

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät Informatik

Bachelorarbeit



Entwicklung eines digitalen Assistenzsystems für die
Anforderungsaufnahme von Bauprojekten innerhalb der
Fraunhofer-Gesellschaft

eingereicht: 26. Mai 2019

Autor: Tino Nagelmüller

Studiengang: Computervisualistik

Betreuer: Dipl.-Math. Stefanie Samtleben (IFF)

Prof. Dr. rer. pol. habil. Hans-Knud Arndt (FIN)

Daniel Staegemann (FIN)

Abstract

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit war es, ein Assistenzsystem für die Anforderungsaufnahme von Bauprojekten innerhalb der *Fraunhofer-Gesellschaft* zu entwickeln. Zu diesem Zweck sind unter anderem mit Hilfe von Expertengesprächen und Anwendung der Nutzungsanforderungsmethode, Erfordernisse an das System entstanden. In Kombination mit diversen Mock-up-Tools und den aufgestellten Anforderungen, resultierte über mehrere Iterationen hinweg ein finaler Designentwurf. Im nächsten Schritt wurde auf dessen Basis und mittels Angular-Frameworks ein Prototyp in Form einer Website entwickelt. Auf deren Grundlage erfolgte die erfolgreiche Evaluierung anhand der Dialogprinzipien nach DIN ISO 9241-110, den zuvor aufgestellten Nutzungsanforderungen, sowie des Usability-Begriffs nach DIN ISO 9241-11. Für Letzteres sind 21 Probanden einem Usability-Test unterzogen worden, dessen Ergebnis auf einer 10er-Skala ein Zufriedenheitswert von 8,52 lieferte. Weiterhin konnte die Effizienz um den Faktor 4,85 gesteigert werden.

Aufgabenstellung

Titel

Entwicklung eines digitalen Assistenzsystems für die Anforderungsaufnahme von Bauprojekten innerhalb der *Fraunhofer-Gesellschaft*

Beschreibung

Building Information Modeling beschreibt eine Methode, die mit Hilfe von Software die Phasen der Planung, des Baus, der Inbetriebnahme bis hin zum Betrieb eines Gebäudes digital optimiert und unterstützt. Diese Methode basiert auf der durchgängigen Nutzung eines Datenmodells, welches häufig dreidimensional veranschaulicht werden kann.

Bevor ein objektbasiertes 3D-Modell entstehen kann, müssen die Anforderungen an das zu konzipierende Objekt gesammelt werden. Dies geschieht in der Regel über lange Gespräche und wird in Papierform festgehalten oder durch aufwendiges Erstellen oder Ausfüllen von digitalen Dokumenten. Diese Medienbrüche bzw. Datensackgassen sollen geräumt und das Erfahrungswissen der *Fraunhofer-Gesellschaft Bauangelegenheiten und Liegenschaften* genutzt werden, um ein nutzerfreundliches und einfach zu bedienendes Assistenzsystem zu entwerfen. Das übergreifende Ziel besteht darin, einen webbasierten Lösungsansatz zu entwickeln, welcher eine Schnittstelle zwischen der *Fraunhofer-Gesellschaft Bauangelegenheiten und Liegenschaften* und ihren jeweiligen Instituten darstellt.

Im Rahmen dieser Arbeit soll eine Plattform entstehen, die es ermöglicht, Informationen in ein System einzutragen, diese optimal darzustellen und basierend auf den eingegebenen Informationen, Empfehlungen für erforderliche Dokumente und Pläne liefert. Dies geschieht durch bereits hinterlegte Daten, wie Musterräume oder Parameterblätter für entsprechende Räume.

Aufgaben

- Erarbeitung eines Designentwurfes mit der *Nutzungsanforderungs-Methode*
 - Erfordernisse und daraus resultierende Nutzungsanforderungen ermitteln
 - Entwicklung eines Designs mit Hinblick auf Nutzungsanforderungen und Usability
- Praktische Umsetzung des Entwurfes mit Hilfe des *Angular-Frameworks*
- Validierung und Evaluierung des Entwurfes

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Tino Nagelmüller, dass ich die vorliegende Bachelor-/Masterarbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Magdeburg, den 26. Mai 2019

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	I
Aufgabenstellung	II
Selbstständigkeitserklärung	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziele	1
2 Grundlagen	2
2.1 Building Information Modeling	2
2.2 Digitalisierung in der Bauwirtschaft	4
2.3 Erläuterung Usability und weitere zusammenhängende Begriffe	7
2.4 Dialogprinzipien nach DIN ISO 9241-110	8
3 Beschreibung des Assistenzsystems	12
4 Anforderungen an das Assistenzsystems	14
4.1 Methodenerläuterung	14
4.2 Methodenanwendung	15
5 Mock-up	16
5.1 Erläuterung benutzter Mock-up-Tools	17
5.2 Mock-up Version 1 - Balsamiq Mockups	18
5.3 Mock-up Version 2 - Figma	20
5.4 Mock-up Version 3 - Figma	23
6 Website	26
6.1 Angular und Angular Command Line Interface	26
6.2 Bootstrap	26

6.3	Font Awesome	27
6.4	Praktische Umsetzung	27
6.4.1	Besonderheiten	28
6.4.2	Schwierigkeiten bzw. aufgetretene Probleme	29
7	Evaluierung	30
7.1	Evaluierung anhand Usability-Begriffs	30
7.2	Evaluierung anhand Nutzungsanforderungen	33
7.3	Evaluierung anhand Dialogprinzipien	34
7.4	Fazit	35
8	Zusammenfassung	37
	Literaturverzeichnis	38
A	Anhang	43
A.1	Anforderungsmatrix	43
A.2	Aufgabenstellung zur Evaluierung	44

Abkürzungsverzeichnis

BA	..... Fraunhofer-Gesellschaft Bauangelegenheiten und Liegenschaften
BB	..... Fraunhofer-Institut-Baubeauftragter
BIM	..... Building Information Modeling
BMVI	..... Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CAD	..... Computer-Aided Design
CLI	..... Command Line Interface
CSS	..... Cascading Style Sheets
DIHK	..... Deutsche Industrie- und Handelskammer
DIN	..... Deutsches Institut für Normung
EAL	..... Erstausrüstungsliste
EN	..... Europäische Norm
FBR Ltd	..... Fastbrick Robotics Limited
HOAI	..... Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HTML	..... Hypertext Markup Language
IFC	..... Industry Foundation Class
IFF	..... Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung
ISO	..... Internationale Organisation für Normung
NF	..... Nutzflächen
NUF	..... Nutzungsflächen
RB	..... Raumbuch
RBP	..... Raumbedarfsplan
SP	..... Stellenplan
VDTC	..... Virtual Development and Training Centre

Abbildungsverzeichnis

2.1	Übersicht BIM-Kombinationsmöglichkeiten	3
2.2	Auswirkung der Digitalisierung auf den Umsatz	4
2.3	Herausforderungen der Digitalisierung	5
2.4	Hadrian X	6
2.5	Anwendungsrahmen für Gebrauchstauglichkeit	8
2.6	Gestaltungsgrundsätze	9
2.7	Datendarstellungsformen als Balken- und Tortendiagramm	11
3.1	Assistenzsystem	12
5.1	Kernphasen der Entwicklung	16
5.2	Symbolübersicht der verwendeten Designtools	17
5.3	iOS-Tastatur aus der Balsamiq-Bibliothek	17
5.4	Raumbedarfsplan	18
5.5	Erstausstattungsliste	19
5.6	Raumbuch	20
5.7	Raumübersicht	21
5.8	Beispielübersicht Bereich Büroarbeit	22
5.9	Hauptmenü Mock-up Version 3	23
5.10	Raumvorschlag in Abhängigkeit des Institutstyps	25
6.1	Symbolübersicht der verwendeten Tools	26
6.2	Aussehen der evaluierten Website	27
7.1	Effektivität des Systems	31
7.2	Effizienz des Systems	31
7.3	Zufriedenstellung der Probanden	32
7.4	Häufigste Anmerkungen der Probanden	32
A.1	Aufgabenstellung zur Evaluierung	44

Tabellenverzeichnis

4.1	Auszug aus Anforderungsmatrix	15
A.1	Anforderungsmatrix	43

1 Einleitung¹

1.1 Motivation

Im Bereich der Bauwirtschaft bzw. -branche angesiedelt, ist die Anforderungsaufnahme ein nötiger Bestandteil der Planung neuer Bauprojekte. Innerhalb des Prozesses werden verschiedene Informationen wie z.B. geplante Stellen und dafür benötigte Räume in digitalen Dokumenten festgehalten. Die Aufnahme kann sich mitunter als langwierig herausstellen, da bisher für jeden Raum ein eigenes Formular mit einer Vielzahl von Informationen händisch ausgefüllt werden muss. Es bietet sich daher an zu analysieren, ob und in welchem Ausmaß ein digitales Assistenzsystem den Prozess der Anforderungsaufnahme unterstützen kann.

1.2 Ziele

Aus der Aufgabenstellung und Motivation lassen sich somit Ziele der Arbeit wie folgt ableiten: es soll ein digitales Assistenzsystem entwickelt werden, welches den Nutzer während der Anforderungsaufnahme von Bauprojekten unterstützt und bei Bedarf anleitet. Informationen müssen nach Eingabe und Verarbeitung kontextgerecht visualisiert werden. Ein Fokus liegt hierbei auf dem Aspekt der Gebrauchstauglichkeit. Dieser soll anhand der Definition nach *DIN ISO 9241-110* getestet und erfolgreich evaluiert werden. Das System muss einen hohen Effektivitätsgrad sowie eine Effizienzsteigerung verdeutlichen und Nutzer zufriedenstellen. Für erwartete bzw. benötigte Funktionen, welches das System besitzen muss, sind im Vorfeld Anforderungen zu analysieren und geeignet darzustellen.

¹Im Folgenden wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form benutzt. Es können dabei aber sowohl männliche als auch weibliche Personen gemeint sein.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden zunächst Methoden wie *Building Information Modeling* erläutert, in denen beispielsweise Daten eines Assistenzsystems einfließen können und Begriffe, welche innerhalb der Digitalisierung der Bauwirtschaft von Bedeutung sind. Weiterhin wird der aktuelle Stand der Baubranche und die derzeitige bzw. angestrebte Nutzung von digitalen Hilfsmitteln dargestellt. Abschließend erfolgt die Definitionsbeschreibung von Usability-Begriffen und den Dialogprinzipien nach *DIN ISO 9241*. Letztere werden zur späteren Evaluierung herangezogen.

