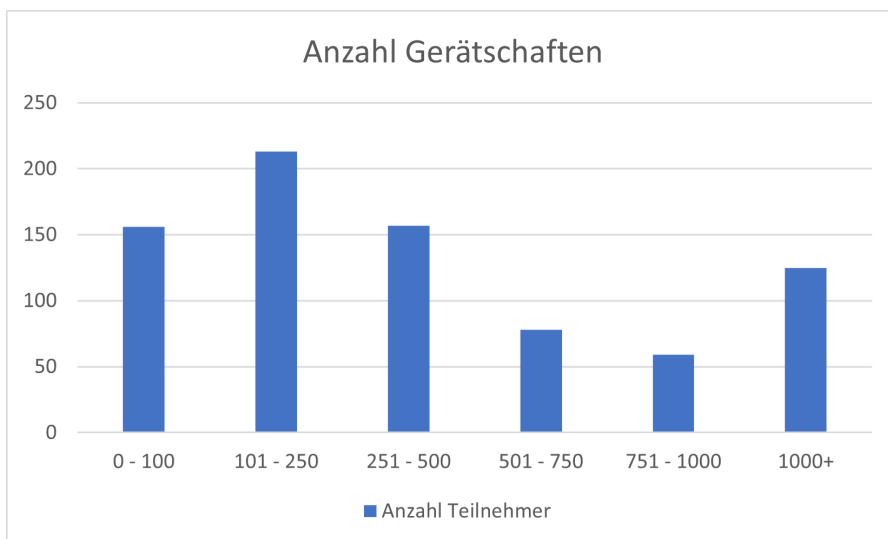


Abbildung 4.4: Zu wartende Gerätschaften

Bei den gewünschten Funktionen der PWA ist eine Streuung der Antworten zu erkennen. Mindestens $\frac{2}{3}$ der Teilnehmer erwarten regelmä-

ßige Erinnerungen an anstehende Wartungen und Prüfungen, Beladungslisten, Digitale Checklisten, Formulare für Schadensmeldungen, Vollständigkeitsprüfungen, die Möglichkeit Barcodes zu scannen und Bilddokumentationen (siehe Abbildung 4.5).

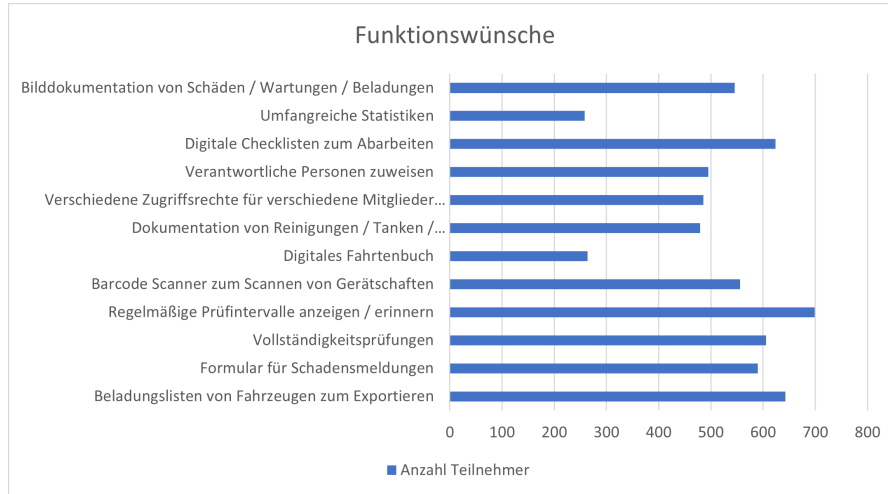


Abbildung 4.5: Gewünschte Funktionen der PWA

Zu weiteren Funktionen haben sich 310 Teilnehmer (39,34%) geäußert. Am stärksten wurde hier der Wunsch nach einer einfachen Bedienung geäußert. Dicht gefolgt wurden Benachrichtigungen per E-Mail oder Push-Nachrichten, sowie Schnittstellen zu bestehender Software gewünscht.

Zur Teilnahme an der Testphase der Software haben sich schließlich 189 Teilnehmer (23,98%) bereit erklärt.

Die genauen Umfrageergebnisse sind im Anhang B.2 zu finden.

4.2 SPEZIFISCHE ANFORDERUNGEN AN DIE PROGRESSIVE WEB APP

Die Anforderungen an die [PWA](#) erschließen sich größtenteils aus den allgemeinen Anforderungen an die Anwendung. So ist die Offlinefähigkeit der App eine der wichtigsten Anforderungen und dementsprechend umzusetzen.

Weiterhin sind die Anforderungen an die [PWA](#) in den folgenden Punkten zusammengefasst:

- Einfaches Installieren der Anwendung auf dem Gerät
- Kamera- und Barcode-Scanner-Unterstützung
- Anpassung an verschiedene Bildschirmgrößen
- Schnelle Ladezeiten
- Sichere Kommunikation

4.3 DATENSCHUTZASPEKTE

Auch der Aspekt des Datenschutzes ist bei der Entwicklung nicht zu vernachlässigen. Zwar soll die Anwendung nur intern genutzt werden, dennoch ist es wichtig, dass die Daten der Nutzer ausreichend geschützt werden. [13, S. 123–124]

Um die, zum Teil sensiblen Daten der Nutzer zu schützen, dürfen für jede Organisation nur die entsprechenden Daten geladen werden. Auch Administratoren dürfen nur die Daten der Organisation sehen, in der sie angemeldet sind oder allgemeine Daten, die für die Verwaltung der Anwendung notwendig sind. Ebenfalls dürfen Administratoren auf Daten zugreifen, die durch etwaige Verträge bereits bekannt sind.

Eine sichere Authentifizierung ist von großer Bedeutung, um den Zugriff zu erlauben. Hierfür ist das einfachste Verfahren die Verwendung von E-Mail und Passwort.[4, S. 446–449] Die Passwörter werden dabei gehasht gespeichert und sollten bestimmte Sicherheitsanforderungen erfüllen.[4, S. 365–372]

Ansonsten sind die standardmäßigen Sicherheitsprinzipien für Webanwendungen zu erfüllen, um bekannten Problemen und Risiken vorzubeugen.[4, S. 647–655]

4.4 USER STORIES

Aus den Anforderungen, die wir in den vergangenen Abschnitten erarbeitet haben, können nun zum besseren Verständnis User Stories abgeleitet werden. Diese User Stories dienen als Basis für eine ausführliche Konzeption.

- Als Benutzer möchte ich mich in der Anwendung anmelden, um sie nutzen zu können.
- Als Benutzer möchte ich mich in der Anwendung abmelden, um meine Daten zu schützen.
- Als Benutzer möchte ich mich bei der Anwendung registrieren, um sie nutzen zu können.
- Als Benutzer möchte ich Fahrzeuge hinzufügen, bearbeiten und löschen, um sie zu verwalten.
- Als Benutzer möchte ich Geräte hinzufügen, bearbeiten und löschen, um sie zu verwalten.
- Als Benutzer möchte ich Schäden an Fahrzeugen und Geräten melden, um sie beheben zu lassen.
- Als Benutzer möchte ich Wartungen an Fahrzeugen und Geräten planen, um sie zu dokumentieren.
- Als Benutzer möchte ich Lager hinzufügen, bearbeiten und löschen, um sie zu verwalten.
- Als Benutzer möchte ich Geräte in Lager oder Fahrzeugen platzieren, um sie zu verwalten.
- Als Benutzer möchte ich eine eigene Organisation erstellen, um sie zu verwalten.
- Als Benutzer möchte ich ein übersichtliches Dashboard haben, um alle wichtigen Informationen auf einen Blick zu sehen.
- Als Benutzer möchte ich einen Barcode scannen, um Geräte zu identifizieren.
- Als Mechaniker möchte ich Schäden an Fahrzeugen und Geräten bearbeiten, um sie zu reparieren.
- Als Mechaniker möchte ich Wartungen für Fahrzeuge und Geräte erstellen, um sie zu dokumentieren.
- Als Administrator möchte ich eine Übersicht über alle Organisationen haben, um sie zu verwalten.
- Als Administrator möchte ich eine Übersicht über alle Benutzer haben, um sie zu verwalten.

KONZEPTION

5.1 ARCHITEKTURDESIGN DER PROGRESSIVE WEB APP

Zur erfolgreichen Entwicklung der [PWA](#) ist es zunächst einmal sinnvoll im Rahmen der Konzeption auch die Architektur der Anwendung zu planen. Dabei wird zwischen der Frontend- und Backend-Architektur unterschieden. Die Frontend-Architektur konzentriert sich dabei auf die Struktur und Organisation der Benutzeroberfläche und direkte Interaktionen mit den Benutzern. Die Backend-Architektur hingegen befasst sich mit der Verarbeitung der eingegebenen Daten und der Kommunikation mit der Datenbank.

5.1.1 *Frontend-Architektur*

Das Frontend teilt sich in mehrere verschiedene Teile auf. Dabei wird zunächst zwischen angemeldeten und nicht angemeldeten Benutzern unterschieden. Für nicht angemeldete Benutzer wird ein reduziertes Basis-Layout verwendet.

Als nächstes wird die Bildschirmgröße des Endgerätes ermittelt. Bei kleinen Bildschirm, wird von einem mobilen Endgerät ausgegangen. Dementsprechend wird ein mobiles Navigationsmenü angezeigt. Bei größeren Bildschirmen wird das Navigationsmenü in Form einer Seitenleiste angezeigt.

