



Bachelorarbeit
im Studiengang Medieninformatik

**Möglichkeiten und Grenzen von
Webtechnologien bei der Entwicklung von
Kiosksoftware anhand der
Implementierung einer Sharing-Station für
Museen und Ausstellungen**

vorgelegt von
Marcus Schreiter
an der Hochschule der Medien Stuttgart
am 06.04.2020

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)

Erstprüfer: Prof. Uwe Schulz
Zweitprüfer: Joakim Repomaa

Hiermit versichere ich, Marcus Schreiter, ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: "Möglichkeiten und Grenzen von Webtechnologien bei der Entwicklung von Kiosksoftware anhand der Implementierung einer Sharing-Station für Museen und Ausstellungen" selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§26 Abs. 2 Bachelor-SPO (6 Semester), § 24 Abs. 2 Bachelor-SPO (7 Semester), § 23 Abs. 2 Master-SPO (3 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master-SPO (4 Semester und berufsbegleitend) der HdM) einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Stuttgart, 06.04.2020

Marcus Schreiter

Zusammenfassung

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	iii
1 Einleitung	1
1.1 MESO	1
1.2 Dialogmuseum	2
1.3 Sharing-Station	3
1.3.1 Sharing-Station als Produkt	4
2 Grundlagen	5
2.1 Kiosksysteme	5
2.2 Webtechnologien	7
3 Anforderungsanalyse	8
3.1 Funktionale Anforderungen	9
3.2 Nicht-funktionale Anforderungen	11
4 Systemarchitektur	15
5 Softwarestack	18
5.1 CMS und Datenbank	18
5.2 Clientsoftware	20
5.2.1 Applikation	20
5.2.2 Plattform	21
5.2.3 Deployment	21
6 Hardwareschnittstellen	23
7 Fazit	24
Abbildungsverzeichnis	26
Tabellenverzeichnis	27
Literatur- und Quellenverzeichnis	28

1 Einleitung

Diese Thesis mit dem Titel *Möglichkeiten und Grenzen von Webtechnologien bei der Entwicklung von Kiosksoftware anhand der Implementierung einer Sharing-Station für Museen und Ausstellungen* untersucht die Softwareentwicklung eines Kiosksystems mit Webtechnologien. Im Rahmen dieser Thesis wurde dafür das Kiosksystem *Sharing-Station* entwickelt. Dieses wurde innerhalb eines Projektauftrags der Firma MESO Digital Interiors GmbH für das Dialogmuseum Frankfurt entwickelt. Ebenso ist diese Thesis in Zusammenarbeit mit der Firma MESO entstanden. Die Praxisbetreuung und die Rolle des Zweitprüfers übernahm dabei Joakim Repomaa, welcher Backend-Entwickler bei der Firma MESO ist.

In diesem Kapitel werden die zwei Projektpartner sowie das entwickelte Produkt kurz vorgestellt.

1.1 MESO

MESO Digital Interiors GmbH ist eine Digitalagentur mit Sitz in Frankfurt am Main. Gegründet wurde sie 1997 und begann damals als Bürogemeinschaft von Programmierern und Designern. Von Beginn an lag der Fokus auf Grafik, Musik, Elektronik, 3D-Visualisierungen und Softwareentwicklung. Kommerzielle Projekte und eigene Projekte wurden gemeinschaftlich umgesetzt.

Über die Jahre entstanden aus dieser Bürogemeinschaft mehrerer Firmen: Aspekt1, MESO Web Scapes, MESO Digital Interiors, MESO Image Spaces und MESO Digital Services. Bis zuletzt arbeiteten MESO Digital Interiors, MESO Digital Services und MESO Image Spaces als Firmenkollektiv zusammen, ehe sie im Jahr 2018 schließlich durch die drei Geschäftsführer zu der MESO Digital Interiors GmbH zusammengelegt wurden.

Heute hat MESO rund 30 feste und einige freie Mitarbeiter*innen. Diese arbeiten zum Großteil vor Ort, teilweise aber auch remote. Viele Mitarbeiter sind Designer oder Informatiker. Einige haben einen handwerklichen Hintergrund, wie Schreiner oder Goldschmied. Geführt wird das Unternehmen von Sebastian Oschatz, Max Wolf und Mathias Wollin.

So Transdisziplinär wie die Mitarbeiter sind auch die Projekte. MESO konzipiert, gestaltet und entwickelt Ausstellungen, Messeauftritte, Showrooms, Webapplikationen und Apps. Die Projekte bewegen sich dabei meist an der Schnittstelle zwischen Raum, Kommunikation und Technik. Kunden sind dabei oft Firmen aus der Automobilindustrie (BMW, Merceds-Benz, Yanfeng oder Moovel), aus der Technologiebranche (HERE Technologies, Siemens, Keyence) oder Institutionen öffentlicher Träger wie Museen, Hochschulen oder Städte (Hochschule Mainz, Senckenberg Museum, Stadthalle Karlsruhe).

Bei Medieninstallationen und Echtzeit 3D-Grafik arbeitet MESO weitestgehend mit dem eigenentwickelten Tool VVVV [29] und mit der Spiel-Engine Unreal [27]. Für Backend-Systeme, Apps, Interfaces und Applikationen werden meist Webtechnologien eingesetzt.

1.2 Dialogmuseum

Das Dialogmuseum Frankfurt gibt es seit 2005 und ist ein privates soziales Unternehmen. Es hat sich zum Ziel gesetzt informativ, integrativ und wirtschaftlich mit den Themen Blindheit und Sehbehinderung umzugehen. Dabei ist es ein Ort für sehende, blinde und sehbehinderte Menschen gleichermaßen [6]. Allein im Jahr 2017 zählte das Museum 53.000 Besucher*innen [7].

Das Ausstellungskonzept beruht auf dem 1988 von Prof. Dr. Andreas Heinecke entwickelten *Dialog im Dunkeln*. Dabei werden Besucher*innen von blinden Menschen durch eine völlig im Dunkeln gehaltene Ausstellung geführt. Dabei erleben sie Alltagssituationen wie Szenen im Park, der Stadt oder einer Bar, müssen sich dabei jedoch einzig auf den Guide und ihre übrigen Sinne verlassen [6].

Das Ausstellungskonzept ist mittlerweile ein weltweites Franchisesystem, welches vom Dachverband Dialogue Social Enterprise GmbH (DSE) [8] mit Sitz in Hamburg verwaltet wird. Zu Dialog im Dunkeln sind weitere Konzepte wie *Dialog im Stillen* und Business Workshops hinzugekommen. Diese schaffen weltweit Begegnungen integrativer Art und geben dabei Menschen mit Behinderung einen Arbeitsplatz. *Dialog im Dunkeln* zählt seit 1989 weltweit rund 6,5 Millionen Besucher und Besucherinnen [5].

Das Museum in Frankfurt ist seit Ende 2018 geschlossen und soll Ende März 2020 in neuen Räumen, in der B-Ebene der Haltestelle Frankfurter Hauptwache, wieder-

eröffnet werden. Während das Ausstellungskonzept weitestgehend gleich bleibt, soll der Foyerbereich, sowie der Raum zu dem die Besucher zum Abschluss der Führung gelangen, neu gestaltet werden. Dabei bekam MESO den Projektauftrag für zwei digitale Exponate. Zum einen soll ein digitales barrierefreies Gästebuch entstehen, sowie die Sharing-Station, welche Gegenstand dieser Thesis ist. Das Gästebuch soll sich dabei später in dem genannten Reflexionsraum am Ende der Ausstellung und die Sharing-Station im Foyer des neuen Museums befinden.