2.1 Building Information Modeling

Für die Methode *Building Information Modeling*, kurz BIM, erfolgt während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes die Nutzung eines digitalen Modells. Objekte eines eben genannten Modells können mit weiteren Details, wie Materialien, hinterlegt werden. Diese Informationen sind während verschiedener Lebenszyklusphasen von Bedeutung und können unter anderem sein: Planen, Bauen, Betreiben und Rückbau. Durch Nutzung von BIM resultiert ein verbesserter Informationsfluss innerhalb der Phasen und der jeweiligen, daran beteiligten Interessengruppen bzw. Personen, wie Architekten oder Bauverantwortlichen. Das derzeitig händische Ausfüllen von Formularen oder anderen Dokumenten wird auf ein Minimum reduziert. Die Kommunikation und Weitergabe von Informationen erfolgt mit Hilfe von digitalen Arbeitsmitteln, infolgedessen Fehler während des Ausfüllens redundanter Formblätter vermieden werden. [Bor18, S. 4]

Der Begriff BIM, bzw. das Konzept dahinter, ist keine Erscheinung der letzten Jahre. Bereits 1970 sind erste Forschungen und Ansätze zu virtuellen Modellen erschienen; die initiale, weitläufige Verbreitung des Begriffs erfolgte durch den Softwarehersteller *Autodesk* [Aut] und der Veröffentlichung eines Whitepapers aus dem Jahr 2003 [Bor18, S. 5].

Der *United States National BIM Standard* liefert eine präzise Zusammenfassung und definiert BIM wie folgt:

Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition.

A basic premise of BIM is collaboration by different stakeholders at different phases of the life cycle of a facility to insert, extract, update or modify information in the BIM to support and reflect the roles of that stakeholder. [Sta]

BIM kann weiterhin in vier Kategorien, siehe Abbildung 2.1, unterteilt werden: *little open*, *little closed*, *big open* und *big closed*. In der *little closed BIM*-Methode ist innerhalb eines Bereiches die Nutzung auf eine Softwarelösung limitiert, wohingegen im *little open*-Ansatz innerhalb des Bereiches unterschiedliche benutzt werden können. *Big closed BIM* beschreibt die Nutzung einer einheitlichen Softwarelösung, allerdings über mehrere Bereiche bzw. Disziplinen hinweg. *Big open BIM* repräsentiert dementsprechend die Nutzung unterschiedlicher Software innerhalb verschiedener Phasen bzw. Sektoren. [Bor18]

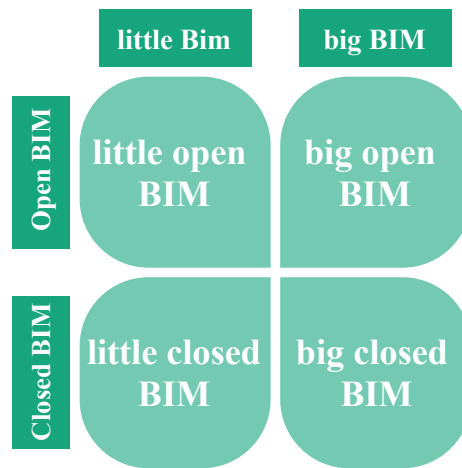


Abbildung 2.1: Übersicht BIM-Kombinationsmöglichkeiten
(in Anlehnung an [Bor18, S. 12])

Um möglichst viele Akteure in den unterschiedlichen Phasen zu integrieren, wird in einer Vielzahl von Unternehmen letztgenannter Ansatz verfolgt. Unterstützt wird das Vorhaben dabei von *buildingSMART-International*. Ziel der Organisation ist es zum einen, Prozesse und Methoden für BIM zu standardisieren, zum anderen diese möglichst offen zu gestalten. Dadurch können sich Personen unabhängig ihrer bevorzugt verwendeten Software an einem Projekt beteiligen. *buildingSMART-International* kann dabei auf einige namhafte Unternehmen wie *Siemens*, *Autodesk* oder *DB Netze* zurückblicken. [buib; buia]

Um Konflikte inner- bzw. außerhalb von Prozessen und der darin genutzten Software zu vermeiden, ist ein gemeinsames Dateiformat ein entscheidender Aspekt. Einerseits entfällt zeit- und arbeitsaufwendiges Konvertieren von Formaten, andererseits werden Fälle, in denen eine Umwandlung aufgrund inkompatibler Software nicht möglich ist, ausgeschlossen. IFC, kurz für *Industry Foundation Classes*, stellt ein solches Dateiformat dar. Offiziell am 12.03.2013 in der Version IFC4 erschienen, erlaubt es eine Darstellung von 3D-Objekten, welche mit weiteren Informationen versehen sind. Weiterhin sind einzelne Elemente logisch miteinander verknüpft, eine Tür mit Bezeichnung „Door1“ befindet sich als Beispiel in der Wand „Wall3“, diese wiederum verweist auf einem Stahlträger „SteelBeam14“. Projekte können zudem als 5D-Darstellung repräsentiert werden, wobei Kosten und Zeit, wie Meilensteine, als zusätzliche Dimensionen integriert sind. [Lie13]

Die Bedeutung des IFC-Formates zeigt sich durch die Aufnahme in die *ISO 16739* im

April 2013 [Sta13] bzw. in die *DIN EN ISO 16739* im April 2017 [Gmb17]. Damit ist IFC in seiner aktuellsten Version der anerkannte europäische Standard für den Datenaustausch innerhalb von BIM.

2.2 Digitalisierung in der Bauwirtschaft

Eine Umfrage, in Auftrag gegeben durch die *Deutsche Industrie- und Handelskammer* (DIHK), aus dem Zeitraum Dezember 2017 ergab, dass 80% der befragten Bauunternehmen sich eine Veränderung des Umsatzes durch den Einsatz von Digitalisierung in ihrem Unternehmen nicht vorstellen können [DIH17]. Der Branchenschnitt der insgesamt 1.806 befragten Unternehmen, Abbildung 2.2 zu entnehmen, befindet sich bei 51%. Die Abweichung der Baubranche liegt somit bei 29%.

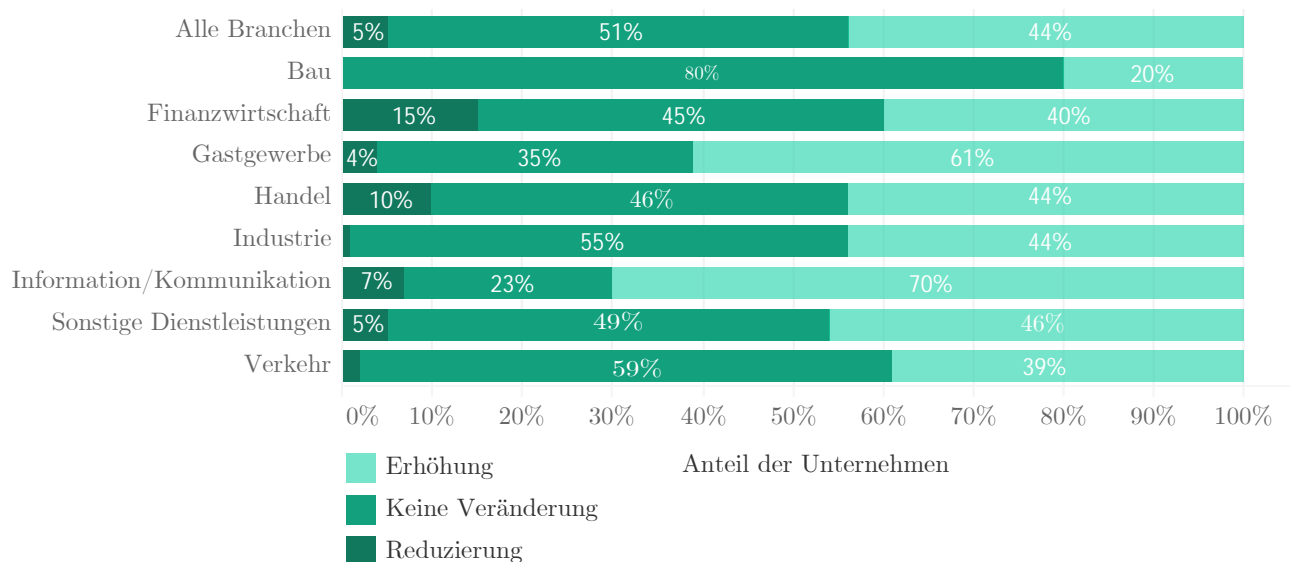


Abbildung 2.2: Auswirkung der Digitalisierung auf den Umsatz
(in Anlehnung an [DIH17])

Probleme oder Hürden, die Unternehmen an der unternehmensweiten Einführung der Digitalisierung hindern, sind einer Umfrage der *Bitkom Research* im Auftrag von *Autodesk* zu entnehmen, dargestellt in Abbildung 2.3 [Bit17]. Von 505 befragten Industrieunternehmen mit mehr als 20 Mitarbeitern gaben 48% an, über unzureichendes Budget für die Umsetzung zu verfügen. Auf Platz zwei und drei folgen mit 41% bzw. 40% langwierige Entscheidungsprozesse und etwaige Anforderungen an den Datenschutz. Weniger Probleme bereiten hingegen eine nicht ausreichende technische Ausstattung oder die fehlende Akzeptanz der Belegschaft mit 20%.