Erst danach wird der eigentliche Inhalt der Seite geladen. Dabei wird alles in Komponenten aufgeteilt. Jede Komponente hat dabei eine spezielle Aufgabe. Komponenten können dabei auch wiederum aus anderen Komponenten bestehen. Der Aufbau in Komponenten ermöglicht eine Konsistenz im Design und eine Wiederverwendbarkeit von Code.[15, S. 42–43]

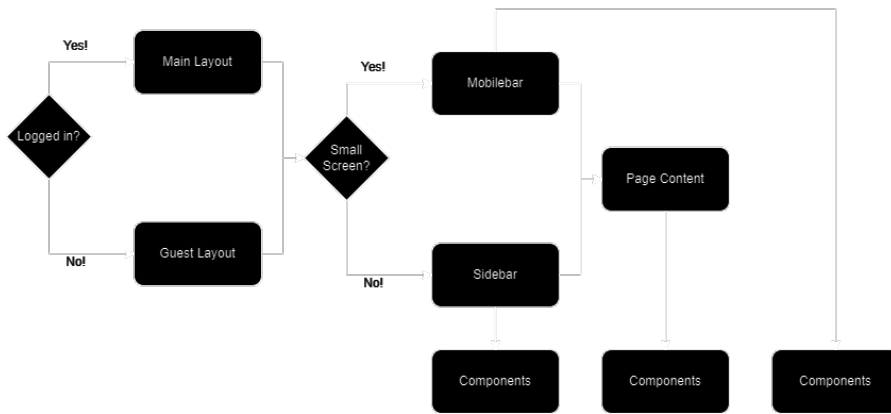


Abbildung 5.1: Architekturdesign Frontend

5.1.2 Backend-Architektur für Datenverarbeitung

Im Backend wird die Datenverarbeitung und die Speicherung der Daten realisiert. Stellt der Nutzer eine Anfrage, wird diese zunächst vom Service Worker entgegengenommen. Dieser prüft, ob der Nutzer aktuell online ist. Ist der Nutzer online, wird die Anfrage an den Server weitergeleitet, der die Anfrage bearbeitet und dafür, falls nötig, auf die Datenbank zugreift. Ist der Nutzer jedoch offline, wird geprüft, ob die Anfrage mit Inhalten aus dem Cache des Nutzers beantwortet werden kann. Falls das nicht möglich ist, wird eine Offline-Seite als Rückfalllösung angezeigt. Diese Strategie wird auch als „Network falling back to cache“ bezeichnet[16, S. 256–257]

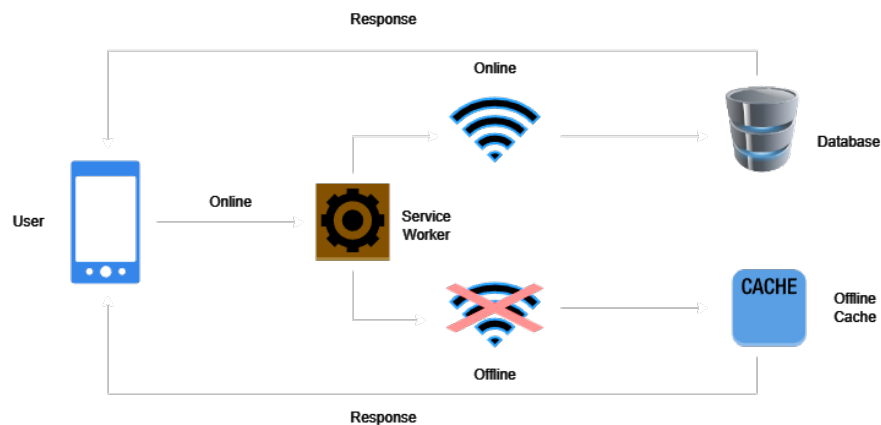


Abbildung 5.2: Architekturdesign Backend

5.2 MODELLIERUNG

Zur einfacheren Implementierung im nächsten Schritt wurden zunächst mehrere Modelle erstellt. Diese Modelle dienen als Basis für

die Funktionalitäten der Anwendung und der Datenbank.

5.2.1 Entity-Relationship-Diagramm

Ein Entity-Relationship-Diagramm zeigt Beziehungen zwischen Entitäten und ihren jeweiligen Attributen. Es dient zur Modellierung von Klassen und Datenbanken.

Bei der zu entwickelnden PWA existieren die folgenden Entitäten:

- Organisation
- Benutzer
- Mitgliedschaft
- Gerät
- Geräteplatzierung
- Fahrzeug
- Lager
- Schadensmeldung
- Wartung

Daraus ergibt sich das folgende ER-Diagramm:

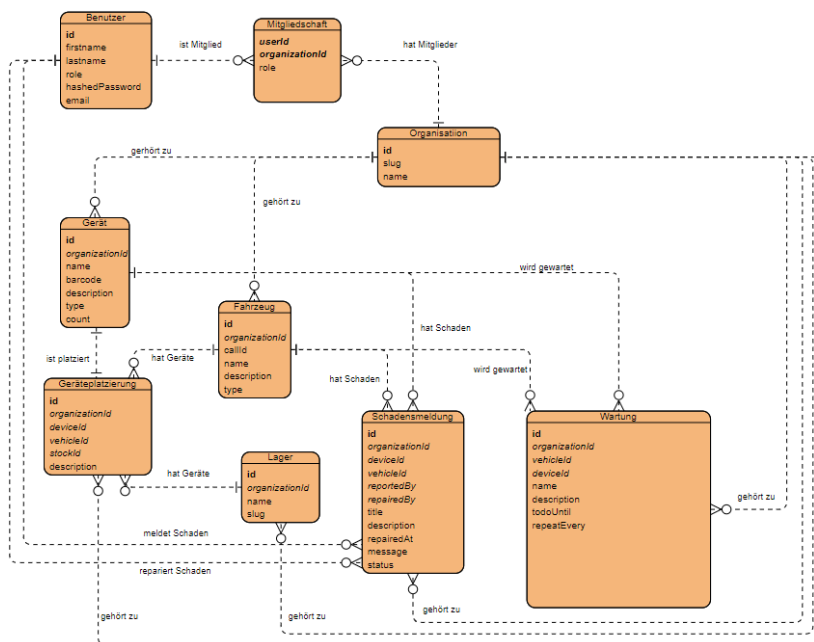


Abbildung 5.3: Entity-Relationship-Diagramm

5.2.2 Use-Case-Diagramm

Das Use-Case-Diagramm basiert auf den User-Stories (siehe 4.4) und zeigt die Interaktionen zwischen den Benutzern und dem System.[7, S. 120–121]

Die folgenden Usergruppen wurden identifiziert:

- Benutzer
- Mechaniker
- Administrator

Die folgenden Use-Cases wurden identifiziert:

- Anmelden
- Abmelden
- Registrieren
- Fahrzeuge verwalten
- Geräte verwalten
- Schäden melden
- Wartungen planen
- Lager verwalten
- Geräte platzieren
- Organisation verwalten
- Dashboard
- Barcode scannen
- Schäden reparieren
- Übersicht Organisationen
- Übersicht Benutzer

Daraus ergibt sich das folgende Use-Case-Diagramm:

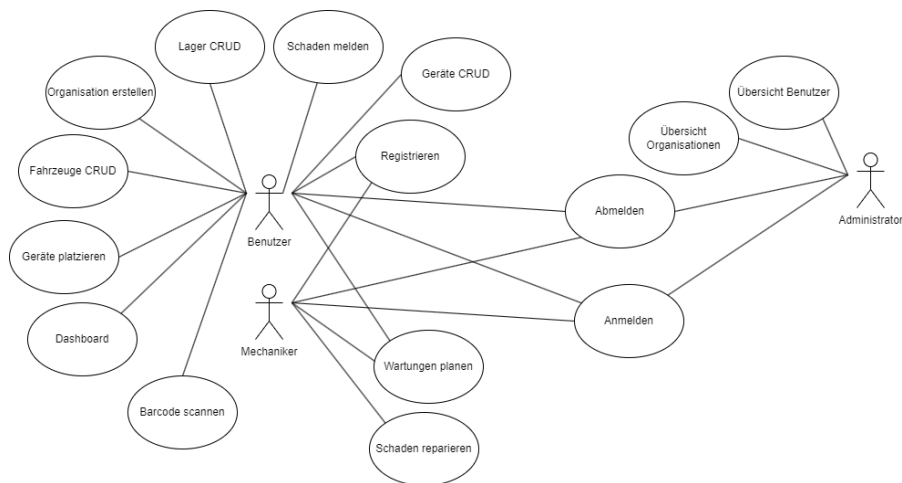


Abbildung 5.4: Use-Case-Diagramm

5.3 BENUTZEROBERFLÄCHENDESIGN FÜR MOBILE ENDGERÄTE

Vor der eigentlichen Entwicklung wird das Design der Benutzeroberfläche für mobile Endgeräte als Paper-Prototyp entworfen. Paper-Prototyping dient dem Testen und Verbessern der Benutzeroberfläche, bevor die eigentliche Entwicklungsarbeit stattfindet.