1.3 Sharing-Station

Das im Rahmen dieser Thesis entwickelte Produkt trägt den Namen Sharing-Station. Der Name ist eine interne Bezeichnung und soll die zwei Haupteigenschaften des Produkts zusammenbringen. *Sharing*, da das Produkt in der Hauptaufgabe Informationen mit Benutzern teilen soll. Und *Station* da es sich um ein Kiosksystem handelt.

Das Produkt besteht dabei aus der Software und mehreren Hardwarekomponenten. In der Hauptsache wird sich diese Arbeit mit der Softwareentwicklung des Produkts beschäftigen. In Kapitel 6 wird zwar auf die Hardwareanbindung eingegangen, jedoch liegt auch hier der Fokus auf der Softwarekommunikation.

Zu erwähnen sei auch, dass der Autor sich in der Entwicklung des Produkts hauptsächlich um die Softwareentwicklung gekümmert hat. Produkt-, Screen- und Hardware-redesign sowie das Projektmanagement wurden von anderen Mitarbeitern der Firma MESO übernommen.

Ausgangspunkt für die Idee der Sharing-Station war der Umzug und die damit geplante Neueröffnung des Dialogmuseums. Es entstand der Wunsch im Foyer des Museums den Besucher*innen die Möglichkeit zu geben sich zum einen über das Museum und den Dachverband, sowie über andere ähnliche Projekte zu informieren. Auch sollte es die Möglichkeit geben sich aktiv zu engagieren und zu beteiligen, beispielsweise durch Spenden oder Hinterlassen seiner Kontaktdaten. Und weiter gab es den Wunsch, den Besucher*innen die Möglichkeit zu geben ein öffentliches, soziales Commitment zu hinterlassen.

Schon früh war die Idee da diese Anforderungen nicht beispielsweise durch Drucken und Auslegen von Broschüren und Flyern sowie Aufstellen einer Spendenbox zu erfüllen, sondern das Ganze in einer digitalen Form anzubieten. So entstand die Idee der Sharing-Station: Eine Art Terminal mit großem Touchscreen, an dem die Besucher*innen all die zuvor beschriebenen Dinge tun können und welches durch seine digitale Form in seinem Funktionsumfang beliebig erweiterbar ist.

1.3.1 Sharing-Station als Produkt

Von Anfang an wurde die Software der Sharing-Station unter den Gesichtspunkten der Adaptier- und Wiederverwendbarkeit entwickelt. Schon früh wurde von MESO erkannt, dass die Anforderungen, welche das Dialogmuseum an die Sharing-Station hat, Anforderungen sind, die in der Praxis häufig von Museen und Ausstellungsmachern gestellt werden. Die Forderung nach Alternativen zu klassischen Ausstellungsheften, Flyern und Newsletter-Listen, wird gerade im Zuge von Digitalisierung im Museums- und Ausstellungsbetrieb sehr häufig gestellt. So entstand die Idee, die Sharing-Station für das Dialogmuseum so zu entwickeln, dass sie später als Produkt auch anderen Kunden angeboten werden kann.

Schon während der Entwicklungszeit gab es erstes Interesse innerhalb des Dialogue Social Enterprise GmbH Verbands, die Sharing-Station in anderen Museen einzusetzen.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die zwei zentralen Begriffe dieser Thesis, *Kiosksystem* und *Webtechnologien*, erklärt und eingeordnet. Da der Begriff Kiosksystem, auch unter Softwareentwicklern, nicht unbedingt geläufig ist oder zumindest nicht ausreichend bekannt, wird er an dieser Stelle in seiner Wortherkunft und Wortbedeutung ausführlich erläutert. Der Begriff der Webtechnologien wiederum, sollte für die meisten Leser bekannt sein. Trotzdem wird er an dieser Stelle kurz erklärt, sowie die Bedeutung in der Entwicklung über die Zeit und im Zusammenhang mit dieser Arbeit analysiert.

2.1 Kiosksysteme

Wenn man in der Informationstechnologie von Kiosksystemen spricht, sind damit meist zugängliche Computersysteme gemeint die im öffentlichen oder halböffentlichen Raum platziert sind. Zudem besitzen sie eine Benutzerschnittstelle, sehr oft in Form eines Touchscreens. Sie bieten dabei in der Regel Zugang zu Informationen oder elektronischen Transaktionen [21].

Der Begriff *Kiosk* hat seinen Ursprung im Persischen und steht dort für ein zeltartiges Gartenhaus oder eine Art Erker an orientalischen Palästen [16]. Allgemeiner steht er in der islamischen Baukunst für einen pavillonähnlichen Bau [30]. In der heutigen, allgemeinsprachlichen Definition versteht man unter einem Kiosk eine Verkaufsstelle für Zeitungen und Zeitschriften [30, 16].

In der Bedeutung hat unsere heutige Definition dabei die äußere Form, das Pavillonähnliche, des ursprünglichen Kiosks übernommen. Oft sind Kioske alleinstehende Häuschen, die in ihrer Form an einen Pavillon erinnern. Hinzugekommen zur Bedeutung ist das Öffentlichzugängliche^{To do (1)}. Während der Kiosk in seiner ursprünglichen Wortbedeutung für etwas steht was meist an einen Palast angegliedert ist – und somit vermutlich nur beschränkt zugänglich ist – verstehen wir heute unter dem Begriff einen Ort, dessen Zugang für jeden Menschen gedacht ist. Darüber hinaus ist er in der Regel an belebten und gut zugänglichen Orten in Städten, wie Straßen, Plätze und an Sehenswürdigkeiten, platziert.

Dieser Teil der Wortbedeutung hat sich auf das informationstechnische Kiosksystem übertragen [13]. Mit dem pavillonähnlichen Bau hat es nichts mehr zu tun, dafür aber

mit der Tatsache das es etwas Zugängliches im öffentlichen Raum darstellt. Holfelder [13] beschreibt weitere Parallelen: die Art der Kunden und die Verweildauer. Zum einen gibt es die Laufkundschaft, die durch optische oder akustische Reize zum Herantreten animiert werden, sowie die Kunden die gezielt und mit einer bestimmten Absicht an den Kiosk oder das Kiosksystem herantreten. Die Verweildauer des Kunden ist in beiden Szenarien kurz, vergleicht man den Besuch in einem Kiosk mit dem in einem Kaufhaus, oder das Benutzen eines Kiosksystems mit dem Benutzen der eigenen elektronischen Geräte [13].

Kiosksysteme sind bekannte Systeme. Fasst man den Begriff weit, so ist beispielsweise auch der Geldautomat ein Kiosksystem. Aber auch Ticketautomaten oder der Self-Ordering Kiosk, wie ihn McDonalds 2011 in Europa eingeführt hat [25], sind bekannte Systeme und zum Teil nicht mehr wegzudenken. Oft trifft man in Geschäften oder öffentlichen Gebäuden auf Kiosksysteme, die spezifische Informationen und Transaktionen bereitstellen. Denkbar wäre ein Ausleih-Kiosk in einer Bibliothek oder ein Kiosk in einem Kaufhaus, welcher einen Lageplan und Informationen über die Geschäfte bereithält.

Dabei zeigt sich auch: Kiosksysteme können sehr unterschiedliche Zwecke haben. Borchers, Deussen und Knörzer [4] klassifizieren daher Kiosksysteme in vier Kategorien:

1. Informations-Kioske
2. Werbe-Kioske
3. Service-Kioske
4. Entertainment-Kioske

Mischformen sind denkbar und üblich. Tatsächlich kommen Kiosksysteme die nur in eine der genannten Kategorien fallen eher selten vor.