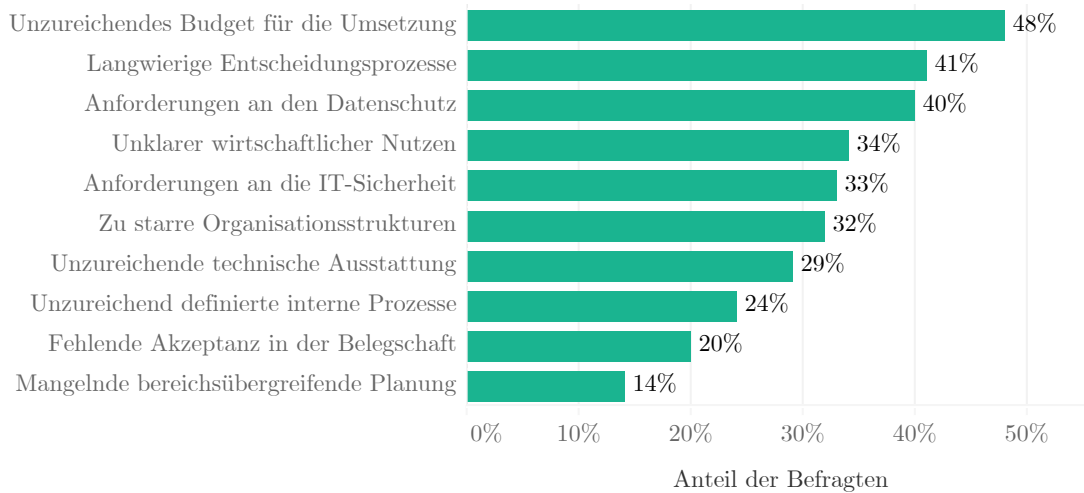


Abbildung 2.3: Herausforderungen der Digitalisierung
(in Anlehnung an [Bit17])

Um BIM in Deutschland zu einer gesteigerten Nutzung und Akzeptanz zu verhelfen, hat das *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur*, kurz BMVI, einen Stufenplan erstellt [Ver16a]. In drei Etappen sollen bis 2020 diverse Schritte hin zur digitalen Methodenutzung getätigt werden. Stufe eins stellt die Vorbereitungsphase dar. Bis 2017 wurden Leitfäden erstellt und Maßnahmen zur Standardisierung durchgeführt, um sich auf eine einheitliche Wissens- und Arbeitsgrundlage stützen zu können. Inhalt der genannten Leitfäden ist neben der Erläuterung von Begrifflichkeiten und Beantwortung grundlegender Fragen, der korrekte Umgang mit BIM [Egg+13]. Ein erster Zwischenbericht erschien Januar 2017 [Ver17]. Laut diesem wurden bereits erste Pilotprojekte mit BIM-Unterstützung durchgeführt, vorerst parallel zu eigentlichen Methoden und an vereinzelt Stellen.

Ein Beispiel der erwähnten Pilotprojekte ist der Tunnel *Rastatt* in Baden-Württemberg. Dieser ist Teil der Aus- und Neubaustrecke Karlsruhe-Basel und soll 2022 in Betrieb genommen werden. Dem Endbericht der wissenschaftlichen Begleitung zufolge, waren grundlegende Ziele das Sammeln von Erfahrungen und der Vergleich zwischen klassischer Projektbearbeitung und neuer BIM-Methoden. Der Einsatz erfolgte in den Leistungsphasen 4 und 5, der Genehmigungsplanung bzw. Ausführungsplanung, nach HOAI, der *Honorarordnung für Architekten und Ingenieure* [Jus]. Als Resultat stehen verschiedene Modelle mit ca. 35.000 Elementen zur Verfügung, die wiederum mit ca. 3.000 Aktivitäten und 3.500 Positionen des Leistungsverzeichnisses verknüpft sind. Probleme stellten unter anderem eine fehlende gemeinsame Datenumgebung dar, da unterschiedliche Software für Versionierung und Archivierung benutzt wurde. Ein weiterer Kritikpunkt ist in Form einer nicht vorhandenen Standardbibliothek geäußert worden. Durch fehlende Vorlagen ergab sich ein stark erhöhter Modellierungsaufwand. Dieser resultierte außerdem in einen zu hohen Detailgrad der Geometrie, was zeitintensive Ladezeiten zur Folge hatte. [Ver16b] Für die letzte Phase des Drei-Stufen-Plans ist neben einer deutlich höheren Anzahl an Pilotprojekten die Integration von BIM über alle Leistungsphasen nach HOAI vorgesehen.

Ergänzend wird ein Konzept für eine gemeinsame Datenbank angefertigt, um die Nutzung und das Arbeiten mit neuen, digitalen Methoden zu erleichtern. In Stufe drei, beginnend ab 2020, soll für sämtliche neue Projekte im Bundesverkehrsinfrastrukturbau BIM zum Einsatz kommen. [Ver17]

Neben dem Einsatz in der Anforderungsaufnahme oder anderen Planungsabschnitten, kann die Nutzung digitaler Technologien ebenso in praxisnahen Produktions- oder Bauphasen erfolgen. Die *Wienerberger AG*, mit weltweit 197 Standorten in 30 Ländern und mehr als 16.000 Mitarbeitern, ist einer der größten Produzenten für Baustoff- und Infrastrukturlösungen [AG]. In Zusammenarbeit mit *Fastbrick Robotics Limited*, einem Robotertechnologieunternehmen mit Sitz in Australien [Limd], wird ein ziegel- bzw. backsteinlegenden Roboter entwickelt. Auf Basis eines 3D-CAD-Modells kalkuliert das Kontrollsystem benötigte Materialien und gibt die entstandenen Informationen an den Roboter, *Hadrian X* genannt, weiter. Um auf äußere Einwirkungen reagieren zu können, wird die *Dynamic Stabilization-Technologie* verwendet. Dank dieser kann dynamisch in Echtzeit auf Einflussfaktoren wie Windströmungen oder Vibrationen reagiert werden, um eine möglichst hohe Präzision zu erreichen. November 2018 gab FBR Ltd bekannt, erfolgreich ein Haus mit einer Fläche von 180 m² in weniger als drei Tagen gefertigt zu haben. Der Einsatz und die Montage des *Hadrian X* kann aufsatzartig auf unterschiedlichen Basiskomponenten, wie Lkws, Booten oder Kränen erfolgen, woraus sich breitgefächerte Anwendungsbereiche ableiten lassen. Ein Foto des aktuellen Prototypen ist Abbildung 2.4 zu entnehmen. [Lima; Limb]



Abbildung 2.4: Hadrian X
[Limc]

2.3 Erläuterung Usability und weitere zusammenhängende Begriffe

Ein zentraler Aspekt dieser Arbeit ist Usability, im Deutschen als Gebrauchstauglichkeit bezeichnet. Eine Definition des Begriffes liefert *DIN ISO 9241-11*, welche die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit thematisiert: „Das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen.“ [DIN99, S. 4].

Das Produkt ist im Falle der vorliegenden Arbeit das zu entwickelnde Assistenzsystem zur Anforderungsaufnahme von Bauprojekten. Der oder die Benutzer sind zum einen die *Baubeauftragten* des jeweiligen *Fraunhofer-Institutes* und zum anderen die BA. Als Einrichtung für angewandte Forschung betreibt die Fraunhofer-Gesellschaft öffentlichen Forschungsbau und zuvor erwähnte Bauprojekte werden dabei zentral koordiniert.

Neben des Nutzungskontextes, auf welchen später in diesem Abschnitt eingegangen wird, sind drei Begriffe von zentraler Bedeutung: *Effektivität*, *Effizienz* und *Zufriedenstellung*. Effektiv ist ein System, wenn Aufgaben möglichst vollständig und genau abgearbeitet werden können. Für die Effizienz werden zuvor genannte Vollständig- und Genauigkeit im Verhältnis zum Aufwand gesetzt. D.h. Aufgaben sollten mit minimalem Aufwand lösbar sein. Ermittelt werden kann dies zum Beispiel durch Stoppen der Zeit, während Arbeitsschritte ausgeführt werden. Zufriedenstellung ist ein subjektiver Begriff und beschreibt, in welchem Maße der User mit der Nutzung des Systems zufrieden ist. Gemessen werden kann trotz Subjektivität beispielsweise, ob positive oder negative Kommentare während des Evaluierungsprozesses überwiegen oder anhand der Anzahl an Beschwerden. [DIN99]

Der bereits erwähnte Nutzungskontext ist von verschiedenen Faktoren abhängig und kann sich je nach System grundlegend unterscheiden. *DIN ISO 9241-11* definiert den Begriff folgendermaßen: „Die Benutzer, Arbeitsaufgaben, Arbeitsmittel (Hardware, Software und Materialien) sowie physische und soziale Umgebung, in der das Produkt genutzt wird.“ [DIN99, S. 4].

Aus dem Nutzungskontext folgen schließlich Nutzungsanforderungen, welche in dieser Arbeit die Grundlage für den Design-Prozess darstellen. Wie sich diese definieren, wird in Kapitel 4 näher erläutert.

Die folgende Abbildung 2.5 stellt die Beziehungen, der in diesem Abschnitt erläuterten Begriffe im Zusammenhang mit Usability, noch einmal grafisch dar.

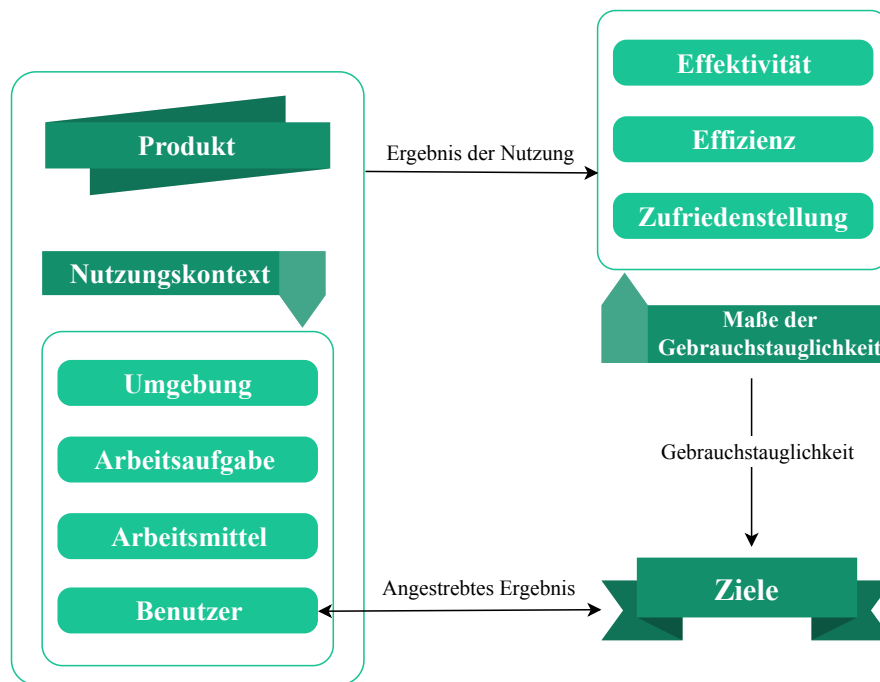


Abbildung 2.5: Anwendungsrahmen für Gebrauchstauglichkeit
(in Anlehnung an [DIN99, S. 6])