Für das Paper-Prototyping wird hier das Tool Figma¹ verwendet. Figma ist ein Werkzeug zur Erstellung von Designs, Prototypen und Vektorgrafiken. Einfache Designs können schnell und verständlich erstellt werden. Beim eigentlichen Paper-Prototyping wird normalerweise auf Papier gezeichnet. Je nach Fähigkeiten des Zeichners, wird es aber unter Umständen schwierig, die Zeichnung richtig zu erkennen oder zu implementieren. Die hier verwendete Methode ist daher eher eine Mischung zwischen Paper-Prototyping und Wireframing. [11, S. 157–158, 173–174]

¹ Figma - <https://www.figma.com/>

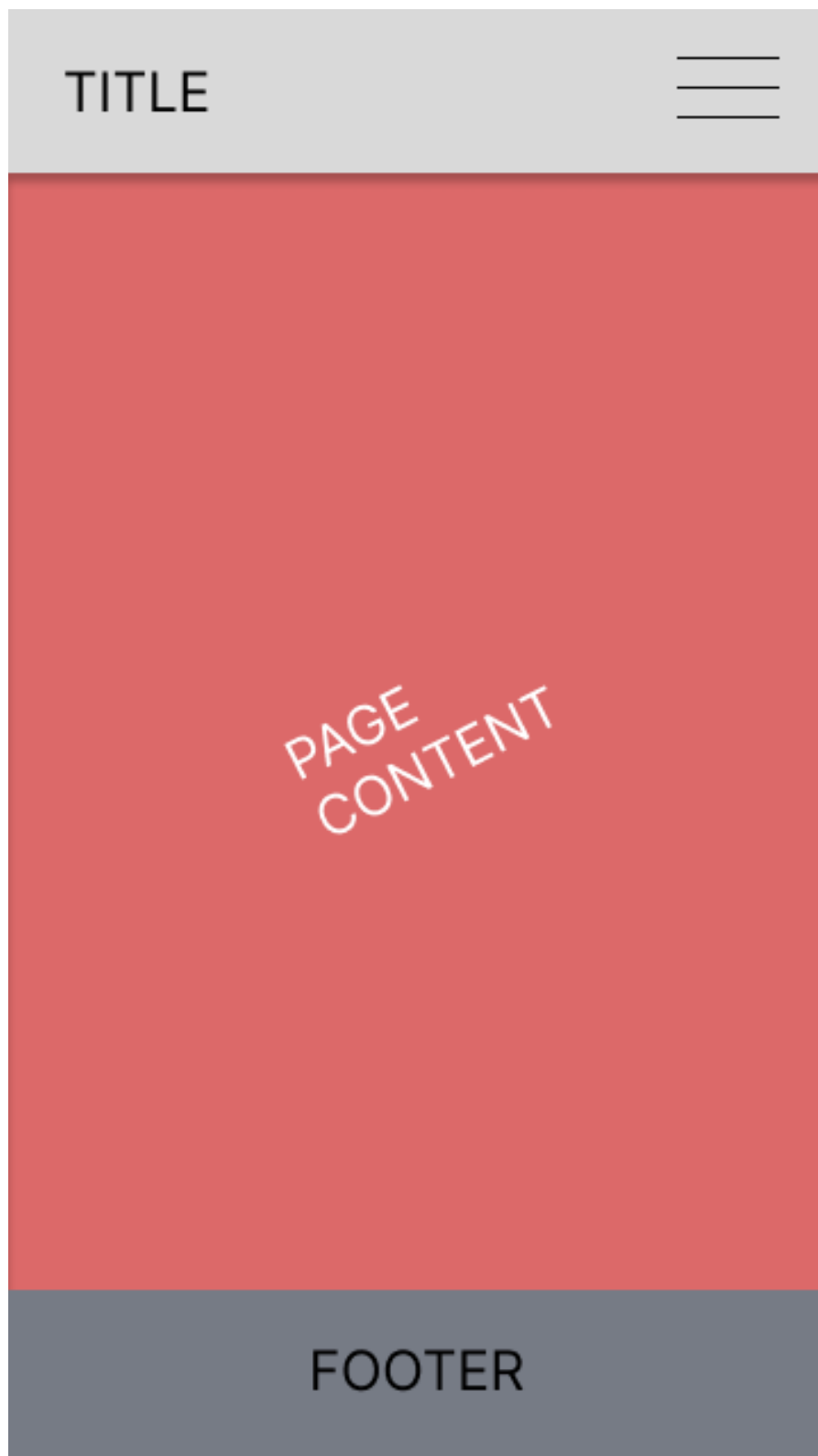


Abbildung 5.5: Paper-Prototyping - Standardansicht



Abbildung 5.6: Paper-Prototyping - Dashboard

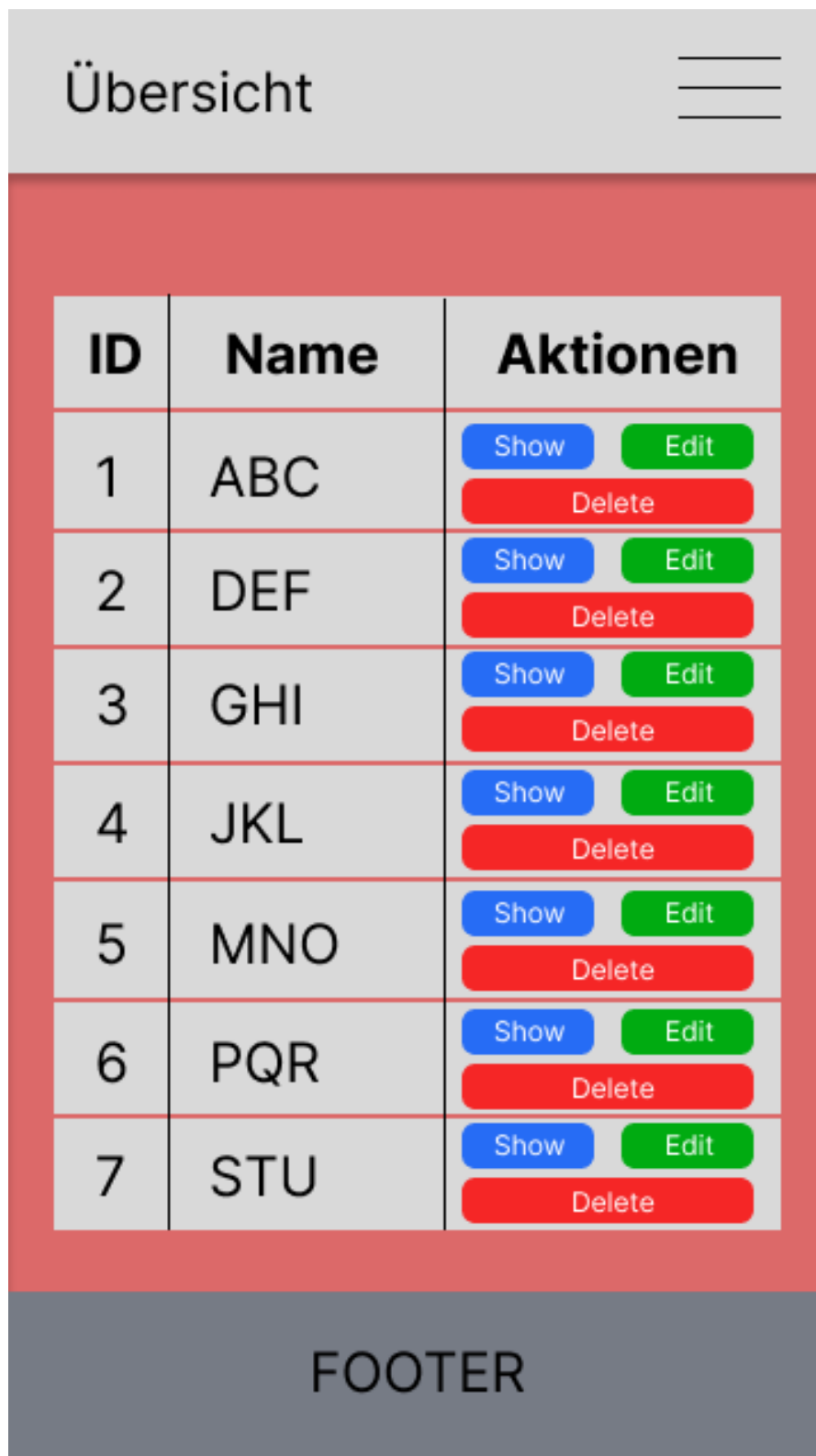


Abbildung 5.7: Paper-Prototyping - Übersichtsseite

The image shows a paper prototype of a mobile form. It features a grey header bar with the word "Formular" on the left and a hamburger menu icon on the right. The main content area has a red background and contains four white, rounded rectangular input fields, each preceded by a label: "Feld 1", "Feld 2", "Feld 3", and "Feld 4". Below the input fields is a large green button with the white text "Erstellen". At the bottom, there is a grey footer bar with the word "FOOTER" in white capital letters.

Abbildung 5.8: Paper-Prototyping - Formular

IMPLEMENTIERUNG

6.1 AUSWAHL VON ENTWICKLUNGSWERKZEUGEN UND -FRAMEWORKS

Da es sich bei PWAs um eine moderne Webtechnologie handelt, sollte auch das ausgewählte Framework auf einem aktuellen Stand sein. Mittlerweile sind Javascript-Frameworks wie React, Angular oder Vue.js weit verbreitet und werden gehäuft verwendet. Es wurde nach Frameworks gesucht, die auf einer dieser Technologien basieren und gleichzeitig eine einfache und schnelle Entwicklung ermöglichen.

Die Entscheidung fiel auf `Blitz.js`¹, ein Framework, das auf `Next.js`² und `React`³ basiert. `Blitz.js` ist ein Fullstackframework mit Fokus auf eine schnelle Entwicklung ohne selbstständige Erstellung von komplexen APIs und Boilerplate-Code. Authentifizierung, Datenbankzugriffe, Routing, Validierung und vieles mehr wird durch `Blitz.js` mitgeliefert und automatisch verwaltet.

Standardmäßig wird für die Datenbankanbindung `Prisma`⁴ verwendet. Voreingestellt ist als Datenbank PostgreSQL. Aufgrund von vorhandener Infrastruktur und Erfahrung wurde jedoch MySQL als Datenbank verwendet.

Für das Frontend wurde `Chakra UI`⁵ verwendet. `Chakra UI` ist eine Komponentenbibliothek für `React` und bietet eine große Anzahl an vorgefertigten Komponenten zur direkten Verwendung. Für Icons wurde `React Icons`⁶ verwendet.[11, S. 403–409]

Während der Entwicklung wurden zahlreiche Informationen aus den offiziellen Dokumentationen der Frameworks und den folgenden Büchern verwendet, die sich allerdings nicht klar zuordnen lassen:

- *GUI bloopers: Don'ts and do's for software developers and web designers* Jeff Johnson

1 `Blitz.js` - <https://blitzjs.com/>

2 `Next.js` - <https://nextjs.org/>

3 `React` - <https://react.dev/>

4 `Prisma` - <https://www.prisma.io/>

5 `Chakra UI` - <https://chakra-ui.com/>

6 `React Icons` - <https://react-icons.github.io/react-icons/>

- *Praxisbuch Usability & UX Jens Jacobsen, Lorena Meyer*
- *Progressive Web Apps: Das Praxisbuch Christian Liebel*
- *Usability von Produkten und Anleitungen im digitalen Zeitalter: Handbuch für Entwickler, IT-Spezialisten und technische Redakteure mit Checklisten und Fallstudien von Gertrud Grünwied*
- *Website-Konzeption, 2nd Edition*
- *Website-Konzeption und Relaunch: Planung, Optimierung, Usability*

6.2 UMSETZUNG DES MOBILEN FRONTENDS

Als Basis für das Frontend wurden die Paper-Prototypen aus Kapitel 5.2 verwendet. Zur Umsetzung wurden zunächst die zwei Layouts für Benutzer und Gäste erstellt.