Der Informations-Kiosk hat die Aufgabe kontextbezogene Informationen bereitzustellen. Benutzer sind motiviert und gehen eher zielgerichtet vor. Der Werbe-Kiosk hat die Aufgabe eine Firma oder ein Produkt in der Öffentlichkeit zu bewerben. Benutzer müssen animiert werden das System zu nutzen und werden beispielsweise durch ein ansprechendes Design motiviert. Der Service-Kiosk ist ähnlich dem Informationskiosk. Zusätzlich kann ein Benutzer Transaktionen über eine Input-Schnittstelle tätigen. Beispielsweise ein Ticket kaufen. Der Entertainment-Kiosk hat außer der Unterhaltung des Benutzers keine weitere Aufgabe. Denkbar wäre ein solches System in einem Wartebereich.

2.2 Webtechnologien

Mit der Erfindung des World Wide Web durch Tim Berners-Lee und Robert Cailliau und damit auch der Erfindung von HTML [3] entstand auch der Begriff der Webtechnologien.

Der Begriff umfasst also all die Technologien, die beteiligt sind um eine Webseite von einem Server über ein Netz an einen Client zu übertragen und anzuzeigen.

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Begriff sich weiter nur auf die Softwaretechnologien beschränken. Dabei lassen sich die Softwaretechnologien klassischerweise in clientseitige und serverseitige Technologien einteilen.

Während sich serverseitig allerhand Programmiersprachen und Technologien finden, sind seit jeher die Softwaretechnologien auf der Clientseite im Kern auf HTML, CSS und JavaScript beschränkt. Dabei markiert JavaScript als neueste dieser drei Technologien [14] den Beginn der Rich-Client Applikationen und bietet die Möglichkeit im Browser vollständige, interaktive Applikationen statt nur statische Seiten anzuzeigen. Spätestens mit der Entwicklung und Quellcode-Veröffentlichung der JavaScript-Engine V8 [28] beschränkt sich die Nutzung von JavaScript auch nicht mehr nur auf den Browser. V8 ist ein in C++ geschriebener JavaScript-Interpreter,^{To do (2)} welcher Standalone oder eingebunden in einem C++ Programm genutzt werden kann.

Auf der V8-Engine beruht beispielsweise die asynchrone JavaScript Laufzeitumgebung Node.js, mit der in JavaScript geschriebene Programm direkt ausgeführt werden können [18]. Genutzt wird Node.js so meist für Serverapplikationen oder serverseitige Microservices. Auf Node.js und Chromium wiederum basiert das Framework Electron [10]. Mit diesem können Desktop-Anwendungen cross-plattform entwickelt werden.

So zeigt sich, dass der Begriff *Webtechnologien* nicht mehr nur in der ursprünglichen Definition gesehen werden kann, sondern viel weiter fasst. Vielmehr sind Webtechnologien heute ein Toolkit, welche in vielen Situationen eingesetzt werden können.

^{To do (3)}

3 Anforderungsanalyse

Nun sind wir am Ausgangspunkt der Arbeit angelangt: Es soll die Software für ein Kiosksystem entwickelt werden. Im Rahmen dieser Arbeit und am Beispiel der Sharing-Station geschieht dies alleinig mit Webtechnologien. Um die Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologien strukturiert und genau prüfen zu können, werden in diesem Kapitel die Anforderungen an das System und an die Software des Systems analysiert. Dies ist auch nötig, da die Webtechnologien nun in einem neuen Kontext stehen. Anforderungen an diese Technologien in einem klassischen Webentwicklungskontext sind klarer und bekannter. Im Kontext des Kiosksystems bedarf es einer neuen und veränderten Betrachtung. Diese neuen und veränderten Anforderungen werden im folgenden Kapitel untersucht und strukturiert.

Nach einer üblichen Methode der Systemanalyse werden die Anforderungen in funktionale und nicht-funktionale Anforderungen unterteilt. Dabei definieren funktionale Anforderungen die reine Funktionalität und geben Antworten auf die Frage "Was soll das System machen?". Nicht-funktionale Anforderungen bilden die restlichen Anforderungen ab und definieren dabei Anforderungen an die Eigenschaften und Qualitäten der Funktionen [23]. Sie ergänzen dabei die funktionalen Anforderungen [9]. Nicht-funktionale Anforderungen werden oft noch weiter unterschieden, beispielsweise in Qualitätsanforderungen und Randbedingungen [23, 9]. Da sich der Anforderungsumfang in dieser Arbeit in Maßen hält, wird diese Unterscheidung im Folgenden nicht vorgenommen.

Funktionale Anforderungen sind immer sehr spezifisch, da sie die konkreten Features und Funktionalitäten abbilden. So beschreiben auch hier die funktionalen Anforderungen die konkreten Eigenschaften der Sharing-Station und geben dabei einen guten Überblick über den geplanten Funktionsumfang. Nicht-funktionale Anforderungen hingegen sind generischer und lassen sich leichter auf andere Projekte übertragen. So sind die im Folgenden beschriebenen nicht-funktionalen Anforderungen, Anforderungen, die auch typisch für Kiosksoftware im Allgemeinen sind. Sie sind für die Zielsetzung dieser Arbeit also von größerer Bedeutung.

Beim Definieren der Anforderungen beschränkt sich diese Arbeit auf die Anforderungen an die Software. Dabei stellen manche Anforderungen auch Ansprüche an andere Teile des Systems. Diese Überschneidung lässt sich nicht vermeiden, denn gerade die



Abbildung 3.1: Schablone für funktionale Anforderungen nach Rupp und SOPHIS-Ten [22]

funktionalen Anforderungen stellen meist auch Anforderungen an das Gesamtsystem.

3.1 Funktionale Anforderungen

Alle Anforderungen sind in natürlicher Sprache verfasst und folgen dabei einer bestimmten Syntax. Diese Syntax folgt den Schablonenregeln von Rupp und SOPHIS-Ten [22]. Abbildung 3.1 zeigt die Schablone für die Formulierung einer funktionalen Anforderung. *<System>* entspricht dem Subjekt^{To do (4)} um welches es geht, z.B. die Sharing-Station oder die Clientsoftware. Anschließend wird die Wichtigkeit festgelegt. Das Schlüsselwort *muss* bedeutet, eine Anforderung ist im rechtlichen Sinne verpflichtend. *Sollte* beschreibt eine Anforderung, welche nicht verpflichtend ist aber die Zufriedenheit erhöht. Und *wird* wird verwendet, um Anforderungen zu definieren, welche in der Zukunft erst integriert werden.

Die Art der Funktionalität beschreibt die unterschiedlichen Systemaktivitäten. Wird hier kein Schlüsselwort eingesetzt, so beschreibt die Anforderung eine selbständige Aktivität. Der Satzteil *die Möglichkeit bieten* setzt immer eine Benutzerinteraktion voraus. *Fähig sein* definiert eine Schnittstellenanforderung.

Schließlich folgt das Objekt, für welches die Funktionalität gefordert wird und das so genannte Prozesswort. Das Prozesswort ist das Verb des Satzes, welches die Funktionalität identifiziert.

Gilt eine Anforderung nur unter einer bestimmten Bedingung, wird diese dem Wichtigkeit-Schlüsselwort vorausgestellt und das System-Schlüsselwort wird vor der Art der Funktionalität platziert. Ein Beispiel hierfür ist **FA8**.

Den folgenden Anforderungen folgt jeweils eine kurze Erklärung, welche nicht der eben beschriebenen Syntax folgt, sondern lediglich die Anforderung weiter ausführen soll.

FA1 Die Sharing-Station muss den Besucher*innen die Möglichkeit bieten, Infor-

mationen über das Museum zu erhalten.

Diese Informationen sollen dabei in Artikelform und zu unterschiedlichen Themen abrufbar sein. Ein Menü soll Überblick über die verschiedenen Artikel geben.

FA2 Die Sharing-Station muss den Besucher*innen die Möglichkeit bieten, Informationen über andere Projekte zu erhalten.