2.4 Dialogprinzipien nach DIN ISO 9241-110

Ergänzend zu Anforderungen an das Assistenzsystem, welche im Abschnitt 4.2 aufgestellt werden, und den Faktoren Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung, bieten sich zur finalen Evaluierung (siehe Kapitel 7) die Dialogprinzipien nach *DIN ISO 9241-110* [DIN08] an. *ISO 9241* beschäftigt sich mit der „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“, Teil 110 weiterführend mit den „Grundsätzen der Dialoggestaltung“ [DIN08, S. 1]. Zentrales Thema der Norm ist, wie Dialoge innerhalb eines Systems gestaltet sein müssen, um ein hohes Maß an Ergonomie für den Benutzer bereitzustellen. Dadurch sollen Probleme, die häufig während der Nutzung eines Systems auftreten können, vermieden werden. Dazu zählen unter anderem eine zu große Anzahl an Schritten, um ein bestimmtes Ziel bzw. eine Funktion zu erreichen, oder nicht hinreichende Informationen, um einen Arbeitsschritt effizient ausführen zu können. Im schlechtesten Fall werden dem User Hinweise mit falschem Inhalt angezeigt und eine Ausführung der benötigten Funktion ist nicht mehr möglich. Anwendungsfälle der *ISO 9241* bieten sich in einer Vielzahl von Bereichen bzw. Benutzergruppen an: zum Beispiel für Ersteller von Gestaltungsrichtlinien, im Designprozess involvierte Grafiker für ein zu entwickelndes System oder im Validierungsprozess, um ein Zwischen- oder Endergebnis zu evaluieren. Zuletzt genannter Bereich findet in Kapitel 7 Anwendung und stellt, neben den aufgestellten Nutzungsanforderungen und des Usability-Begriffs, die dritte Evaluierungsmethode dar.

Die Grundsätze eines als ergonomisch positiv betrachteten Systems sind in unterschiedliche

Segmente aufgeteilt, eine Übersicht ist Abbildung 2.6 zu entnehmen. Im weiteren Verlauf dieses Abschnittes werden die einzelnen Begriffe in Kurzform anhand ihrer *DIN*-Vorlage [DIN08, S. 7-17] und kleineren Beispielen erläutert, um für die spätere Evaluation eine Verständnisgrundlage zu schaffen.



Abbildung 2.6: Gestaltungsgrundsätze
(in Anlehnung an ISO 9241-110 [DIN08; Eck16])

Wie aus eben genannter Abbildung erkennbar, gliedert sich Teil 110 der *ISO 9241* in sieben Prinzipien: *Aufgabenangemessenheit*, *Selbstbeschreibungsfähigkeit*, *Erwartungskonformität*, *Lernförderlichkeit*, *Steuerbarkeit*, *Fehlertoleranz* und *Individualisierbarkeit*. Dabei spiegelt die Abfolge nicht die Prioritäten einzelner Aspekte wieder und letztere können je nach Anwendungsfall bzw. interaktives System und dem damit verknüpften Nutzungskontext unterschiedlich gewichtet werden.[DIN08, S. 7]

Das Prinzip der *Aufgabenangemessenheit* beschreibt, dass ein System dem Benutzer bei der Erledigung seiner Aufgaben unterstützt und Funktionen auf den charakteristischen Merkmalen der zu bearbeitenden Aufgabe aufbauen. Soll der User beispielsweise einen Termin festlegen, ist es von Vorteil, nach der Auswahl einen Kalender zu öffnen. In diesem muss der gewünschte Termin nur noch mit Mausunterstützung ausgewählt werden. Er muss nicht separat in anderen programminernen Fenstern oder unabhängig vom System nachschlagen, auf welchen Tag oder in welche Kalenderwoche der Termin fällt. Ein weiteres Beispiel ist das automatische Ausfüllen des Ortes in Formularen, z.B. für die einmalige Registrierung bestimmter Dienste oder Webseiten, nachdem die Postleitzahl bereits eingegeben wurde.[DIN08, S. 8]

Selbstbeschreibungsfähigkeit als zweites Prinzip legt dar, dass Dialoge nur mit kleinstmöglicher oder im besten Fall ohne Verwendung von Handbüchern absolvierbar sind. Sie müssen

selbsterklärend sein und dem Benutzer ersichtlich machen, an welcher Stelle er sich im Ablauf des Systems befindet und über welche weiteren Möglichkeiten er zur Benutzung verfügt. Als Beispiele seien an dieser Stelle Hilfsfunktionen, die über ein ?-Symbol dargestellt werden, oder eine Fortschrittsanzeige inklusive Vor- und Zurück-Buttons während eines Bestellprozesses, genannt.[DIN08, S. 10]

Für das dritte Prinzip der *Erwartungskonformität* sollten Dialoge allgemein bekannten Richtlinien entsprechen und Ereignisse oder Feedback, welche aus Nutzereingaben resultieren, vorhersehbar sein. Für den bereits erwähnten Hilfe-Button sollte demnach eine Hilfsfunktion und keine nicht damit assoziierte Funktion hinterlegt sein, die der Erwartung des Anwenders widerspricht. Weiterhin sollte es einen Hinweis geben, sofern die Wartezeit auf eine Antwort vom System in gewissem Maße von den zu erwartenden Werten abweicht. Dauert eine Suchanfrage aufgrund einer hohen Anzahl an gleichzeitigen Zugriffen oder anderen Einschränkungen länger, ist ein Hinweis mit entsprechender Erklärung angebracht.[DIN08, S. 11]

Support-Dialoge vom System, die dem User beim Erlernen der Nutzung helfen, werden in der *Lernförderlichkeit* zusammengefasst. So sollten dem Nutzer laut viertem Grundsatz passende Hilfen bereitgestellt werden, damit Funktionen oder Arbeitsweisen verstanden werden können. Zum Beispiel kann hier erneut der Hilfe-Button genannt werden, woraus ersichtlich wird, dass Grundsätze fließend ineinander übergehen können. Grundlegende Konzepte, die zum Verständnis der Funktion von Bedeutung sind, sollten ebenso hinreichend erklärt werden.[DIN08, S. 12]

Das Prinzip der *Steuerbarkeit* erläutert, dass Dialoge vom Nutzer ausgehend gestartet und bei Bedarf in ihrer Richtung und ihrem Tempo angepasst werden können. Ein bekanntes Beispiel ist die Rückgängig-Funktionen aus Text-Editoren oder Grafikprogrammen. Eingaben oder Befehle sind reversibel und können bei Fehleingaben oder ähnlichem in gewissem Umfang, abhängig von der Software, annulliert werden. Weitere Beispiele sind Texteingaben aus Kurznachrichten- oder Messenger-Diensten, welche erst versendet werden, wenn der Benutzer einen dafür vorgesehenen Button betätigt.[DIN08, S. 13]

Als *fehlertolerant*, dem sechsten Gestaltungsgrundsatz, gelten Dialoge, die trotz fehlerbehaftetem oder gänzlich falschem Input in das System zum gewünschtem Ergebnis führen. Der Korrekturaufwand auf Benutzerseite darf entweder nicht vorhanden oder nur mit minimalem Einsatz verbunden sein. Dies wird laut Teil 110 der ISO 9241 mit folgenden Mitteln erreicht:

- „Fehlererkennung und -vermeidung (Schadensbegrenzung)
- Fehlerkorrektur
- Fehlermanagement, um mit Fehlern umzugehen, die sich ereignen“ [DIN08, S. 14]

Um dem Benutzer zu assistieren, sollten ihm vom System Hilfestellungen gegeben werden, um zum Beispiel Fehler während der Eingabe zu vermeiden. Realisiert wird dies in Eingabe-

beformularen und dem Hinweis darauf, welche Pflichtfelder für den weiteren Fortschritt ausgefüllt werden müssen. Weiterhin dürfen Eingaben oder Handlungen seitens des Nutzers nicht zu Systemabbrüchen oder Zuständen führen, die nicht definiert sind. Trägt der Nutzer als Beispiel Zahlen in Feldern ein, die außerhalb des erlaubten Bereiches liegen, darf das System nicht abbrechen und sollte stattdessen einen Hinweis anzeigen.[DIN08, S. 14]

Für das letzte Prinzip, der *Individualisierbarkeit*, sollten User die Anzeige von Informationen beeinflussen und verändern können. Dialoge sind als Resultat anpassbar an individuelle Anforderungen und Fähigkeiten der nutzenden Person. Angemerkt sei laut DIN dabei folgendes:

Obwohl es wünschenswert ist, dem Benutzer Möglichkeiten zu individuellen Einstellungen zur Verfügung zu stellen, ist dies kein Ersatz für ergonomisch gestaltete Dialoge. Außerdem sollen die Möglichkeiten zur individuellen Einstellungen nur innerhalb bestimmter Grenzen möglich sein, so dass Änderungen keine vorhersehbaren Beeinträchtigungen oder Schädigungen des Benutzers hervorrufen können (z.B. unannehmable Lautstärken in Folge der vom Benutzer eingestellten akustischen Rückmeldungen). [DIN08, S. 16]

Individualisierung sollte demnach nicht die Ergonomie ersetzen, sondern ergänzend unterstützen. Beispiele für Dialoge, die dieses Prinzip umsetzen, sind zum Beispiel in den Einstellungen von Windows vorhanden. Dort kann die Geschwindigkeit der benutzten Computermaus reguliert und den eigenen Bedürfnissen nach angepasst werden. Ein alternativer Bereich der Grundsatzimplementierung ist in der unterschiedlichen Darstellungsform von Informationen in diversen Programmen zu finden, siehe Abbildung 2.7.[DIN08, S. 16]

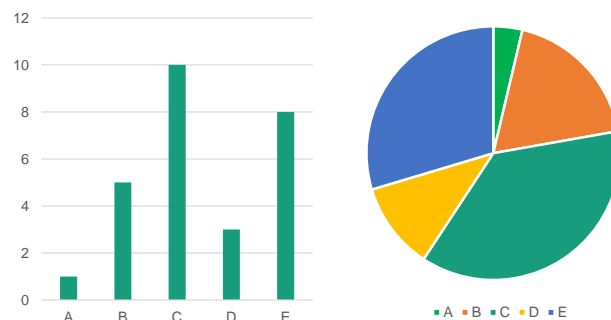


Abbildung 2.7: Datendarstellungsformen als Balken- und Tortendiagramm
(Eigene Darstellung)

3 Beschreibung des Assistenzsystems

Bevor im nachfolgenden Kapitel Anforderungen aufgestellt werden, erfolgt an dieser Stelle zunächst eine Beschreibung des zu konzipierenden Assistenzsystems. Eine grafische Repräsentation ist Abbildung 3.1 zu entnehmen.