Im nächsten Schritt wurden die Navigationsleisten für die mobile und Desktop-Ansicht erstellt. In der Desktop-Ansicht wird die Navigationsleiste als Sidebar dargestellt, die sich bei Bedarf ein- und ausblenden lässt. In der mobilen Ansicht ist die Navigation ein ausklappbares Menü.

Zum Schluss wurden die einzelnen Seiten angepasst und die Formulare als Komponenten vervollständigt. Es erfolgten regelmäßige Tests auf verschiedenen Endgeräten, um die Anpassungsfähigkeit der Benutzeroberfläche zu gewährleisten.

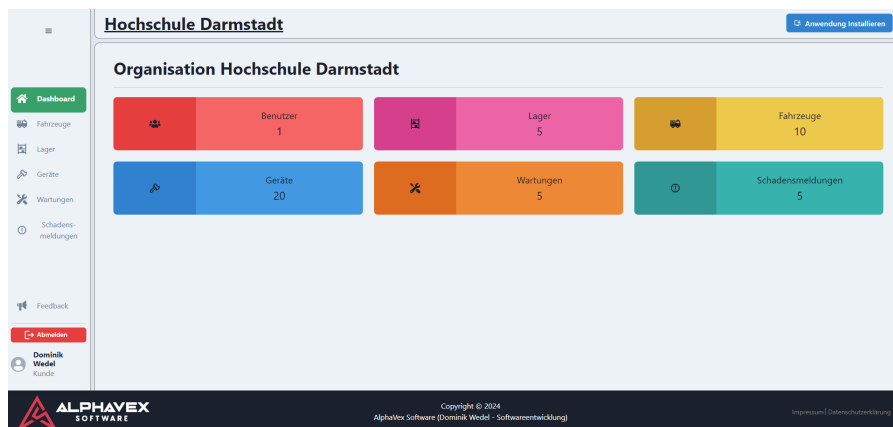


Abbildung 6.1: Dashboard - Desktop-Ansicht

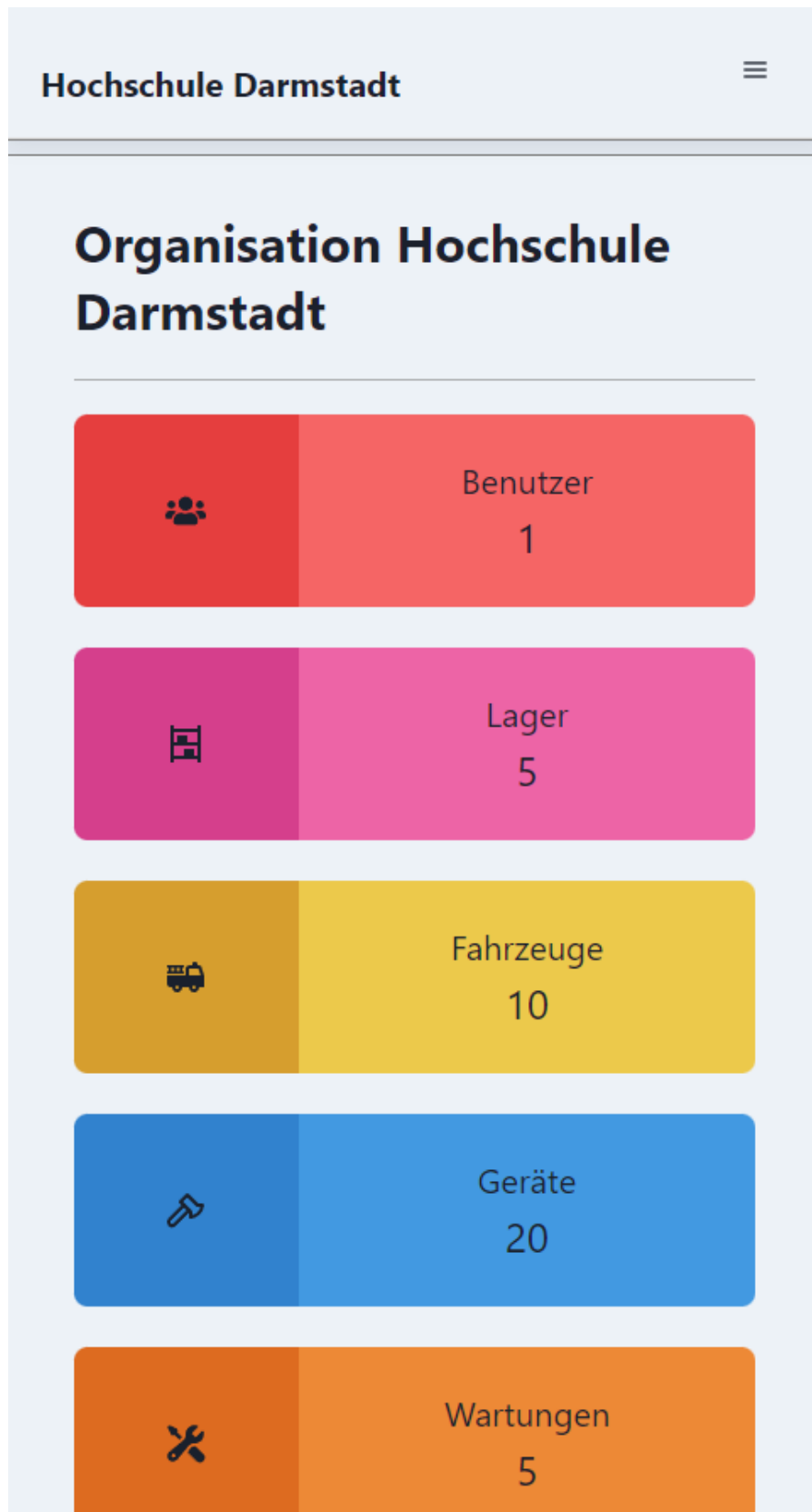



Abbildung 6.2: Dashboard - Mobile-Ansicht

Hochschule Darmstadt ☰

Gerät 24 ← Geräteliste

Barcode:



997828779604

Name:
Electronic Metal Fish

Beschreibung:
Eligendi doloremque vero animi id quasi velit libero quo.

Typ:
Brandbekämpfung

Standort:
Lager Health

Anzahl:
1

Erstellt am:
19.02.2024, 07:23

✎ Bearbeiten 🗑 Löschen

Copyright © 2024
AlphaVex Software (Dominik Wedel - Softwareentwicklung)

[Impressum](#) | [Datenschutzerklärung](#)

Abbildung 6.3: Gerät anzeigen - Mobile-Ansicht

6.3 BACKEND-IMPLEMENTIERUNG FÜR DATENVERARBEITUNG

Bei der Implementierung des Backends wurden zunächst die Login- und Registrierungsfunctionalitäten überarbeitet. So wurde es ermöglicht, direkt bei der Registrierung eine Organisation zu erstellen und zu dieser hinzugefügt zu werden. Genauso wurde direkt die Möglichkeit zur Generierung von Beispieldaten implementiert.

Im nächsten Schritt wurden die einzelnen Formulare zum erstellen und bearbeiten der Entitäten umgesetzt. Als Schwierigkeit stellte sich bei einigen Formularen die Validierung der Daten dar, da diese im Frontend ein anderes Format benötigten als im Backend.

Am Schluss wurden allgemeine Administrationsfunktionen und die Feedbackfunktionalität implementiert. Die Feedbackfunktionalität ermöglicht es, Daten zur Beantwortung der Forschungsfragen zu erheben.

6.4 DATENBANK UND OBJECT RELATIONAL MAPPING

Als Object Relational Mapping (ORM) wird durch Blitz.js standardmäßig Prisma verwendet. Prisma beschreibt sich selbst als modernes ORM-Tool mit einfachen und sicheren Datenbankzugriffen.⁷

Die Datenbank wird mit MySQL realisiert. Das Schema der Datenbank wird in Prisma in der Datei `schema.prisma` definiert. Aus dieser Datei werden automatisch entsprechende Migrationen generiert und auf die Datenbank angewendet und die Basis für die Entitäten von Blitz.js generiert.