Analog zu den Informationen über das Museum, sollen Informationen über andere, ähnliche Projekte abrufbar sein. Diese sollen dabei in einem eigenen Menü organisiert sein.

FA3 Die Sharing-Station muss den Besucher*innen die Möglichkeit bieten, eine Spende zu hinterlassen.

Das Spenden soll dabei kontaktlos per Kreditkarte, EC-Karte und Mobile Payment oder mit Bargeld, in Form eines Münzeinwurfs, möglich sein.

FA4 Die Sharing-Station muss den Besucher*innen die Möglichkeit bieten, ein Foto-Commitment zu hinterlassen.

Diese Funktion soll ähnlich wie eine Fotobox funktionieren. Eine an das System angeschlossene Webcam, soll die Möglichkeit bieten ein Foto zu machen und dieses in einer Galerie zu speichern oder sich per Mail selbst zu schicken. Vor Ort sollen außerdem kleine Tafeln ausgelegt werden auf denen Besucher*innen ein soziales Commitment schreiben und dann auf dem Foto präsentieren können.

FA5 Die Sharing-Station sollte den Besucher*innen die Möglichkeit bieten, sich für einen Newsletter einzutragen.

Das Eintragen soll über ein Formular und eine Bildschirmtastatur möglich sein. Der Request soll dabei an das Wordpress-basierte Newslettersystem des Museums erfolgen.

FA6 Die Sharing-Station sollte den Besucher*innen die Möglichkeit bieten, Informationen mitzunehmen.

Am Ende von Artikeln sollen weiterführende Informationen und Verweise auf Webseiten per QR-Code verlinkt sein. Besucher*innen können diese Informationen so auf dem eigenen Geräten lesen und speichern.

FA7 Die Sharing-Station sollte den Mitarbeiter*innen des Museums die Möglichkeit bieten, die Inhalte über ein Content Management System (CMS) zu verwalten.

Die Inhalte, gerade die Artikel über das Museum und andere Projekte, sollen redaktionell verwaltbar sein. Dies soll über ein intuitiv zu bedienendes CMS möglich sein.



Abbildung 3.2: Umgebungs- und Eigenschaftsschablone für nicht-funktionale Anforderungen nach Rupp und SOPHISTen [22]

FA8 Nach einer gewissen Zeit ohne Benutzerinteraktion, sollte die Oberfläche der Clientsoftware in einen Idle-Modus wechseln.

Dieser Modus soll wie ein Bildschirmschoner wirken. Eine Animation soll dabei die Oberfläche überdecken und mit Schlagwörter und bewegten Formen die Besucher*innen zur Interaktion animieren.

3.2 Nicht-funktionale Anforderungen

Die Formulierung nicht-funktionaler Anforderungen anhand einer Schablone fällt schwer. Nicht-funktionale Anforderungen sind in der Literatur nicht einheitlich definiert und in ihrer Art unschärfer als funktionale Anforderungen. Trotzdem schlagen Rupp und SOPHISTen [22] drei verschiedene Schablonen für die Formulierung vor: Die Umgebungss-, Eigenschafts- und Prozessschablone. Abbildung 3.2 zeigt die ersten beiden dieser Schablonen. Sie ähneln dabei der Schablone in Abbildung 3.1. Wieder spielt das Wichtigkeit-Schlüsselwort eine große Rolle. Anders als vorher ist das Subjekt nun nicht mehr <System> sondern <Betrachtungsgegenstand>, welcher im Falle der Umgebungsschablone im Hauptsatz auf einen Teilbestandteil beschränkt werden kann ([Komponente des +]).

Die Umgebungsschablone bildet Anforderungen ab, die von der Umgebung des Betrachtungsgegenstands abhängig sind. **NFA1** und **NFA2** sind nach dieser Schablone gebildet. **NFA2** beispielsweise fordert, dass die Software auch dann funktioniert wenn das Netz ausfällt in dem sich diese befindet. Das Netz ist dabei Teil der Umgebung und nicht Teil des Betrachtungsgegenstands.

Alle weiteren Anforderungen folgen grob der Struktur der Eigenschaftsschablone. Eigentlich fordert die Schablone immer einen definierten Wert für die beschriebene Eigenschaft, allerdings fordern nicht-funktionale Anforderungen auch oft nur die reine Existenz einer Eigenschaft, wie z.B. in **NFA3**. In solchen Fällen schiebt sich die Eigen-

schaft hinter das Wichtigkeit-Schlüsselwort und der Vergleichsoperator und der Wert werden weggelassen.

Die dritte Schablone nach Rupp und SOPHISTen [22], die Prozessschablone, ist in Abbildung 3.2 nicht abgebildet. Sie stellt Anforderungen an Akteure, z.B. an den Auftragnehmer, und nicht an das System. Da im Falle dieser Arbeit nur Anforderungen an die Softwaretechnologien betrachtet werden, findet diese Schablone keine Anwendung und wird nicht weiter erläutert.

Wie schon bei den funktionalen Anforderungen, folgt auch hier jeder Anforderung eine frei formulierte Erklärung. Diese bezieht sich immer zuerst auf Kiosksoftware und Kiosksysteme im Allgemeinen und erklärt dann die Bedeutung der Anforderung für die Sharing-Station.

NFA1 Die Clientsoftware muss so gestaltet sein, dass sie zusammen mit Hardwarekomponenten betrieben werden kann.

Für viele Kiosksysteme sind angeschlossene Hardwarekomponenten, als Nutzerschnittstelle oder Ausgabegeräte, essenziell. Gerade Servie-Kioske sind meist ohne ihre Hardwarekomponenten nicht zu benutzen. Das wohl eindrucklichste Beispiel hierfür ist der Ticketautomat: Ohne Kreditkartenterminal und Ticketdrucker wäre dieses Geräte nicht denkbar.

Auch die Sharing-Station soll Hardwarekomponenten beinhalten. Für die Foto-Commitment-Funktion (FA4) wird eine Kamera und für die Spenden-Funktion (FA3) ein Kreditkartenterminal und ein Münzeinwurf benötigt. Alle Geräte müssen mit der Clientsoftware kommunizieren können um eine Steuerung und ein Feedback über die Oberfläche zu gewährleisten.

NFA2 Die Clientsoftware sollte so gestaltet sein, dass sie auch offline betrieben werden kann.

Die Bedienbarkeit der Clientsoftware sollte auch dann gewährleistet werden, wenn das Netz zwischenzeitlich ausfällt oder hoch belastet ist. Gerade Werbe- und Informations-Kioske sind sehr darauf bedacht ihre Nutzer möglichst lange am Gerät zu halten [4]. Ein zu langer Ladevorgang durch welchen die Oberfläche zwischenzeitlich nicht bedienbar ist, würde dazu führen, dass viele Nutzer sich vom Gerät entfernen. Dies soll verhindert werden.

Bei der Sharing-Station soll das Navigieren durch die Oberfläche und das Ausführen möglichst aller Funktionen auch offline möglich sein. Lediglich Transaktionen bei denen die Nutzer*innen Daten abschicken, wie Speichern eines Fotos oder Eintragen für den Newsletter, sollen auch nur dann positives Feedback geben wenn diese erfolgreich über das Netz erfolgt sind. Bei Nichterreichen eines Servers

oder Services soll eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt werden, welche den Nutzer darauf hinweist es später noch einmal zu versuchen.

NFA3 Die Oberfläche der Clientsoftware muss multilingual sein.

Durch die meist öffentliche- oder halböffentliche Platzierung von Kiosksystemen, stehen diese immer einer großen Anzahl unterschiedlicher Nutzer*innen zur Verfügung. Um möglichst vielen ein optimales Erlebnis zu gewährleisten ist die Möglichkeit einer Spracheinstellung von großer Wichtigkeit.