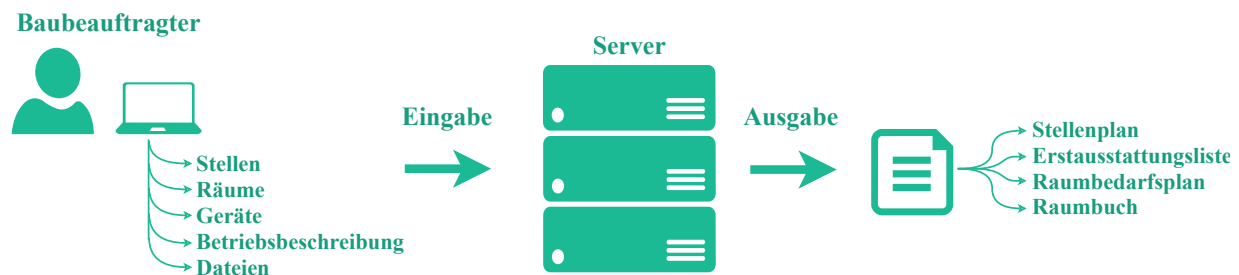


Abbildung 3.1: Assistenzsystem
(Eigene Darstellung)

Das Ziel ist es, für die Anforderungsaufnahme von Bauprojekten innerhalb der *Fraunhofer-Gesellschaft* über eine Schnittstelle zwischen der *Fraunhofer-Gesellschaft Bauangelegenheiten und Liegenschaften* (BA) und des Institutes zu verfügen. Der jeweilige *Baubeauftraggeber* (BB), ein gewählter Mitarbeiter des Institutes, eines Bauprojekts übernimmt die Anforderungsaufnahme und trägt verschiedene Arten von Informationen in das System ein. Diese können in drei Hauptkategorien eingeteilt werden: Stellen, Räume und Geräte. Betriebsbeschreibungen und Dateien werden zur weiteren Definition von Räumen verwendet. Als Hilfe sollen dem Nutzer dabei unter anderem bereits vordefinierte Musterräume zur Verfügung stehen. Diese beinhalten festgelegte Parameter wie die Fläche des Raumes, den Bodenbelag oder speziellere Ausstattungen wie Labor- oder Schweißtechnik. Büroflächen können nach Auswahl von Stellen vom Assistenzsystem generiert werden und besitzen, ähnlich der Musterräume, bereits vordefinierte Parameter. Automatisch erstellte Räume werden zudem in den nach *DIN 277* [Sto16] vorgesehenen NUF-Bereich eingeteilt.¹ Weiterhin besitzt das System eine Übersicht über aktuelle Kosten und dem festgelegten Budget. Eine Ausgabe von Daten erfolgt über folgende Dokumente: *Stellenplan* (SP), *Erstausstattungsliste* (EAL), *Raumbedarfsplan* (RBP) und *Raumbuch* (RB). Der SP liefert eine Übersicht über sämtliche Stellen mit Bezeichnung und jeweiliger Anzahl. Geräte werden mit Name, Kategorie, Preis und Anzahl in der EAL vermerkt. Der RBP listet sämtliche Räume getrennt nach NUF auf, zusammen mit der Grundfläche in Quadratmeter, der Bezeichnung und weiteren Kennzahlen, jedoch ohne Parameter. Diese werden im RB ausgegeben. Hier werden ebenso

¹In folgenden Kapiteln wird die Bezeichnung *Nutzfläche*, kurz NF, in Abbildungen erscheinen. Dabei handelt es sich um die veraltete Bezeichnung. Aktuell gültig ist NUF und wird aus diesem Grund im weiteren Verlauf der Arbeit benutzt [Sto16].

alle Räume aufgelistet, jedoch besitzt jeder Raum ein eigenes Parameterblatt mit dort vermerkten Eigenschaften. Dies können neben den bereits genannten, Raumhöhe oder die Anzahl an vorgesehenen Steckdosen sein.

In der Planungsphase des Gebäudelebenszyklus werden zuvor genannte Daten gesammelt und fließen in ein digitales Modell ein, welches in der unter Abschnitt 2.1 erklärten Methode BIM genutzt wird, ein bzw. stellen eine Voraussetzung dar, um ein solches Modell erstellen zu können. Nach HOAI sind dies die Leistungsphasen 1 und 2, die Grundlagenermittlung und Vorplanung [Jus]. Hier müssen die Erwartungen des Nutzers mit dem vorhandenen Budget in Einklang gebracht werden, nach denen sich zudem in gewissem Maße festgelegte Meilensteine orientieren. Das Ziel etwaiger Meilensteine können SP und RBP sein, für die im öffentlichen Forschungsbau eine Besonderheit besteht: Mittel berechnen sich anhand des SP und RBP. Letztere können vom Assistenzsystem erstellt und ausgegeben werden, womit diesem eine wichtige Rolle in den Phasen der Planung bzw. Vorplanung zuteil wird.

4 Anforderungen an das Assistenzsystems

Nach Beschreibung des Assistenzsystems im letzten Kapitel, erfolgt in diesem Abschnitt zunächst die Erläuterung der benutzten Methode zur Anforderungsdefinition. Anschließend wird jene Methode angewandt und erforderliche Kriterien für das Mock-up in Kapitel 5 aufgestellt und in Tabellenform überführt.

4.1 Methodenerläuterung

Der Verein *Usability in Germany e.V.* [Gera] hat sich zum Ziel gesetzt, Wissen und Praktiken in Zusammenhang mit Usability aufzubauen und dieses an mittelständische Unternehmen weiterzuvermitteln [Gerd]. Entstanden sind dabei verschiedene Methoden, um Problemstellungen oder Anforderungen zum Thema Usability zu überwinden bzw. zu dokumentieren [Gerb]. Neben den Methoden *Brainstorming*, dem spontanen Zusammentragen von verschiedensten Ideen, oder *Personas*, dem Erstellen einer oder mehrerer fiktiven Personen zur Darstellung einer ausgewählten Zielgruppe, ist die Praktik *Nutzungsanforderung* hervorgegangen [Gerc].

Hierbei werden aus vorab dokumentierten Erfordernissen qualitative oder quantitative Nutzungsanforderungen abgeleitet, welche die Funktionen bzw. Anforderungen eines interaktiven Systems beschreiben. Aus diesen wiederum ergibt sich der in Abschnitt 2.3 erläuterte Nutzungskontext. Nach Entwicklung der Anwendung oder eines vorläufigen Prototyps sind Nutzungsanforderungen ein Teil des Evaluationsprozesses und es folgt die Validierung des Produktes mit Hilfe der Anforderungen.

Die Form der Darstellung fiel nach weiterführender Recherche auf eine Anforderungsmatrix [Goo09]. In dieser werden Anforderungen aus verschiedenen Quellen, wie die bereits erwähnten *Personas* oder z.B. Interviews, in vier Kategorien aufgeteilt: *Datenanforderungen*, *Funktionale Anforderungen*, *Qualitätsanforderungen* und *Rahmenbedingungen* [Mos13]. *Datenanforderungen* sind Informationen, die zwischen User und System während der Benutzung ausgetauscht werden können. *Funktionale Anforderungen* stellen die eigentlichen Aktionen dar, die der User ausführen kann. Die *Qualitätsanforderungen* spiegeln die Qualität bestimmter Funktionen wider, beispielsweise wie lang eine Website für das Verarbeiten einer Eingabe braucht, oder gewünschte Ansprüche an das Design. *Rahmenbedingungen* sind Aspekte, die während der Realisierung des Produktes beachtet werden müssen. Neben designtechnischen oder systemspezifischen Randbedingungen zählen dazu ebenso Budgetvorgaben oder Fristen, wie Auslieferungstermine.

4.2 Methodenanwendung

Wie in Abschnitt 4.1 bereits erläutert, ist zur Darstellung der Nutzungsanforderungen eine Anforderungsmatrix benutzt worden. Ein Auszug der Matrix ist folgender Tabelle 4.1 zu entnehmen. Die komplette Übersicht in Form der Tabelle A.1 ist in Abschnitt A.1 zu finden.

Tabelle 4.1: Auszug der Anforderungsmatrix Tabelle A.1 nach Vorlage von [Mos13; Goo09]

Beschreibung	Quelle	Datenanforderungen	Funktionale Anforderungen	Qualitätsanf.	Rahmenbedingungen
Musterräume	Interview	Musterräume, Parameter	Musterräume importieren	Usabilityfokus	-
Generierte Räume	Interview	Räume, Parameter	Büroräume u.a. automatisch erzeugen	Usabilityfokus	-

Wie aus Tabelle 4.1 ersichtlich ist, resultieren Inhalte unter anderem aus Interviews. Diese sind in Verbindung mit verantwortlichen Personen seitens dem *Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung* (IFF) sowie der BA durchgeführt worden. Weitere Inhalte konnten einem dem Autor vorliegenden Lastenheft entnommen werden und sind dementsprechend in der Spalte Quelle als „Lastenheft“ vermerkt. Für alle dokumentierten Anforderungen gilt als Qualitätsmerkmal der Fokus auf Usability, auf welchem im Abschnitt 7.1 validiert wird.