⁷ Prisma - <https://www.prisma.io/>

Nach der Erstellung des Schemas ergibt sich folgende Struktur:

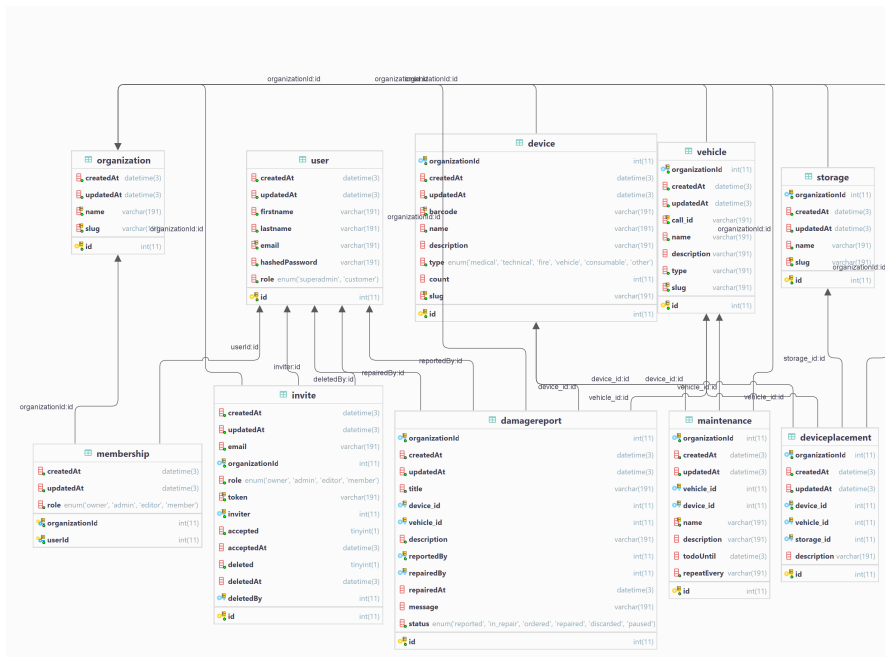


Abbildung 6.4: Schema der Datenbank - Generiert durch IntelliJ WebStorm⁸

⁸ IntelliJ WebStorm - <https://www.jetbrains.com/webstorm/>

EVALUATION

7.1 PRAXISTEST DER WEBANWENDUNG

Zur Evaluation der entwickelten PWA wurde in der Zeit vom 01.02.2024 bis zum 10.02.2024 ein Praxistest durchgeführt. Dafür wurden zunächst die Teilnehmer der Umfrage (siehe 4.1), die sich zur Teilnahme an der Testphase bereit erklärt hatten, kontaktiert und über den Ablauf des Praxistests informiert.

Es stand den Teilnehmern frei, die PWA auf einem beliebigen Endgerät zu verwenden. Alle implementierten Funktionalitäten waren für die Testphase freigeschaltet. Bei der Registrierung und dem Erstellen einer Organisation konnten die Teilnehmer Beispieldaten generieren lassen. Dadurch ist es möglich die Anwendung, ohne großen Aufwand durch Einpflegen eigener Daten, zu testen.

Da die Probanden unter Umständen wenig Erfahrung mit Testen von Software oder dem Umgang mit IT Systemen haben, wurde darauf verzichtet explizite Testaufgaben zu formulieren.[7, S. 136] Stattdessen wurden die Tester gebeten, die Anwendung in ihrem Arbeitsalltag zu verwenden und dabei aufgetretene Probleme oder Unklarheiten zu dokumentieren.

Während der Testphase haben sich 35 Nutzer aus verschiedenen Organisationen registriert und die Anwendung getestet. Am 11.02.2024 wurde der Praxistest schließlich beendet, die Anwendung offline genommen und die erzeugten Daten aus der Datenbank gelöscht.

7.2 ANWEDERFEEDBACK UND AKZEPTANZ

Einige Nutzer gaben während des Praxistests Feedback zur Anwendung ab. Dabei wurde von einigen Nutzern die einfache Bedienung und die Übersichtlichkeit der Anwendung gelobt.

Allerdings gab es auch ein paar Kririkpunkte. So wurde beispielsweise bemängelt, dass die Anwendung nicht auf allen Endgeräten responsiv funktionierte, vor allem Tabellen und Listen waren auf kleineren Bildschirmen nicht immer übersichtlich. Ein weiterer Kritikpunkt war, dass die Anwendung nicht immer zuverlässig funktionierte. So kam es gelegentlich zu Ladezeiten, die als zu lang empfunden wurden, und zu fehlerhaften Dateneingaben. Manche Felder waren zu kurz begrenzt, sodass längere Texte nicht eingetragen werden konnten und manche Eingabefelder waren nicht immer selbsterklärend. Des Weiteren wurde bemängelt, dass der Funktionsumfang aktuell noch recht eingeschränkt wäre. Ein Nutzer berichtete auch von mehrfachen Abstürzen der Anwendung. Eine genaue Ursache dafür konnte allerdings nicht gefunden werden.

Die Nutzer hatten auch die Möglichkeit ein Formular auszufüllen, in dem sie ihre Meinung zur Anwendung äußern konnten. Dabei konnten die Aspekte Effizienz, Offline-Verfügbarkeit und Bedienbarkeit jeweils von 1 bis 10 bewertet werden. Zehn Nutzer haben von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht. Die Rohdaten dieser Umfrage sind in [B.3](#) zu finden.

Auf die Frage, wie sehr die Anwendung die Effizienz erhöhen kann, wurde im Durchschnitt eine Punktzahl von 6,8 vergeben. Ein großer Ausschlag nach unten war dabei zu verzeichnen, da einem Nutzer der Funktionsumfang der Anwendung nicht ausreichte.

Die Frage, wie wichtig die Offline-Verfügbarkeit für die tägliche Arbeit ist, wurde im Durchschnitt mit 6,5 bewertet. Negativ war hier der Faktor, dass angesehene Daten zwar offline zur Ansicht verfügbar waren, jedoch keine Änderungen mit anschließender Synchronisation unterstützt werden.

Die Bedienbarkeit der Anwendung wurde im Durchschnitt mit 6,8 bewertet. Ein Nutzer bemängelte hier, dass das Bedienkonzept nicht schlüssig sei, während ein anderer Nutzer die Anwendung als überwiegend selbsterklärend empfand.

Insgesamt wurde die Anwendung also eher durchschnittlich, mit einer positiven Tendenz, bewertet. Die Kritikpunkte, die während des Praxistests aufgekommen sind, lassen sich auf eine zu kurze Entwicklungszeit und eine unzureichende Qualitätssicherung zurückführen.[15, S. 424–426] Der Praxistest bestätigt weiterhin, dass Bedarf

und Potential für eine solche PWA zur Wartung, Pflege und Reparatur von Einsatzfahrzeugen vorhanden sind.

7.3 BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN

Auf Basis der erhobenen Daten und der durchgeführten Evaluation können die Forschungsfragen umfangreich beantwortet werden. Dazu wird im Folgenden individuell auf jede Forschungsfrage eingegangen.

7.3.1 *Effizienzsteigerung der Wartungsprozesse von Einsatzfahrzeugen*

Die entwickelte PWA fokussiert sich auf eine Effizienzsteigerung der Wartungsprozesse von Einsatzfahrzeugen und Gerätschaften. Dazu wurde unter anderem ein Barcode-Scanner implementiert, um die Erfassung von Fahrzeugen und Geräten zu erleichtern. Es wird ermöglicht Schäden zu dokumentieren und zu verwalten und so die Arbeitsabläufe zu beschleunigen.(siehe 6)

In der Evaluation wurde die Effizienzsteigerung der Anwendung im Durchschnitt mit 6,8 Punkten bewertet. Als Grund für niedrigere Bewertungen wurden fehlende Funktionalitäten genannt. Ansonsten wurde eine deutliche Effizienzsteigerung als möglich angesehen.(siehe 7.2)

Spezifische Mechanismen, welche die Effizienz erhöhen sollen, sind unter anderem Nutzungen der Kamera, interaktive Benachrichtigungen der Nutzer, RFID-Technologien, Offlinenutzung der Anwendung und eine Anpassungsfähigkeit der Benutzeroberfläche an verschiedene Endgeräte.(siehe 4.1.2)

Da auch die Bedienbarkeit der Anwendung im Durchschnitt mit 6,8 Punkten bewertet wurde, kann davon ausgegangen werden, dass auch wenig erfahrene Nutzer, die Anwendung relativ problemlos bedienen können. Da bei Hilfsorganisationen Personen mit unterschiedlichem IT-Know-How arbeiten, ist dies ein wichtiger Aspekt, welcher auch in der Umfrage zu Beginn am meisten eingefordert wurde (siehe 7.2 und 4.1.2).

7.3.2 *Rolle der Offlineverfügbarkeit in der Optimierung der Fahrzeugwartung*

Auf Grund der kurzen Entwicklungszeit konnte nur eine rudimentäre Offlineverfügbarkeit implementiert werden. Dabei werden alle

bereits besuchten Seiten und Daten im Cache des Browsers gespeichert und auch ohne Internetverbindung angezeigt. Wenn die Anwendung auf dem Homescreen installiert ist, kann sie auch ohne aktive Internetverbindung gestartet werden. Änderungen an den Daten können während einer Offline-Phase jedoch nicht vorgenommen werden. Das Einarbeiten von Tools wie IndexedDB, für eine vollständige Offlinenutzung der Anwendung und anschließender Synchronisation der Daten mit der Datenbank, erwies sich als zu komplex für die zur Verfügung stehende Zeit (siehe 6).

In der Evaluation wurde die Offline-Verfügbarkeit der Anwendung im Durchschnitt mit 6,5 Punkten bewertet. Negativ wurde hierbei angemerkt, dass angesehene Daten zwar offline zur Ansicht verfügbar waren, jedoch keine Änderungen mit anschließender Synchronisation unterstützt wurden (siehe 7.2).

Trotzdem wurde die Offlineverfügbarkeit als wichtig für die täglichen Arbeitsschritte angesehen. Bereits bei der Umfrage zur Anforderungsanalyse wurde durch einige Teilnehmer betont, dass Einsatzfahrzeuge des Öfteren in Gebieten ohne Netzabdeckung eingesetzt werden oder stationiert sind. Auch die Gerätehäuser sind nicht immer mit WLAN oder andere moderner IT-Infrastruktur ausgestattet (siehe 4.1.2).

7.3.3 Technische Anforderungen und Herausforderungen bei der Entwicklung für Sicherheitsbehörden

Bei der Entwicklung der PWA wurde bereits bei der Konzeption auf regulatorische Vorgaben geachtet. So wurden unter anderem Vorgaben der DGUV analysiert und auf Basis dessen bestimmte Spalten in der Datenbank angelegt. Diese Anpassung der Anwendung ist jedoch unvollständig und bedarf intensiverer Recherche und Nacharbeit. Zeitlich war es nicht möglich alle Vorgaben rechtssicher in der Anwendung abzubilden (siehe 5).