Auf Grund der typischen Besucher*innen und den finanziellen Möglichkeiten des Museums, werden die Spracheinstellungen bei der Sharing-Station auf Deutsch und Englisch beschränkt.

NFA4 Die Oberfläche der Clientsoftware muss in sich geschlossen sein.

Diese Anforderung ist typisch für Kiosksoftware. Sie bedeutet, dass die Oberfläche der Anwendung von Benutzer*innen nicht verlassen werden kann. Sie soll den Eindruck eines geschlossenen Systems vermitteln. Dies ist zum eine aus der User-Experience Sicht wünschenswert aber auch aus einer sicherheitstechnischen Sicht relevant. Den Benutzer*innen soll keine Möglichkeit geboten werden Schaden auf dem System anzurichten oder andere Webseiten im Netz zu erreichen. Gerade bei der Clientsoftware der Sharing-Station, welche selbst eine Webanwendung sein wird, muss hier besonderes darauf geachtet werden, dass keine anderen Webseiten erreicht werden können. Und ebenso das Verlassen dieser sollte nicht möglich sein.

NFA5 Die Oberfläche der Clientsoftware sollte einfach zu bedienen und Touch-friendly sein.

To do (5)

NFA6 Die Clientsoftware sollte plattformunabhängig sein.

Diese Anforderung ist nicht unbedingt typisch für Kiosksoftware im Allgemeinen, bei Kiosksoftware im Ausstellungs- und Messebetrieb wird sie jedoch häufig gestellt. Beispielsweise soll eine Software bei einer Messe auf einem großen Touchscreen und bei der nächsten auf mehreren iPads laufen. Oder eine Archivsoftware, welche als Kiosksystem in einer Ausstellung betrieben wird, soll nach der Ausstellung online zur Verfügung gestellt werden. Die Software muss also so entwickelt werden, dass sie leicht auf ein anderes System übertragen werden kann.

Wie in Unterabschnitt 1.3.1 bereits erwähnt, soll die Sharing-Station als Produkt gedacht und unter den Gesichtspunkten der Adaptier- und Wiederverwendbarkeit entwickelt werden. Dazu zählt auch, dass die Software auf verschiedenen Plattformen lauffähig ist, da zukünftige Kunden die Anforderung nach einer anderen Plattform haben könnten.

NFA7 Das Deployment der Clientsoftware sollte möglichst einfach und von außerhalb möglich sein.

Bei Kiosksystemen ist es meist von Vorteil wenn Softwareupdates nicht vor Ort am Gerät eingespielt werden müssen sondern von außerhalb erfolgen können.

Bei der Sharing-Station ist dies keine vom Kunden geforderte Anforderung. Allerdings zeigt die Erfahrung, dass nachträgliche Anpassung und Fehlbehebung an der Software in den meisten Fällen nötig ist. Eine entsprechende Deployment-Strategie ist also von großem Vorteil.

NFA8 Die Software sollte modular und erweiterbar gehalten sein.

Auch diese Anforderung ist nicht unbedingt typisch für Kiosksoftware aber dennoch ist es denkbar, dass sie häufig gestellt wird. Eine modulare Software ist oft von Vorteil auch wenn sie meist längere Zeit in der Entwicklung benötigt. So können Teile der Software leichter gegen andere ersetzt oder neue zum System hinzugefügt werden.

Im Falle der Sharing-Station ist dies eine gewünschte Anforderung. Wie in Unterabschnitt 1.3.1 beschrieben, soll die Sharing-Station zukünftig als Produkt angeboten werden und muss so in Teilen ersetzbar und leicht um weitere Funktionalitäten erweiterbar sein.

NFA9 Das CMS muss über das Internet aufrufbar sein.

Ebenso wie bei dem Deployment ist es auch bei der Inhaltserstellung und -pflege von Vorteil wenn diese bei Kiosksystemen nicht vor Ort am Gerät oder im lokalen Netz erfolgen muss, sondern von außerhalb gemacht werden kann. Das CMS ist dafür am besten ein über das Internet erreichbarer Dienst.

Diese Anforderung gilt genauso für die Sharing-Station. Alleine schon da die Büroräume des Kunden sich an einem anderen Ort wie das Museum befinden, ist dies eine verpflichtende Anforderung.

4 Systemarchitektur

Für die weitere Betrachtung der Softwaretechnologien, ist es nötig erst einen Überblick über das Gesamtsystem der Sharing-Station zu erhalten, um zu verstehen, wie die einzelnen Komponenten zusammenarbeiten.

Dafür zeigt das Diagramm in Abbildung 4.1 die Topologie des Gesamtsystems. Es soll dabei Überblick über alle im System enthaltenen Hardwarekomponenten und Applikationen geben. Zusätzlich werden die Netzstruktur und die Kommunikationswege zwischen den Komponenten aufgezeigt.

Bei dem Diagramm handelt es sich um ein UML Deployment Diagram [26]. Es ist dafür gedacht, um die Systemarchitektur und die Verteilung von Hardware- und Softwarekomponenten in der Umgebung des Systems zu visualisieren [15]. Hardwarekomponenten werden dabei als Geräteknoten («*device*») dargestellt. Auf ihnen können Softwarekomponenten verteilt werden («*service*», «*application*», *database*) [11, 15]. Die Verbindungen zwischen Knoten und Komponenten sind eine spezielle Art der Assoziation und stellen in diesem Fall Kommunikationspfade dar [15]. Die Beschriftung an den Wegen nennt dabei das genutzte Kommunikationsprotokoll.

Die umschließenden Rahmen zeigen welche Komponenten sich in welchem Netz befinden.

Im Mittelpunkt der Architektur steht die Kiosk-Workstation – der Ausstellungsrechner. Auf ihm läuft die Clientapplikation (*Sharing Station App*). An die Workstation direkt angeschlossen und mit der Applikation über die USB-Schnittstelle kommunizierend ist die Webcam, welche für die Foto-Commitment Funktion (**FA4**) benötigt wird. Die zwei weiteren Hardwarekomponenten *Card Terminal* und *Coin Slot* sind nicht an die Kiosk-Workstation sondern über serielle Kommunikation an einen Embedded Client angeschlossen. Dieser kommuniziert über den *MQTT Broker* mit der Clientapplikation. Die Hintergründe zu dieser Architektur werden in Kapitel 6 erläutert.

Alle eben beschriebenen Komponenten befinden sich im lokalen Netzwerk des Museums. Darüber hinaus gibt es noch die Dienste, welche über das Internet erreichbar sind. Im Zentrum steht hier der Server. Bei diesem handelt es sich um einen Cloud-Server mit Root-Zugriff. Auf diesem ist das CMS zusammen mit der Datenbank gehostet. So ist das CMS über eine Weboberfläche im Internet erreichbar und erfüllt damit die Anforderung **NFA9**. Neben dem CMS und der Datenbank ist auf dem Server noch ein