Für die Beispielanforderung „Musterräume“ aus Tabelle 4.1 sind die geforderten Daten Musterräume und Parameter. Erstere beinhalten zum Beispiel, welche Arten von Räumen als Muster zur Verfügung stehen sollen und geben über einen kurzen Beschreibungstext Hinweise über mögliche Einsatzszenarien oder Verwendungsmöglichkeiten. Parameter hingegen detaillieren einen Raum und definieren diesen genauer. Als Beispielparameter seien an dieser Stelle die Anzahl an fest verbauten Steckdosen oder die mögliche Installation einer Absaugung genannt. Die funktionale Anforderung ist in der Tabelle mit „Musterräume importieren“ aufgeführt und zeigt, wie im vorigen Abschnitt erläutert, die eigentliche Aktion auf. Mit dieser Funktion können zuvor serverseitig angelegte Musterräume mit wenigen Nutzeraktionen dem aktuellen Projekt hinzugefügt werden. Rahmenbedingungen sind in diesem Beispiel keine vorgesehen. Für andere Anforderungen sind dies beispielsweise, dass keine negative Stellenanzahl eingegeben werden kann oder dass für neu erstellte Räume automatisch eine generierte ID vergeben wird.

Weitere Anforderungen sind zum Beispiel, dass Büroräume automatisch erzeugt, Dokumente wie SP oder RBP ausgegeben oder summierte Kosten vom System berechnet werden. Die vollständige Tabelle mit allen Anforderungen ist, wie eingangs erwähnt, im Abschnitt A.1 zu finden.

5 Mock-up

Im Verlauf der weiteren Arbeit werden drei unterschiedliche Versionen von Mock-ups genannt: Version 1, Version 2 und Version 3. Auf Basis der dritten Version erfolgte die spätere Programmierung der Website. Während Version 1 mit *Balsamiq Mockups* [Bal] angefertigt wurde, entstanden Versionen 2 und 3 mit *Figma* [Fig].

Aus den verschiedenen Versionen bereits ersichtlich, wurde der Designprozess mehr als einmal iteriert. Eine Veranschaulichung des Prozesses ist Abbildung 5.1 zu entnehmen:

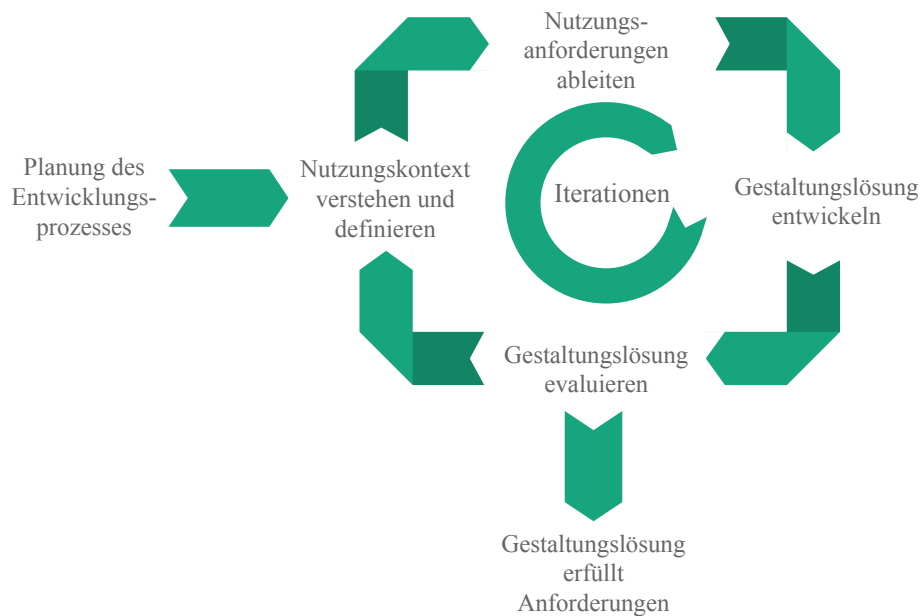


Abbildung 5.1: Kernphasen der Entwicklung
(in Anlehnung an ISO 9241-210 [The16; DIS11])

Die Planung des Entwicklungsprozesses markiert den eigentlichen Startpunkt und findet noch vor etwaiger Design- oder Entwicklungsphasen statt. Dazu zählen in vorliegender Arbeit die Wahl der Methode zur Aufstellung der Anforderungen an das Assistenzsystem und die Festlegung der Arbeitsmittel. Letztere zum einen bezogen auf den designtechnischen Aspekt und zum anderen für die finale Umsetzung in Form einer webbasierten Anwendung. Das Verständnis des Nutzungskontexts ist in Form von Interviews mit Verantwortlichen und Experten aus dem IFF bzw. der BA entstanden. Resultierende Anforderungen wurden in eine Anforderungsmatrix, siehe Tabelle A.1, übertragen und Gestaltungslösungen daraus entwickelt. Bevor die Umsetzung als Website letztendlich erfolgte, wurde jedes Designergebnis den Verantwortlichen vorgelegt. Nach Evaluierung und mit Hilfe von erhaltenem Feedback konnten nachfolgende Designs angepasst werden. Dabei erfolgten Iterationen nicht nur zwischen den einzelnen Versionen, sondern ebenso innerhalb der jeweiligen Varianten. Weitergehende Erläuterungen zu einzelnen Designprozessen folgen in Abschnitt 5.2 bis Abschnitt 5.4.

5.1 Erläuterung benutzter Mock-up-Tools



(a) Balsamiq [Tru16]



(b) Figma [Ham17]

Abbildung 5.2: Symbolübersicht der verwendeten Designtools

Balsamiq Mockups, siehe Abbildung 5.2a, stellte sich für den anfänglichen Bedarf als zunächst ausreichend heraus. Erstellte Designentwürfe entsprechen im Standardmodus einem handgezeichnetem Stil. Das Ziel liegt somit im schnellen Erstellen von Webseiten mit Fokus auf Funktionalität, als auf dem Erscheinungsbild. Ein Beispiel anhand der *iOS-Tastatur* ist Abbildung 5.3 zu entnehmen. Das Erstellen eigener Formen und das Anpassen bereits vorhandener Vorlagen gestaltete sich als schwierig, weshalb der Wechsel auf eine andere Software erfolgte.



Abbildung 5.3: iOS-Tastatur aus der Balsamiq-Bibliothek

Erste Ansätze sind zunächst mit *Adobe XD* [Ado] erstellt worden. Aufgrund von Kompatibilitätsproblemen mit anderer verwendeter Software musste jedoch auf eine alternative Lösung umgestiegen werden. Nach Recherche und Vergleich mehrerer Tools fiel die Wahl schlussendlich auf das bereits genannte Design-Tool *Figma*, siehe Abbildung 5.2b.

Ein bedeutender Vorteil von *Figma* ist das unkomplizierte Einbinden von bereits vorhandenen Assets, welche aus anderen Tools importiert werden können oder online in Form von Bibliotheken zur Verfügung stehen. Als Beispiel sei hier die *Google Material*-Bibliothek [Gooc] genannt, welche von Thomas Lowry, angestellt als UI/UX-Designer bei *Figma*, erstellt wurde und als komplette Designvorlage vorhanden ist [Low18]. Einzelne Bestandteile können durch einfaches Kopieren und Einfügen in das eigene Projekt eingebunden, verwendet und bei Bedarf weiter bearbeitet werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, über eine Linkfreigabe das Projekt anderen Personen live vorzuführen und unmittelbares Feedback zu erhalten. Eine zeitgleiche Bearbeitung mehrerer Personen an einem Design ist ebenso möglich, wie die Erstellung eigener Formen mit Hilfe verschiedener Freiformwerkzeuge.

5.2 Mock-up Version 1 - Balsamiq Mockups

Wie eingangs in diesem Kapitel bereits beschrieben, ist die erste Version des Mock-ups in *Balsamiq Mockups* entstanden. In Abbildung 5.4 ist die grundlegende, skizzenhafte Struktur bzw. der Aufbau des Prototyps zu sehen. Um das Interesse des Nutzers zu wecken, wurde sich für einen Header mit Hintergrundbild des *Virtual Development and Training Centre* (VDTC) [Mag] entschieden. Dadurch soll nicht nur die Aufmerksamkeit der Assistenzsystemnutzers erregt werden, sondern ebenso eine visuelle Verknüpfung mit der *Fraunhofer-Gesellschaft* hergestellt werden.

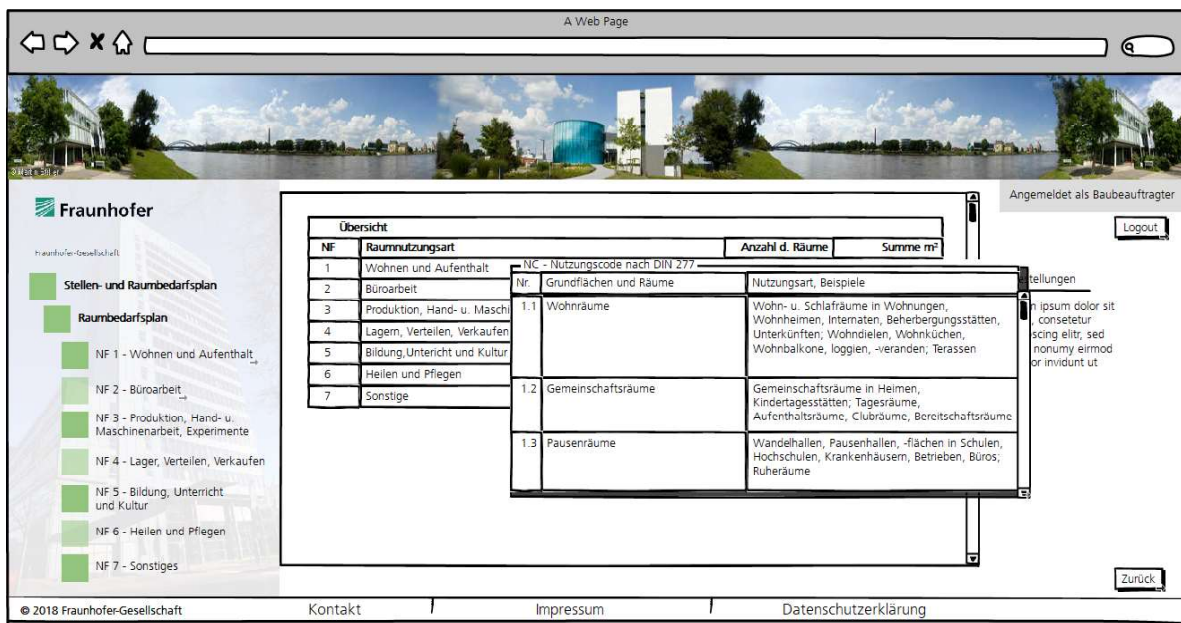


Abbildung 5.4: Raumbedarfsplan

Dies wird auf der linken Seite durch das Logo der *Fraunhofer-Gesellschaft* ergänzt.