Wichtig war auch die Gewährleistung von Datensicherheit und Datenschutz. So wurde die Anwendung so konzipiert, dass nur authentifizierte Nutzer auf die Daten ihrer Organisation zugreifen können und auch nur auf diese Daten. Die Möglichkeit Nutzer verschiedenen Organisationen zuzuordnen wurde zwar vorbereitet, jedoch aus Datenschutzgründen und unzureichender rechtlicher Absicherung mit den Nutzern nicht implementiert (siehe ??, 5 und 6).

Die Integration von Authentifizierungsmechanismen wurde durch die Verwendung von Blitz.js und Prisma als [ORM](#) vereinfacht. Es wird eine einfache Anmeldung über E-Mail und Passwort ermöglicht. Dabei wird das Passwort als Hash gespeichert und muss mindestens acht Zeichen lang sein, Groß- und Kleinbuchstaben, Zahlen und Sonderzeichen enthalten. Eine Verifizierung der E-Mail-Adresse erfolgt zum jetzigen Zeitpunkt nicht (siehe [4.3](#) und [5.2](#)).

FAZIT

8.1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Zur Analyse der Anforderungen wurde zu Beginn eine deutschlandweite Umfrage erstellt und durchgeführt. An dieser haben 788 Teilnehmer verschiedener Hilfsorganisationen teilgenommen. Aus den daraus gewonnenen Erkenntnissen wurden Anforderungen an die [PWA](#) abgeleitet. Die Anforderungen wurden in Form von User Stories formuliert und im nächsten Schritt, der Konzeption, in ein [ER-Modell](#) und Use-Case-Diagramme überführt (siehe [4](#) und [5](#)).

In der Phase der Konzeption wurde die Architektur der Anwendung entworfen und die Benutzeroberfläche gestaltet. Dabei wurden auch die speziellen Anforderungen an die [PWA](#) berücksichtigt. Die Anwendung sollte offline verfügbar sein und eine hohe Benutzerfreundlichkeit aufweisen. Zusätzlich sollte das Installieren der Anwendung auf dem Endgerät so einfach wie möglich sein und ein Barcodescanner integriert werden (siehe [5](#)).

Die Implementierung der Anwendung erfolgte in drei Schritten. Zuerst wurde das Schema der Datenbank entworfen und implementiert. Anschließend wurde das Frontend der Anwendung auf Basis des Paper-Prototyps umgesetzt. Das Backend wurde zum Schluss implementiert. Für das Frontend und Backend wurde Blitz.js verwendet, was auf Next.js und React basiert. Für die Datenbank wurde MySQL verwendet und als [ORM](#) kam Prisma zum Einsatz (siehe [6](#)).

Die Evaluation der Anwendung erfolgte in Form eines Praxistests. Dabei wurde die Anwendung von 35 Nutzern aus verschiedenen Organisationen getestet. Die Nutzer hatten die Möglichkeit, Feedback in einem Formular oder separat per E-Mail abzugeben. Die Nutzer bewerteten die Anwendung im Durchschnitt mit 6,8 Punkten in Bezug auf die Effizienz, mit 6,5 Punkten in Bezug auf die Offline-Verfügbarkeit und mit 6,8 Punkten in Bezug auf die Bedienbarkeit (siehe [7](#)).

Die Forschungsfragen konnten auf Basis der Entwicklung und der anschließenden Evaluation im Abschnitt [7.3](#) beantwortet werden. Die Entwicklung einer [PWA](#) zur Wartung, Pflege und Reparatur von Ein-

satzfahrzeugen ist möglich und sinnvoll. Allerdings stellt eine [PWA](#) höhere Anforderungen an die Entwickler und die Qualitätssicherung, da verschiedene Endgeräte und Browser vollständig unterstützt werden müssen. Eine Aussicht auf zukünftige Entwicklungen wurde in Abschnitt [8.2](#) gegeben.

Alle Grafiken und Rohdaten der Befragungen, sowie der Source-Code sind hier zu finden: *Gitlab - Progressive Web App*[\[21\]](#)

8.2 AUSBLICK AUF ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN

Die durchgeführte Umfrage hat gezeigt, dass die Nutzer von Einsatzfahrzeugen eine [PWA](#) zur Wartung, Pflege und Reparatur von Einsatzfahrzeugen als sinnvoll erachten und viele Ideen und Wünsche für eine solche Anwendung haben.

Vor allem die Nutzung spezieller [PWA](#)-Funktionalitäten, wie eine vollständige offline Unterstützung mit anschließender Synchronisation, umfangreiche Barcode- und QR-Code-Unterstützung oder sogar RFID-Unterstützung, wurden von den Nutzern gewünscht und sind für zukünftige Entwicklungen umsetzbar.

Problematisch zeigt sich dem gegenüber allerdings eine kürzlich getroffene Entscheidung von Apple, die [PWA](#)-Funktionalitäten auf iOS-Geräten zu deaktivieren. Auslöser für diese Entscheidung war der Beschluss der EU, dass Apple auch alternative App-Stores zulassen und den Digital Market Act[\[3\]](#) zu erfüllen hat. Apple sagt speziell, zu den [PWAs](#) folgendes:

To comply with the Digital Markets Act, Apple has done an enormous amount of engineering work to add new functionality and capabilities for developers and users in the European Union — including more than 600 new APIs and a wide range of developer tools.

The iOS system has traditionally provided support for Home Screen web apps by building directly on WebKit and its security architecture. That integration means Home Screen web apps are managed to align with the security and privacy model for native apps on iOS, including isolation of storage and enforcement of system prompts to access privacy impacting capabilities on a per-site basis.

Without this type of isolation and enforcement, malicious web apps could read data from other web apps and recap-

ture their permissions to gain access to a user's camera, microphone or location without a user's consent. [...]

EU users will be able to continue accessing websites directly from their Home Screen through a bookmark with minimal impact to their functionality. We expect this change to affect a small number of users. [...]

Apple Inc.[10]

Die hier angesprochenen Sicherheitsbedenken sind nicht unbegründet, jedoch ist es fraglich, ob die Deaktivierung von PWA-Funktionalitäten die richtige Lösung ist. Die Änderungen werden ab IOS Version 17.4 wirksam. Diese Version wird bereits im März 2024 veröffentlicht werden.[9]

Angesichts dieser Entwicklung ist es fraglich, ob die Entwicklung von PWAs weiterhin als sinnvoll erachtet werden kann. Die Entscheidung von Apple führt dazu, dass IOS-Geräte, welche auch bei Hilfsorganisationen auf Grund ihres einfachen Device-Managements und der hohen Sicherheit beliebt sind, nicht mehr in der Lage sind, PWAs in vollem Umfang zu nutzen. Für Apple Geräte ließe es sich demnach nicht vermeiden native Apps zu entwickeln, was wiederum deutlich mehr Aufwand und Kosten bedeutet und die Entwicklung von PWAs unattraktiv macht.

Es bleibt abzuwarten, ob Apple seine Entscheidung revidiert oder ob die EU eine andere Lösung für das Problem findet. Sollte sich die Situation nicht ändern, ist von der weiteren Entwicklung von PWAs abzuraten und wieder auf native Apps zu setzen, was zwar einen Rückschritt darstellt, aber aufgrund der Entscheidung von Apple unumgänglich erscheint.

Teil II

APPENDIX



INFORMATIONEN VERSCHIEDENER MINISTERIEN UND BEHÖRDEN

Es wurden verschiedene Ministerien und Behörden kontaktiert, um Informationen über die Anforderungen und Zuständigkeiten an die Wartung, Pflege und Reparatur von Einsatzfahrzeugen zu erhalten. Aufgelistet sind die sinngemäßen Antworten der einzelnen Stellen.

A.1 BAYERISCHES MINISTERIUM DES INNERN, FÜR SPORT UND INTEGRATION

Die Wartung und Pflege der Feuerwehrfahrzeuge und der entsprechenden Gerätschaften erfolgt nach den Vorgaben der Prüfgrundsätze für Ausrüstung, Geräte und Fahrzeuge der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV). Darüber hinaus sind entsprechende Herstellerangaben zu beachten.

Untersuchungsfristen sind in einer Arbeitsanleitung (§ 29 Absatz 1 Satz 3 StVZO) festgelegt.

Weitere Informationen sind der Webseite der Kommunalen Unfallversicherung Bayern zu entnehmen ¹.

Auskunft von: Herrn Dipl.-Ing.(FH) Josef Baumgartner (Brandrat)

¹ Kommunale Unfallversicherung Bayern - <https://kuvb.de/praevention/betriebe-und-einrichtungen/feuerwehren/>

A.2 BRAND- UND KATASTROPHENSCHUTZ BRANDENBURG

Die Prüfvorschriften untergliedern sich in verschiedene Kategorien:

- Staatliches Arbeitsschutzrecht (ArbSchG, BetrSichV, ...)
- Arbeitsschutzrecht der **DGUV** (**DGUV** Vorschrift 1, ...)
- Herstelleranweisungen und Benutzerhinweise
- Normen (Primär für Hersteller)

Im Bereich der Feuerwehr sind Grundsätze im **DGUV** Grundsatz 305-002 festgelegt ².

Weiterhin sind die einzelnen Institutionen selbst für die Erstellung von Regelwerken zuständig.

Auskunft von: Herrn Maurice Kuhnert, B.Sc. (Brandrat)

A.3 THÜRINGER MINISTERIUM FÜR INNERES UND REGIONALES

In Zusammenarbeit mit der Landesfeuerwehr- und Katastrophenschutzschule in Bad Köstritz wurde folgende, nicht abschließende, Liste von Regelungen aufgestellt. Bei Einsatzfahrzeugen im Bereich der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr wird zwischen Fahrgestell, Aufbau und Beladung unterschieden.