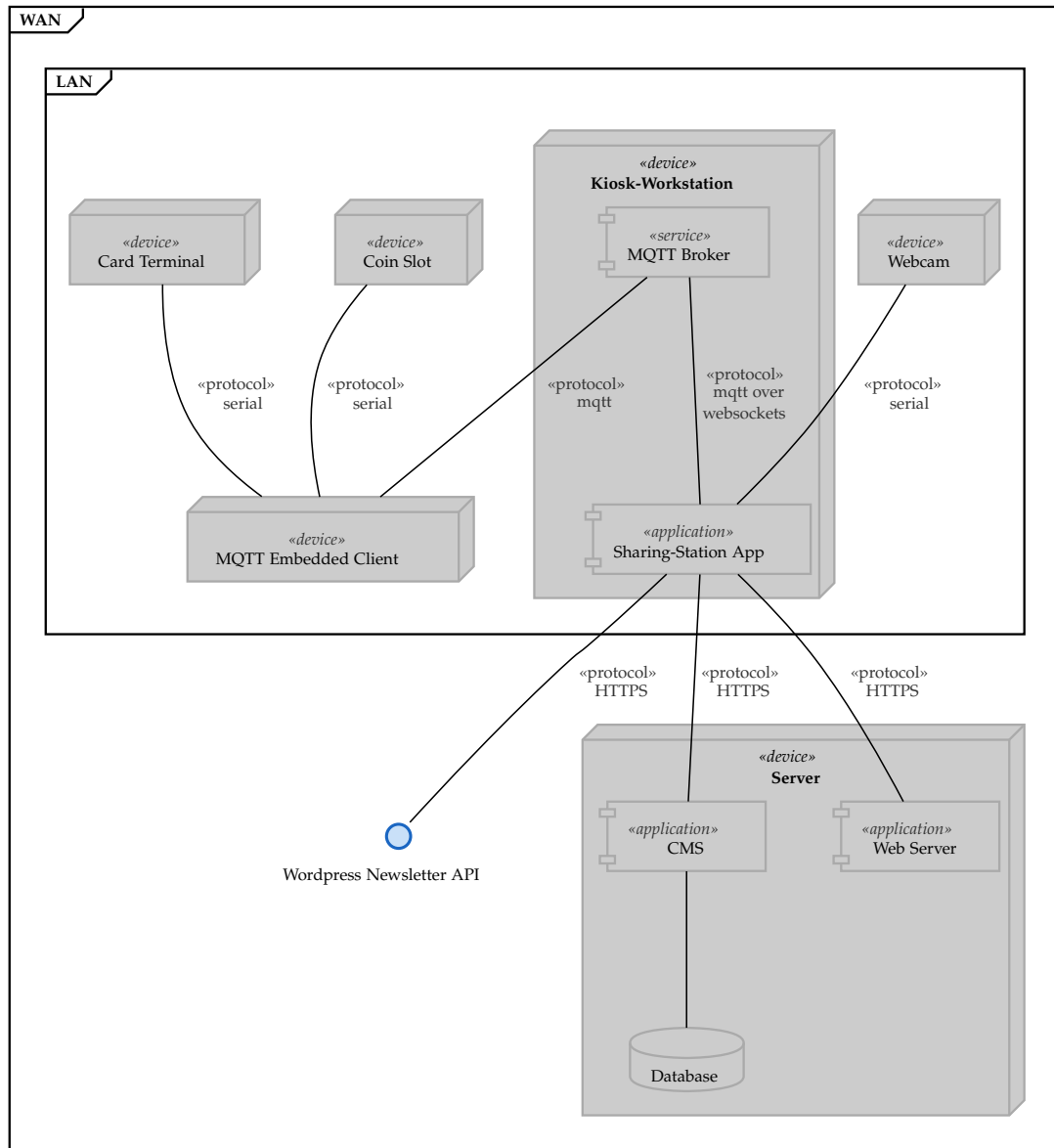


Abbildung 4.1: Deployment Diagram der Sharing-Station

Webserver gehostet, welcher die Applikationsfiles der *Sharing Station App* ausliefert. Die Hintergründe hierzu werden in Unterabschnitt 5.2.2 beschrieben. CMS sowie Webserver kommunizieren über das HTTPS-Protokoll mit der Clientapplikation.

Und schließlich gibt es noch den Wordpress-Server des Dialogmuseums. Dessen Architektur ist nicht bekannt aber auch nicht weiter von Bedeutung. Lediglich die Schnittstelle zum Eintragen einer E-Mail Adresse in die Newsletterliste ist relevant. Bei dieser handelt es sich um einen einzelnen Endpoint, welcher ebenfalls über das HTTPS-Protokoll angesprochen werden kann.

5 Softwarestack

In diesem Kapitel wird der Softwarestack betrachtet. Das geschieht schichtweise und am Beispiel der Sharing-Station

In diesem Kapitel wird der Softwarestack eines Kiosksystems, beispielhaft an der Sharing-Station, schichtweise betrachtet.

In diesem Kapitel wird der verwendete Softwarestack der Sharing-Station schichtweise betrachtet. Dabei wird dargelegt, warum sich für die Technologien entschieden wurde und inwiefern durch sie die gestellten Anforderungen aus Kapitel 3 erfüllt werden können. Im Fokus stehen hierbei die Frontend-Technologien – die Backend-Technologien werden nur kurz erläutert.

5.1 CMS und Datenbank

Mit dem Begriff Backend ist hier die Kombination aus CMS und Datenbank gemeint. Die Anforderungen an ein Backend für Kiosksoftware können sehr unterschiedlich sein. Darüberhinaus gibt es für CMS eine große Auswahl an kommerziellen und freien Softwareprodukten. Nach der Anforderungsanalyse aus Kapitel 3 muss das CMS den Anforderungen **NFA9**, **NFA8** und **NFA3** gerecht werden.

NFA3 stellt die Forderung der Multilingualität an die Oberfläche der Clientsoftware. Um dies zu erfüllen, müssen Inhalte mehrsprachig verfügbar sein, also muss auch das CMS die Möglichkeit bieten, Datenobjekte mehrsprachig anzulegen.

NFA8 stellt die Forderung der Modularität an die Software. Dabei spielt auch die Kopplung zwischen CMS und Clientapplikation eine Rolle und diese sollte möglichst gering sein. Eine geringe Kopplung wird erreicht, wenn das CMS nicht für die Darstellung der Daten verantwortlich ist, sondern diese nur über eine Schnittstelle zur Verfügung stellt. CMS dieser Art besitzen also keine Präsentationsschicht und werden deshalb als *headless* bezeichnet [2]. Die Darstellung der Daten findet allein in der Clientapplikation statt.

Und schließlich fordert **NFA9**, dass das CMS über das Internet erreichbar ist. Das CMS sollte also selbst eine Webanwendung sein, welche auf einem über das Internet

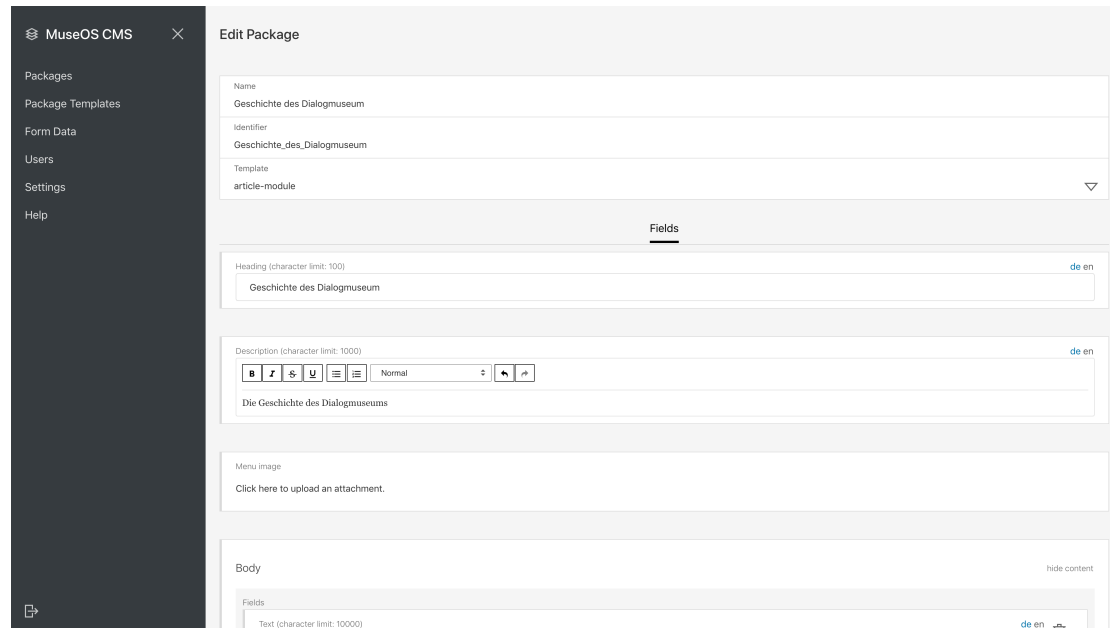


Abbildung 5.1: Weboberfläche des CMS

erreichbarem Server gehostet ist.