Unterhalb dessen befindet sich die Navigationsstruktur, mit deren Hilfe sich durch fünf Kategorien bewegt werden kann. Wie aus Abbildung 5.5 ersichtlich ist, sind die Bezeichnungen durch die auszugebenen Dokumentennamen *Stellen-* und *Raumbedarfsplan*, *Erstausstattungsliste* sowie *Raumbuch* gekennzeichnet. Ergänzt werden diese durch Basisangaben bzw. Export. Letzere sind einerseits allgemeine Daten zum Projekt, wie der Name oder Institutstyp, und andererseits eine Funktion, um Informationen in Form von Tabellen oder im IFC-Format zu erhalten.

Anwendung	Menge	Einzelkosten	Gesamtkosten (Netto)
1. Basisausstattung, Möblierung			
1.1 Aufenthaltsraum und Teeküche	1	10.000 €	31.600 €
1.2 Auswertungsräum	8	2.700 €	21.600 €
2. Basisausstattung, Datennetz, Arbeitsplatztechnik, Bürohardware			
2.1 Aktive Komponenten, Datennetz, Telefonanlage, Server	pauschal	170.000 €	207.000 €
2.2 Zertifikatungsterminal	pauschal	8.000 €	8.000 €
2.3 PC, Drucker, Zubehör Arbeitsplatz	8	2.500 €	20.000 €
2.4 Präsentationstechnik	pauschal	9.000 €	9.000 €
3. Wissenschaftliche Geräte und Anlagen f. Versuchsfläche			
3.1 Sand- und Kollidierungswerkzeuge	pauschal	180.000 €	180.000 €
4. Sonstiges			
4.1 Gewächshaus	1	5.000 €	5.000 €
Summe			423.600 €

Abbildung 5.5: Erstausstattungsliste

Wie in und Abbildung 5.4 und Abbildung 5.5 zu erkennen ist, wird der derzeit ausgewählte Navigationspunkt hervorgehoben und, sofern tiefer gehende Ebenen vorhanden sind, eine Ordner- bzw. Baumstruktur ersichtlich. Am rechten Rand befinden sich die Zurück- und Logout-Buttons, sowie eine Anzeige mit Hilfestellungen. Diese vermittelt unterstützende Informationen für die Arbeit mit dem Assistenzsystem, abhängig vom jeweiligen Kontext und dem derzeitigen Menü, in welchem sich der Nutzer befindet. Weiterhin ist oberhalb des jederzeit erreichbaren Logout-Buttons die Rolle der angemeldeten Person zu finden. Am unteren Rand befinden sich weiterführende Links zu den Seiten Kontakt, Impressum und Datenschutzerklärung.

Informationen innerhalb der Menüs sind tabellen- oder listenförmig, bzw. im Fall des Raumbuches einer realen Formular- und Ordnerstruktur mit Karteikarten nachempfunden, siehe Abbildung 5.6. Links befinden sich die übergeordneten Kategorien Organisatorisches, Bau/Anbau, Betriebstechnische Anlagen und Allgemeine Fragen. Durch diese kann mit Hilfe der Karteifähnchen an der unteren Seite des Fensters navigiert werden. Dabei spiegeln die Punkte 1.1 bis 1.7 Unterkategorien, mit detaillierten Angaben zu beispielsweise Böden, Fenstern oder Wänden, wider.

Abbildung 5.6: Raumbuch

5.3 Mock-up Version 2 - Figma

Der erste Prototyp ist nach Fertigstellung intern diskutiert worden und es kristallisierte sich heraus, dass der Charakter eines Assistenzsystemes nicht erfüllt ist. Menüs sind zu tief verschachtelt, was eine Abnahme der Übersichtlichkeit zur Folge hat. Weiterhin sind Parameter für Raumbeschreibungen zwar identisch mit vorliegenden physischen Dokumenten, jedoch ist die Eingabe durch bereits erwähnte Verschachtelungen zu komplex und langwierig. Neben funktionalen Kritikpunkten entsprechen auch designtechnische Aspekte nicht den gewünschten Anforderungen. Da Letzteres unter anderem durch das verwendete Tool *Balsamiq Mockups* bedingt ist, wurde für die Gestaltung der zweiten Version bzw. des nachfolgenden Prototypen eine alternative Softwarelösung verwendet. Wie eingangs in diesem Kapitel erwähnt, sind erste Ansätze des zweiten Mock-ups mit *Adobe XD* entwickelt worden, aufgrund von Kompatibilitätsproblemen folgte jedoch der Umstieg auf *Figma*.

Das Ergebnis der zweiten Iteration des Designprozesses, in Form der zugrunde liegenden Struktur bzw. dem Layout, ist folgender Abbildung 5.7 zu entnehmen.

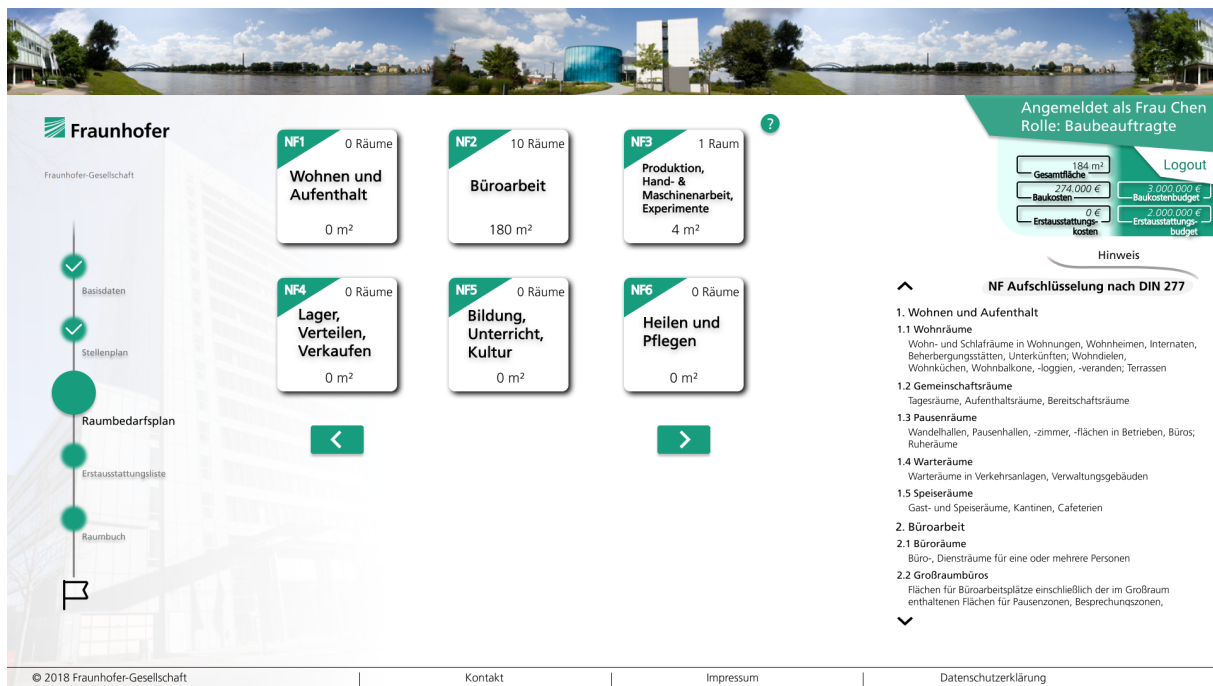


Abbildung 5.7: Raumübersicht

Identisch zur ersten Version, wird auch im Mock-up der Version zwei eine Abbildung des VDTC als Header verwendet. Im Fokus steht allerdings der geführte Assistenzmodus. Farblich wurde sich an den Farben der *Fraunhofer* Corporate Identity orientiert, welche sich neben dem Logo, in Menüs und Hilfestellungen wiederfinden lassen. Nach Start des Assistenzsystems folgt eine Übersicht über allgemeine Informationen, wie Namen des Bauprojektes, Institutstyp oder Standort. Im nachfolgenden Schritt können geplante Stellen in das System eingetragen werden. Dies erfolgt entweder über Plus- und Minus-Buttons oder per direkter Eingabe der gewünschten Zahl. Neu ist im Anschluss daran, die automatische Erstellung von Büroräumen auf Basis eingegebener Stellen. Einer oder mehreren Personen werden, abhängig von ihrer Tätigkeit, Büros zugewiesen. Die Verteilungen und Größen der Räume folgen aus einer hinterlegten Berechnungsgrundlage. Da es sich nur um Vorschläge handelt, können die Aufteilungen der Personen auf einzelne Räume und jeweilige Quadratmeter, den Anforderungen nach angepasst werden.

Neben dieser Unterstützung stehen dem Nutzer während der Bedienung des Systems weitere Hilfen zur Verfügung. Dies ist zum einen am linken Bildschirmrand der derzeitige Stand im Assistenzsystem, an welchem sich der User befindet. Bereits erledigte Schritte werden mit einem Haken markiert, der momentan bearbeitende Punkt wird durch Größe des Kreises und erhöhter Schriftstärke hervorgehoben. Zum anderen ist am gegenüberliegenden Rand eine dauerhaft sichtbare Kostenübersicht und eine Anzeige mit kontextabhängigen Hilfen vorhanden. Erstere ist aufgeschlüsselt in Budgets und den aktuellen Kosten, welche sich aus bereits eingetragenen Stellen und Flächen automatisch errechnet. Zuvor erwähnte Hilfen bieten unter anderem Beispielsräume für einzelne NUF, siehe Abbildung 5.7.

Nach Eingabe der Stellen erfolgt die Erstellung des RBP. Ist der gewünschte NUF-Bereich

ausgewählt, verfügt der Nutzer über die Möglichkeit, Räume hinzuzufügen. Eine Darstellung des Bereiches Büroarbeit mit Beispielräumen ist Abbildung 5.8 zu entnehmen.