Fahrgestell:

- Hauptuntersuchung/Abgasuntersuchung (§ 29 StVZO)
- Sicherheitsprüfung (§ 29 und Anlage 3 StVZO - SP Richtlinie)
- **DGUV** Grundsatz 309-001 („Kran“)
- **DGUV** Regel 109-009 („Fahrzeuginstandhaltung“)

Aufbau:

- Unfallverhütungsvorschrift Feuerwehren (**DGUV** 49)
- **DGUV** Vorschrift 70 u. 71 („Feuerwehrfahrzeuge“)
- **DGUV** Vorschrift 4 UVV („Elektr. Anlagen u. Betriebsmittel“)
- **DGUV** Grundsatz 314-002 („Kontrolle von Fahrzeugen durch Fachpersonal“)
- **DGUV** Regel 109-009 („Fahrzeuginstandhaltung“)

² DGUV 305-002 - <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/84>

- Herstellerangaben

Beladung:

- [DGUV](#) Grundsatz 305-002 („Prüfgrundsätze für Ausrüstung, Geräte und Fahrzeuge der Feuerwehr“)
- [DGUV](#) Vorschrift 4 UVV („Elektr. Anlagen u. Betriebsmittel“)
- Herstellerangaben

Allgemein:

- § 14 Abs. 2 BetrSichV

Auskunft von: Herrn Toni Ortlepp (Sachbearbeiter)

A.4 MINISTERIUM FÜR INNERES, BAUEN UND SPORT SAARLAND

Nach § 3 Absatz 3 des Gesetzes über den Brandschutz, die Technische Hilfe und den Katastrophenschutz im Saarland (SBKG) obliegt den Gemeinden die Pflichtaufgabe, eine am Bedarfs- und Entwicklungsplan orientierte, leistungsfähige Feuerwehr zu unterhalten.

Neben der Hauptuntersuchung (§ 29 StVZO) sind spezifische Wartungs- und Inspektionsintervalle nach Herstellerangaben einzuhalten. Ebenfalls hat die [DGUV](#) und die Unfallkasse des Saarlandes entsprechende Vorschriften und Regelungen erlassen.

Die Überprüfung auf Verkehrstauglichkeit erfolgt primär durch Fachwerkstätten im Rahmen der Hauptuntersuchung und Sicherheitsprüfung.

Auskunft von: Herrn Christian Schmidt (Erster Polizeihauptkommissar)

A.5 MINISTERIUM FÜR INNERES, BAU UND DIGITALISIERUNG MECKLENBURG-VORPOMMERN

Regelungen zum Thema Wartung und Instandsetzung von Fahrzeugen sind unter Punkt 4.4 „Technische Überwachung/Instandhaltungsarbeiten“ in der Richtlinie „Beschaffung, Betrieb und Aussonderung von Dienstfahrzeugen in der Landesverwaltung von Mecklenburg-Vorpommern (Kfz.Richtlinie - Kfz.RL M-V)“³ festgelegt.

Auskunft von: Herrn Matthias Regner

³ Richtlinie Kfz M-V - <https://www.landesrecht-mv.de/bsmv/document/VVMV-VVMV000006788/part/F>

A.6 INNENMINISTERIUM RHEINLAND-PFALZ

Relevante Vorschriften zur Wartung und Reparatur von Einsatzfahrzeugen der Feuerwehr werden in [DGUV Grundsatz 305-002](#) „Prüfgrundsätze für Ausrüstung, Geräte und Fahrzeuge der Feuerwehr“ festgelegt.

Weiterhin sind besonderer Vorgaben der Hersteller zu beachten.

Auskunft von: Herrn Stefan Voigt

UMFRAGE

Nachfolgend wird der Aufbau der Umfrage und der genutzte Fragenkatalog, sowie die Rohdaten der Auswertung dargestellt. Eine für die Arbeit relevante Auswertung der Umfrage ist in Kapitel [4.1.2](#) zu finden.

B.1 FRAGENKATALOG

Die Umfrage zur Ermittlung der Ausgangssituation und der Anforderungen an die Anwendung war wie nachfolgend aufgelistet aufgebaut. Die Möglichkeit für Mehrfachantworten oder optionale Fragen sind entsprechend markiert. Die Reihenfolge der Fragen war bei jedem der Befragten identisch.

1. Informationsseite

Erklärung zu Sinn und Verwendung der Umfrage, sowie ein Hinweis auf anonyme Verarbeitung.

Es wurde auch darauf hingewiesen, dass die Umfrage zwischen 5 und 10 Minuten in Anspruch nimmt und sich nur an Personen richtet, die aktiv in einer Hilfsorganisation in Deutschland tätig sind.

2. Woher kommen Sie?

Auswahl einer einzigen Antwort

- Baden-Württemberg
- Bayern
- Berlin
- Brandenburg
- Bremen
- Hamburg
- Hessen
- Mecklenburg-Vorpommern
- Niedersachsen
- Nordrhein-Westfalen
- Rheinland-Pfalz
- Saarland
- Sachsen
- Sachsen-Anhalt
- Schleswig-Holstein
- Thüringen
- Bundesorganisation (Deutschlandweit)

3. In welchen Organisationen sind Sie Mitglied?

Mehrfachauswahl möglich

- Berufsfeuerwehr
- Freiwillige Feuerwehr
- THW
- Bundeswehr
- Ministerium/Landesfeuerweherschule
- ASB (Beruflich)
- ASB (Ehrenamtlich)
- DRK (Beruflich)
- DRK (Ehrenamtlich)
- Malteser (Beruflich)
- Malteser (Ehrenamtlich)
- Johanniter (Beruflich)
- Johanniter (Ehrenamtlich)
- Werkfeuerwehr

4. Wie werden Fahrzeuge in Ihrer Organisation gewartet und auf Vollständigkeit überprüft? Wie häufig? Was wird genau geprüft?

Freitext Antwort

5. Wie werden Wartungen und Reparaturen dokumentiert? Welche Hilfsmittel werden genutzt (Listen, Apps, Software, ...)?

Freitext Antwort

6. Wie viele Fahrzeuge sind zu warten? Auswahl einer einzigen Antwort

- 0
- 1 - 10
- 11 - 20
- 21 - 30
- 31 - 50
- 50+

7. **Wie viele Gerätschaften sind insgesamt zu warten und zu prüfen oder auf Fahrzeugen verlastet? (Ungefähr)**

Auswahl einer einzigen Antwort

- 0 - 100
- 101 - 250
- 251 - 500
- 501 - 750
- 751 - 1000
- 1000+

8. **Was wären Ihre Anforderungen an eine Webanwendung zur Unterstützung bei der Wartung, Pflege und Reparatur von Einsatzfahrzeugen?**

Mehrfachauswahl möglich

- Beladungslisten von Fahrzeugen zum Exportieren
- Formular für Schadensmeldungen
- Vollständigkeitsprüfungen
- Regelmäßige Prüfintervalle anzeigen/erinnern
- Barcode-Scanner zum Scannen von Gerätschaften
- Digitales Fahrtenbuch
- Dokumentation von Reinigungen/Tanken/Werkstattaufenthalten
- Verschiedene Zugriffsrechte für verschiedene Mitglieder der Feuerwehr
- Verantwortliche Personen zuweisen
- Digitale Checklisten zum Abarbeiten
- Umfangreiche Statistiken
- Bilddokumentation von Schäden/Wartungen/Beladungen

9. **[Optional] Welche weiteren Funktionen würden Sie sich von einer solchen Webanwendung wünschen? Was stellen Sie sich darunter vor?**

Optionale Freitext Antwort

10. **[Optional] Sind Sie interessiert an der Testphase der Software teilzunehmen? Wenn ja, geben Sie bitte eine E-Mail-Adresse an (dienstlich).**

Optionale Freitext Antwort

B.2 ROHDATEN NACH FRAGEN

Es werden die Rohdaten der Umfrage nach Fragen aufgelistet. Die Umfrage wurde mit Empirio ¹ erstellt und durchgeführt.

Die Auswertung wird in Tabellenform dargestellt. In der ersten Spalte werden bei Einfach- und Mehrfachauswahl die Antwortmöglichkeiten aufgelistet. In den weiteren Spalten wird die Anzahl der Antworten pro Antwortmöglichkeit und die prozentuale Verteilung aufgeführt. Freitextantworten werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht vollständig aufgelistet.

Frage 1: Woher kommen Sie? - 788 Teilnehmer

Antwort	Anzahl	Prozent
Hessen	150	19,04%
Baden-Württemberg	133	16,88%
Bayern	122	15,48%
Niedersachsen	92	11,68%
Nordrhein-Westfalen	90	11,42%
Sachsen	30	3,81%
Saarland	26	3,30%
Rheinland-Pfalz	24	3,05%
Schleswig-Holstein	24	3,05%
Sachsen-Anhalt	21	2,66%
Thüringen	21	2,66%
Brandenburg	17	2,16%
Mecklenburg-Vorpommern	17	2,16%
Bundesorganisation (Deutschlandweit)	11	1,40%
Berlin	5	0,63%
Hamburg	4	0,51%
Bremen	1	0,13%

Tabelle B.1: Rohdaten Anforderungsanalyse - Herkunft

¹ Empirio - <https://www.empirio.de/>

Frage 2: In welchen Organisationen sind Sie Mitglied? - 788 Teilnehmer (Mehrfachauswahl)

Antwort	Anzahl	Prozent
Freiwillige Feuerwehr	538	68,27%
Werkfeuerwehr	91	11,55%
Berufsfeuerwehr	79	10,03%
DRK (Ehrenamtlich)	64	8,12%
DRK (Beruflich)	62	7,87%
THW	58	7,36%
ASB (Beruflich)	28	3,55%
Ministerium/Landesfeuerweherschule	12	1,52%
ASB (Ehrenamtlich)	11	1,40%
Bundeswehr	8	1,02%
Johanniter (Ehrenamtlich)	8	1,02%
Malteser (Ehrenamtlich)	7	0,89%
Malteser (Beruflich)	4	0,51%
Johanniter (Beruflich)	2	0,25%