All diese Anforderungen werden von vielen auf dem Markt verfügbaren CMS-Systemen erfüllt und sind daher weniger außergewöhnlich. Beispielsweise besitzt auch das sehr verbreitete CMS *Wordpress* standardmäßig eine REST-API, über die Daten abgefragt werden können [20]. Zusammen mit einem Plugin wie *WP Headless* [1], welches die Präsentationsschicht von Wordpress entfernt, kann es so ebenfalls headless betrieben werden. ^{To do (6)}

Für das Backend der Sharing-Station wurde auf ein bereits vorhandenes, von MESO entwickeltes, CMS zurückgegriffen. Es wurde jedoch vom Autor dieser Arbeit an manchen Stellen angepasst und um einige Funktionen erweitert. Es ist in Node.js [18] geschrieben und speichert die Daten in einer MongoDB [17].

Es handelt sich dabei um ein reines headless CMS. Es besitzt neben einer JSON-API um die Daten auszuliefern noch eine Upload-Schnittstelle sowie eine Schnittstelle um Formulardaten abzuspeichern (**NFA8**).

Die Struktur des CMS ist Template-basiert ^{To do (7)}. Administratoren können Templates anlegen, welche eine Datenstruktur definieren. Redakteure können dann anhand dieser Templates konkrete Content-Objekte erstellen, welche baumartig miteinander verknüpft

werden. Templates werden dabei mithilfe von verschiedenen Datenfeldern gebildet. Datenfelder sind zum Beispiel Zahlenfeld, Textfeld oder Rich-Text-Feld. Datenfelder können dabei als übersetzbare Felder angelegt werden. Beim Erstellen eines Content-Objekts können später so verschiedene Sprachversionen hinterlegt werden (**NFA3**). Das CMS ist dauerhaft bei einem Cloud-Anbieter gehostet und die Oberfläche somit über das Internet aufrufbar (**NFA9**). Abbildung 5.1 zeigt diese Oberfläche.

To do (8) To do (9)

5.2 Clientsoftware

Im Folgenden wird die Clientsoftware des Kiosksystems betrachtet. Damit ist der Softwareteil des Systems gemeint, welcher auf der Kiosk-Workstation vor Ort läuft. Diese wird in diesem Kapitel zur weiteren Betrachtung weiter unterteilt. Zum einen in die *Applikation*, also die eigentliche den Nutzer*innen zugängliche Kioskapplikation. Weiter wird die *Plattform* der Clientsoftware betrachtet. Plattform meint damit die Umgebung in der die Applikation läuft. Diese kann im Falle der Webtechnologien sehr unterschiedlich aussehen. Und schließlich wird das *Deployment* besprochen – also die Art wie die Applikation und Updates dieser auf die Kiosk-Workstation gelangen.

5.2.1 Applikation

Anforderungen aus Kapitel 3, welche die eigentliche Applikation der Clientsoftware betreffen, sind die Anforderungen **NFA2**, **NFA3** und **NFA8**.

NFA8 stellt die Anforderung der Modularität an das gesamte Softwaresystem. Diese betrifft also auch die Clientapplikation. Wie in Abschnitt 5.1 bereits erläutert, ist für eine große Modularität eine lose Kopplung von Daten- und Präsentationsschicht ein wichtiger Faktor. Umgekehrt bedeutet dies, dass die Clientsoftware eine in sich geschlossene eigene Anwendung sein muss. Sie besitzt lediglich die Datenschnittstelle zum CMS. Das leistet im Falle der Webtechnologien eine Single-Page Applikation (SPA). Eine SPA wird einmalig von einem Server geladen. Laden von weiteren Seiten beim Navigieren durch die Oberfläche findet nicht statt [12]. Um Transaktionen und neue Zustände möglich zu machen, können jedoch im Hintergrund asynchrone Datenanfragen gemacht werden (AJAX). Die SPA gibt so den Nutzer*innen nicht mehr das Gefühl einer Webseite, sondern einer geschlossenen Anwendung, was im Falle der Kiosksoftware ein gewünschter Effekt ist und damit in gewisser Weise auch zur Erfüllung der Anforderung **NFA4** beiträgt.

Das Laden einer einzigen Seite vom Server bedeutet jedoch nicht, dass keine Navigationsstruktur mit Vor- und Zurück-Bewegungen implementieren werden kann. Die Navigation findet jedoch allein in der Clientapplikation statt und ist nicht mit Laden von neuen Seiten verbunden. Es wird lediglich ein neuer Zustand der Applikation geladen [24].

NFA2 fordert Offline-Verfügbarkeit. Auch hier trägt das Konzept der SPA zur Erbringung der Anforderung bei. Dadurch, dass die Anwendung nur einmal initial geladen werden muss und danach vollständig im Client zur Verfügung steht, ist eine Netzwerkverbindung nach dem initialen Laden nicht mehr nötig. Das umfasst allerdings nur die eigentliche Applikation und nicht die AJAX-Anfragen, die auch zu späteren Zeitpunkten erfolgen können. Auch ist bei einem Neuladen der Applikation immer eine Netzwerkverbindung zwingend nötig. Das Konzept der SPA erfüllt die Anforderung der Offline-Verfügung also nur zu einem gewissen Teil. Allerdings bildet die Geschlossenheit einer SPA eine wichtige Voraussetzung um die Applikation auch vollständig offline zur Verfügung zu stellen. Dies wird in Unterabschnitt 5.2.2 weiter erläutert.

NFA8 fordert schließlich die Multilingualität der Oberfläche. Wie in Abschnitt 5.1 bereits erläutert, können Datensätze im CMS mehrsprachig angelegt werden. Diese werden der Clientapplikation über eine Schnittstelle zur Verfügung gestellt und sind so zu jedem Zeitpunkt verfügbar. Nutzer*innen sollen später in der Oberfläche der Clientapplikation die Möglichkeit haben die Sprache umzustellen. Erfolg dies, muss keine neue Seite vom Server angefordert werden, sondern lediglich die angezeigten Daten durch die entsprechende Sprachversion ausgetauscht werden.

Um dieser beschriebenen Architektur gerecht zu werden, wurde für die Sharing-Station die JavaScript Bibliothek React [19] verwendet.