Tabelle B.2: Rohdaten Anforderungsanalyse - Mitgliedschaft Organisationen

Frage 3: Wie werden Fahrzeuge in Ihrer Organisation gewartet und auf Vollständigkeit überprüft? Wie häufig? Was wird genau geprüft? - 788 Teilnehmer

Freitextantworten

Frage 4: Wie werden Wartungen und Reparaturen dokumentiert? Welche Hilfsmittel werden genutzt (Listen, Apps, Software, ...)? - 788 Teilnehmer

Freitextantworten

Frage 5: Wie viele Fahrzeuge sind zu warten? - 788 Teilnehmer

Antwort	Anzahl	Prozent
1 - 10	430	54,57%
11 - 20	165	20,94%
50+	82	10,41%
21 - 30	64	8,12%
31 - 50	45	5,71%
0	2	0,25%

Tabelle B.3: Rohdaten Anforderungsanalyse - Fahrzeuge

Frage 6: Wie viele Gerätschaften sind insgesamt zu warten und zu prüfen oder auf Fahrzeugen verlastet? (Ungefähr) - 788 Teilnehmer

Antwort	Anzahl	Prozent
101 - 250	213	27,03%
251 - 500	157	19,92%
0 - 100	156	19,80%
1000+	125	15,85%
501 - 750	78	9,90%
751 - 1000	59	7,49%

Tabelle B.4: Rohdaten Anforderungsanalyse - Gerätschaften

Frage 7: Was wären Ihre Anforderungen an eine Webanwendung zur Unterstützung bei der Wartung, Pflege und Reparatur von Einsatzfahrzeugen? - 788 Teilnehmer (Mehrfachauswahl)

Antwort	Anzahl	Prozent
Regelmäßige Prüfintervalle anzeigen/erinnern	699	88,71%
Beladungslisten von Fahrzeugen zum Exportieren	643	81,60%
Digitale Checklisten zum Abarbeiten	624	79,19%
Vollständigkeitsprüfungen	606	76,90%
Formular für Schadensmeldungen	590	74,87%
Barcode-Scanner zum Scannen von Gerätschaften	556	70,56%
Bilddokumentation von Schäden/Wartungen/-Beladungen	546	69,29%
Verantwortliche Personen zuweisen	495	62,82%
Verschiedene Zugriffsrechte für verschiedene Mitglieder der Feuerwehr	486	61,68%
Dokumentation von Reinigungen/Tanken/Werkstattaufenthalten	479	60,79%
Digitales Fahrtenbuch	264	33,50%
Umfangreiche Statistiken	258	32,74%

Tabelle B.5: Rohdaten Anforderungsanalyse - Funktionen PWA

Frage 8: [Optional] Welche weiteren Funktionen würden Sie sich von einer solchen Webanwendung wünschen? Was stellen Sie sich darunter vor? - 310 Teilnehmer

Freitextantworten

Frage 9: [Optional] Sind Sie interessiert an der Testphase der Software teilzunehmen? Wenn ja geben Sie bitte eine E-Mail Adresse an (dienstlich). - 189 Teilnehmer

Freitextantworten

B.3 EVALUATION ROHDATEN

In der veröffentlichten Webanwendung bestand die Möglichkeit über ein Formular Feedback zu den Punkten „Effizienz“, „Offline-Verfügbarkeit“ und „Bedienbarkeit“ zu geben. Die Rückmeldungen wurden anonym abgeben. Nachfolgend zu finden sind die Rohdaten der 10 Teilnehmer.

Wie sehr kann die Anwendung die Effizienz erhöhen?

Punktzahl (1 - 10)	Kommentar
8	„Hauptuntersuchung und die Fälligen GUV Prüfungen sollten hinzugefügt werden können. Somit kann die Verknüpfung zugefügt werden wenn eine Prüfung fällig ist wird das Fahrzeug ROT dargestellt.“
8	
10	
10	
3	„Wenn ausreichende Funktionalität gegeben wäre, dann wäre die Anwendung die Effizienz erhöhen.“
3	
7	
7	„Immer zur Hand, kein PC erforderlich“
8	
4	

Tabelle B.6: Evaluation Rohdaten - Effizienz

Wie wichtig ist die Offline-Verfügbarkeit für die tägliche Arbeit?

Punktzahl (1 - 10)	Kommentar
6	„Die Bedienung ist super und Einfach“
10	
10	
2	
9	
6	
7	
5	„Beides sollte möglich sein“
8	
2	

Tabelle B.7: Evaluation Rohdaten - Offlineverfügbarkeit

Wie einfach ist die Anwendung zu bedienen?

Punktzahl (1 - 10)	Kommentar
7	
2	
10	
9	
2	„Bedienkonzept nicht schlüssig.“
6	
7	
10	„Überwiegend selbsterklärend.“
7	
8	

Tabelle B.8: Evaluation Rohdaten - Bedienbarkeit

LITERATUR

- [1] Feuerwehr Berlin. *Fahrzeuge - Berliner Feuerwehr*. <https://www.berliner-feuerwehr.de/technik/fahrzeuge/>. Letzter Zugriff: 14.02.2024. 2024.
- [2] Majchrzak T. Biørn-Hansen A. und T-M Grønli. *Pride and Prejudice in Progressive Web Apps: Abusing Native App-like Features in Web Applications*. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3243734.3243867>. Letzter Zugriff: 19.02.2024. 2018.
- [3] European Commission. *Das Gesetz über digitale Märkte: für faire und offene digitale Märkte*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/digital-markets-act-ensuring-fair-and-open-digital-markets_de. Letzter Zugriff: 18.02.2024. 2022.
- [4] Claudia *1965 Eckert. *IT-Sicherheit: Konzepte - Verfahren - Protokolle Claudia Eckert*. Berlin und Boston: De Gruyter Oldenbourg, 2018], 2018. ISBN: 9783110551587.
- [5] Sebastian Erlhofer und Dorothea Brenner. *Website-Konzeption und Relaunch: Planung, Optimierung, Usability*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Rheinwerk Computing. Bonn: Rheinwerk Verlag, 2019. ISBN: 9783836271417.
- [6] Deutscher Feuerwehrverband. *Statistik - Deutscher Feuerwehrverband*. <https://www.feuerwehrverband.de/presse/statistik/>. Letzter Zugriff: 14.02.2024. 2021.
- [7] Gertrud *1965 Grünwied. *Usability von Produkten und Anleitungen im digitalen Zeitalter: Handbuch für Entwickler, IT-Spezialisten und technische Redakteure mit Checklisten und Fallstudien von Gertrud Grünwied*. Erlangen: Publicis Pixelpark, 2017. ISBN: 9783895784644.
- [8] Technisches Hilfswerk. *Fahrzeuge - Technisches Hilfswerk*. https://www.thw.de/DE/Im-Einsatz/Ausstattung/Fahrzeuge/fahrzeuge_node.html. Letzter Zugriff: 14.02.2024. 2024.
- [9] Apple Inc. *Apple announces changes to iOS, Safari, and the App Store in the European Union*. <https://www.apple.com/newsroom/2024/01/apple-announces-changes-to-ios-safari-and-the-app-store-in-the-european-union/>. Letzter Zugriff: 18.02.2024. 2024.
- [10] Apple Inc. *Update on apps distributed in the European Union*. <https://developer.apple.com/support/dma-and-apps-in-the-eu>. Letzter Zugriff: 18.02.2024. 2024.
- [11] Jens *20. Jh. Jacobsen und Lorena *20. Jh. Meyer. *Praxisbuch Usability & UX Jens Jacobsen, Lorena Meyer*. Bonn: Rheinwerk Verlag, 2019. ISBN: 9783836269537.

- [12] Jens Jacobsen. *Website-Konzeption, 2nd Edition*. 2nd edition. [Erscheinungsort nicht ermittelbar] und Sebastopol, CA: dpunkt und O'Reilly Media Inc, 2017. ISBN: 9783864904271.
- [13] Dietmar Jahnel und Angelika Pallwein-Prettner. *Datenschutzrecht*. 3., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wien: Facultas, 2021. ISBN: 9783708919782.
- [14] Junghwan Park Insik Shin Soeul Son Jiyeon Lee Hayeon Kim. *Progressive Web Apps: The Possible Web-native Unifier for Mobile Development*. <https://www.scitepress.org/papers/2017/63537/63537.pdf>. Letzter Zugriff: 19.02.2024. 2017.
- [15] Jeff Johnson. *GUI bloopers: Don'ts and do's for software developers and web designers* Jeff Johnson. San Francisco, Calif. [u.a.]: Morgan Kaufmann, 2000. ISBN: 1558605827.
- [16] Christian Liebel. *Progressive Web Apps: Das Praxisbuch* Christian Liebel. Bonn: Rheinwerk, 2019. ISBN: 9783836264945.
- [17] Malteser. *Aware - Malteser*. <https://www.malteser.de/aware/hilfreich/fahrzeuge-im-rettungsdienst.html>. Letzter Zugriff: 14.02.2024.
- [18] ScandiPWA. *Medium - History of Progressive Web Apps*. <https://medium.com/progressivewebapps/history-of-progressive-web-apps-4c912533a531>. Letzter Zugriff: 14.02.2024. 2019.
- [19] Engineering International Journal of Innovative Research in Science und Technology. *Impact of Progressive Web Apps on Web App Development*. https://www.researchgate.net/publication/330834334_Impact_of_Progressive_Web_Apps_on_Web_App_Development. Letzter Zugriff: 19.02.2024. 2018.
- [20] Andreas Rieb Steffi Rudel Ulrike Lechner Sebastian Dännart. *Fallstudien zur IT-Sicherheit in Kritischen Infrastrukturen*. https://www.researchgate.net/publication/330834334_Impact_of_Progressive_Web_Apps_on_Web_App_Development. Letzter Zugriff: 19.02.2024. 2018.
- [21] Dominik Wedel. *Gitlab - Progressive Web App*. https://code.fbi.h-da.de/stdowede/bachelor_data. 2024.