5.2.2 Plattform

5.2.3 Deployment

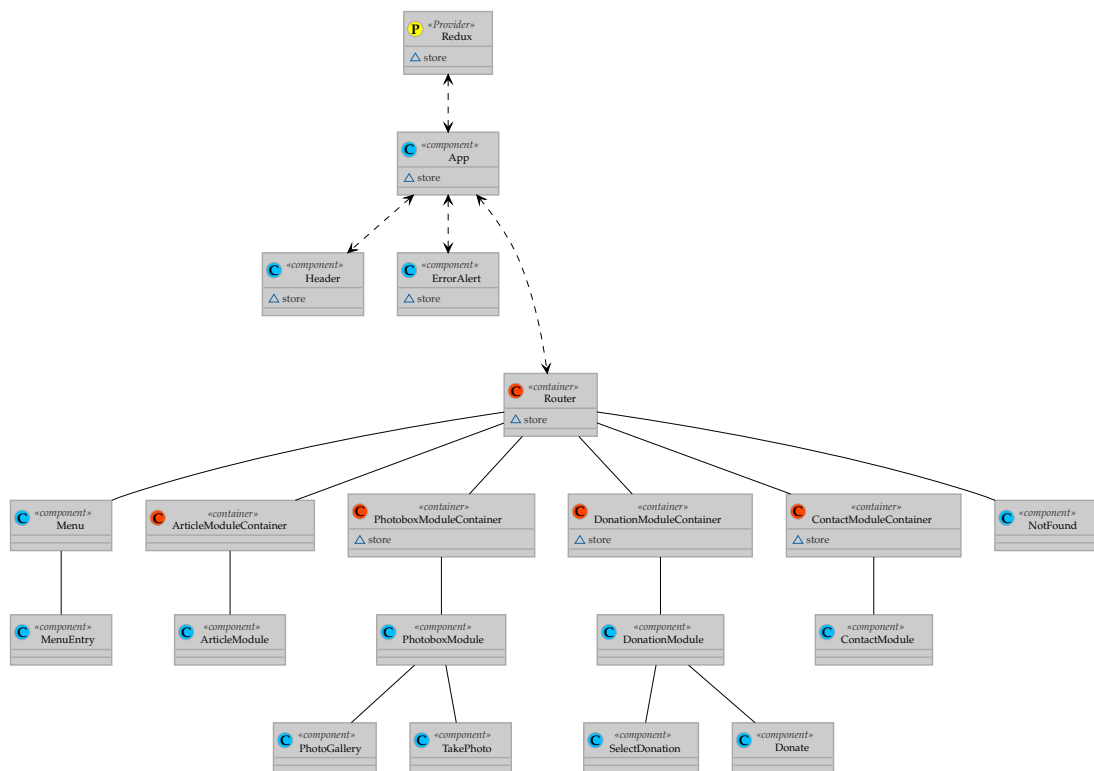


Abbildung 5.2: Komponenten Diagram der Sharing-Station App

6 Hardwareschnittstellen

7 Fazit

To do...

- ☐ 1 (p. 5): Schreibweise prüfen
- ☐ 2 (p. 7): check
- ☐ 3 (p. 7): Überarbeiten und besser ausführen
- ☐ 4 (p. 9): Wirklich subjekt?
- ☐ 5 (p. 13): weglassen?
- ☐ 6 (p. 19): mehr Beispiele aufzählen
- ☐ 7 (p. 19): Schreibweise checken
- ☐ 8 (p. 20): Screenshots vom CMS einfügen
- ☐ 9 (p. 20): Links in RTF erläutern

Abbildungsverzeichnis

3.1	Schablone für funktionale Anforderungen nach Rupp und SOPHISTen [22]	9
3.2	Umgebungs- und Eigenschaftsschablone für nicht-funktionale Anforderungen nach Rupp und SOPHISTen [22]	11
4.1	Deployment Diagram der Sharing-Station	16
5.1	Weboberfläche des CMS	19
5.2	Komponenten Diagram der Sharing-Station App	22

Tabellenverzeichnis

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] J. Bailey-Roberts. *WP Headless*. <https://de.wordpress.org/plugins/wp-headless/>. [Accessed 27.02.2020].
- [2] D. Barker. *The State of the Headless CMS Market*. <https://gadgetopia.com/post/9926>. [Accessed 24.02.2020]. Feb. 2017.
- [3] T. Berners-Lee und R. Cailliau. *WorldWideWeb: Proposal for a HyperText Project*. <https://www.w3.org/Proposal.html>. [Accessed 23.01.2020]. Nov. 1990.
- [4] J. Borchers, O. Deussen und C. Knörzer. „Getting It Across: Layout Issues for Kiosk Systems“. In: *ACM SIGCHI Bulletin* ; 27, 4. - S. 68-74 (1995).
- [5] *Dialog im Dunkeln weltweit*. <https://dialogmuseum.de/mehr-dialog/dialog-im-dunkeln-weltweit/>. [Accessed 31.01.2020].
- [6] *Dialogmuseum Frankfurt*. <https://dialogmuseum.de/mehr-dialog/museumsgeschichte/>. [Accessed 31.01.2020].
- [7] *Dialogmuseum Frankfurt – Zahlen und Fakten 2017*. <https://dialogmuseum.de/wp-content/uploads/2018/04/Zahlen-und-Fakten-2017.pdf>. [Accessed 31.01.2020].
- [8] *Dialogue Social Enterprise*. <https://www.dialogue-se.com/>. [Accessed 23.01.2020].
- [9] C. Ebert. *Systematisches Requirements Engineering*. 6. Aufl. dpunkt.verlag, 2019.
- [10] *Electron – Build cross-platform desktop apps with JavaScript, HTML, and CSS*. <https://www.electronjs.org/>. [Accessed 31.01.2020].
- [11] K. Fakhroutdinov. *Deployment Diagrams Overview*. <https://www.uml-diagrams.org/deployment-diagrams-overview.html>. [Accessed 14.02.2020].
- [12] D. Flanagan. *JavaScript: The Definitive Guide*. 5. Aufl. O'Reilly Media, Inc., Aug. 2006.
- [13] W. Holfelder. *Multimediale Kiosksysteme*. 1. Aufl. Braunschweig Vieweg, 1995.
- [14] *JavaScript Press Release*. <https://web.archive.org/web/20070916144913/http://wp.netscape.com/newsref/pr/newsrelease67.html>. [Accessed 31.01.2020]. Dez. 1995.

- [15] C. Kecher, A. Salvanos und R. Hoffmann-Elbern. *UML 2.5 - Das umfassende Handbuch*. 6. Aufl. Bonn Rheinwerk Verlag, 2018.
- [16] *Meyers Großes Konversationslexikon*. <http://www.woerterbuchnetz.de/Meyers?lemma=kiosk>. [Accessed 31.01.2020].
- [17] *MongoDB - Die beliebteste Datenbank für moderne Apps*. <https://www.mongodb.com>. [Accessed 17.02.2020].
- [18] *Node.js*. <https://nodejs.org>. [Accessed 31.01.2020].
- [19] *React - A JavaScript library for building user interfaces*. <https://reactjs.org/>. [Accessed 28.02.2020].
- [20] *REST API Resources*. <https://developer.wordpress.com/docs/api/>. [Accessed 24.02.2020].
- [21] J. Rowley und F. Slack. „Kiosks in retailing: the quiet revolution“. In: *International journal of retail and distribution management*, 31 (6), 329-339. (2003).
- [22] C. Rupp und die SOPHISTen. *Requirements-Engineering und -Management*. 6. Aufl. München Hanser, 2014.
- [23] C. Rupp und die SOPHISTen. *Systemanalyse kompakt*. 3. Aufl. Springer Vieweg, 2013.
- [24] J. M. A. Santamaria. *The Single Page Interface Manifesto*. http://itsnat.sourceforge.net/php/spim/spi_manifesto_en.php. [Accessed 28.02.2020]. Sep. 2015.
- [25] A. Sawall. *McDonald's-Kunden sollen per Touchscreen bezahlen*. <https://www.golem.de/1105/83508.html>. [Accessed 31.01.2020]. Mai 2011.
- [26] *Unified Modeling Language*. Spezifikation 2.5.1. <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1>: Object Management Group (OMG), Dez. 2017.
- [27] *Unreal Game Engine*. <https://www.unrealengine.com>. [Accessed 31.01.2020].
- [28] *V8 - A high-performance JavaScript engine*. <https://opensource.google/projects/v8>. [Accessed 31.01.2020].
- [29] *vvvv - a multipurpose toolkit*. <https://vvvv.org/>. [Accessed 31.01.2020].
- [30] A. Zwahr. *Meyers großes Taschenlexikon*. Hrsg. von M. Lexikonredaktion. Bd. 11. Meyers Lexikonredaktion, 2006.