Fraunhofer

NF2

10 Räume
180 m²

Büroarbeit

Angemeldet als Frau Chen
Rolle: Baubeauftragte

Logout

Gesamtfläche: 196 m²
Baukosten: 289.000 €
Ertausstattungs-kosten: 0 €

Baukostenbudget: 3.000.000 €
Ertausstattungs-budget: 2.000.000 €

Hinweis

NF Aufschlüsselung nach DIN 277

- 2. Büroarbeit
 - 2.1 Büroräume
 - Büro-, Diensträume für eine oder mehrere Personen
 - 2.2 Großbüros
 - Flächen für Arbeitsplätze einschließlich der im Großraum enthaltenen Flächen für Pausenzonen, Besprechungszonen, Garderoben, Verkehrswege
 - 2.3 Besprechungsräume
 - Sitzungsräume, Prüfungsräume
 - 2.4 Konstruktionsräume
 - Zeichenräume
 - 2.5 Schalterräume
 - Kassenräume
 - 2.6 Bedienungsräume
 - Schaltanlagen und Schaltwarten für betriebstechnische Anlagen oder betriebliche Einbauten; Leitstellen
 - 2.7 Aufsichtsräume
 - Pförtnerräume, Wachräume
 - 2.8 Bürotechnikräume

Raumbezeichnung	Raum-ID	NC	m²	#Personen	Bemerkungen
Abteilungsleiter	B1.1	2.1	12 m²	1 Person	Bemerkungen Abteilungsleiter
Gruppenleiter	B2.1	2.1	12 m²	1 Person	Bemerkungen Gruppenleiter
Gruppenleiter	B2.2	2.1	12 m²	1 Person	Bemerkungen Gruppenleiter
Wissenschaftl. Mitarbeiter	B3.1	2.1	18 m²	2 Personen	Bemerkungen Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Wissenschaftl. Mitarbeiter	B3.2	2.1	18 m²	2 Personen	Bemerkungen Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Wissenschaftl. Mitarbeiter	B3.3	2.1	30 m²	4 Personen	Bemerkungen Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Wissenschaftl. Mitarbeiter	B3.4	2.1	24 m²	3 Personen	Bemerkungen Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Grad. Pers./Sachbearbeiter	B4.1	2.1	18 m²	2 Personen	Bemerkungen Grad. Personal/Sachbearbeiter

Raumauswahl
Raum auswählen

Raum hinzufügen

Raumbezeichnung: Drucker, Kopierer NC: 2.8 m²: 6 Bemerkungen:

Eintrag hinzufügen

© 2018 Fraunhofer-Gesellschaft Kontakt Impressum Datenschutzerklärung

Abbildung 5.8: Beispielübersicht Bereich Büroarbeit

Jeder Raum verfügt über eine einzigartige Raum-ID, welche systemintern automatisiert vergeben wird. Weiterhin erfolgt die Anzeige der Raumbezeichnung, der Fläche und die Personenbelegung des Raumes, sowie eine kurze Beschreibung. Ebenso lassen sich Büroräume, welche nach Fertigstellung des SP vom System hinzugefügt worden sind, vorfinden. Im nächsten Schritt werden innerhalb der EAL Geräte ergänzt. Ähnlich des RBP sind diese für vom System erstellte Räume bereits vorhanden, beispielsweise zugehörige Hardware für IT-Ausstattungen. Vorhandene Einträge können bearbeitet bzw. neue Einträge der Liste angefügt werden. Geräte werden zudem mit Räumen verknüpft, woraus sich Eigenschaften ableiten lassen. Räume, denen beispielsweise schwingungsstarke Großmaschinen zugewiesen wurden, erfordern eine schwingungsdämpfende Ausstattung, wohingegen chemische Labore einen speziellen Abfluss für verwendete Stoffe benötigen. Diese Eigenschaften finden sich im nächsten und letzten Schritt des Assistenzmodus, dem RB wieder.

Räume sind ähnlich des RBP in einer listenartigen Struktur untereinander angeordnet, bei Auswahl erscheinen zusätzlich Eigenschaften bzw. Attribute eines Raumes. Abhängigkeiten durch verknüpfte Geräte sind bereits aufgeführt, weitere können durch Auswahl aus einer kategorisierten Liste hinzugefügt werden.

Sind alle erforderlichen Eingaben vom Nutzer getätigt, erhält dieser eine zusammengefasste Übersicht der eingegebenen Informationen von Räumen und Geräten mit entsprechenden Kosten.

5.4 Mock-up Version 3 - Figma

Nach Vorlage des Mock-ups in der zweiten Version wurde Rücksprache mit der BA gehalten und Feedback ausgetauscht. Die entwickelte Gestaltungslösung stellte sich als ungenügend heraus. Zentraler Kritikpunkt war unter anderem der lineare Aufbau des geführten Assistenzmodus. Dieser soll den Nutzer anleiten und während der Aufnahme von Informationen unterstützen, ihn jedoch nicht in seiner Freiheit und der damit verbundenen Abfolge von Eingaben einschränken. Als Folge wurden aufgestellte Nutzungsanforderungen überarbeitet bzw. neu hinzugefügt. Falsch aufgestellte und nicht zutreffende Nutzungsanforderungen ergaben sich nach Analyse von Gesprächen und den Ergebnissen, vor allem durch falsche und unzureichend gestellte Fragen.

Mit der Gestaltungslösung auf Basis der aktualisierten und neu aufgestellten Anforderungen, Abbildung 5.9 zu entnehmen, wurde das Problem der Linearität gelöst.

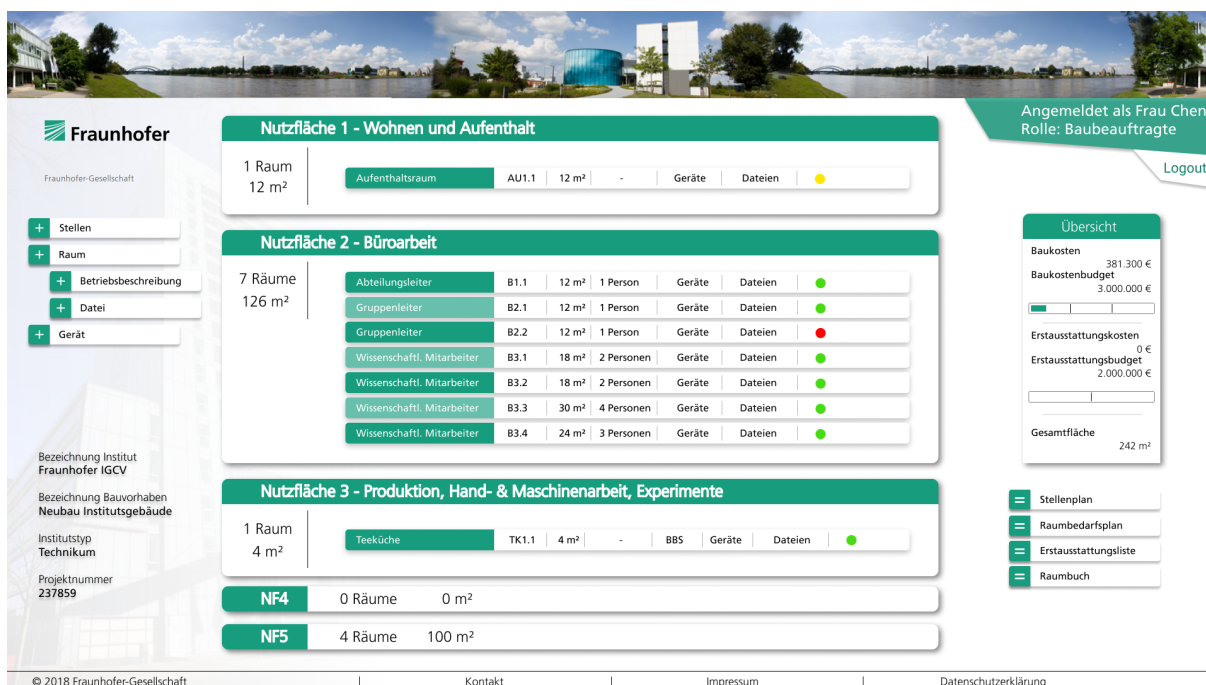


Abbildung 5.9: Hauptmenü Mock-up Version 3

Der Nutzer kann mit Hilfe der Buttons auf der linken Seite entscheiden, wann Stellen, Geräte oder ähnliches hinzugefügt werden sollen. Weiterhin sind Pläne wie RBP oder EAL nicht mehr einzelne Eingabeschritte, sondern die Namen der Ausgabedokumente.

Neben funktionalen Änderungen wurde im gleichen Iterationsschritt das Design angepasst. Die Einteilung von Flächen bzw. Räumen in Nutzungsflächen erfolgt weiterhin, jedoch sind vorhandene Räume innerhalb eines Bereiches bereits in der Hauptansicht aufgelistet sichtbar. Zur Förderung der Übersichtlichkeit, können diese zudem ein- und ausgeklappt werden.

Am rechten Rand befindet sich nach wie vor eine Kosten- bzw. Gesamtflächenübersicht.

Diese wurde jedoch überarbeitet und verfügt über eine grafische Repräsentation der aktuellen Kosten. Hilfestellungen, welche sich vorher unterhalb der Kosten befanden, erhält der Nutzer am linken unteren Rand. Ergänzt werden diese durch eingeblendete Hilfstexte, sollte mit dem Cursor über spezifische Elemente navigiert werden.

Zur Darstellung der unterschiedlichen Menüs des dritten Mock-ups wurden verschiedene Prinzipien der Gestaltung angewandt. Als Gestaltgesetze bekannt, sind diese Bestandteil der Gestaltpsychologie und finden vielfältige Anwendung in Bereichen des Designs. Das Gesetz der gemeinsamen Region, welches Elemente innerhalb eines abgegrenzten Bereichs beschreibt, lässt sich beispielsweise in der Einteilung der Nutzungsbereiche vorfinden. Einzelne Bereiche und dazu gehörige Räume, siehe Abbildung 5.9, sind eingerahmt, wodurch für den Nutzer sofort die Zugehörigkeit eines Raumes erkenntlich ist. Letztere sind zusätzlich mit weiteren Infos wie Fläche und Personenbelegung eingegrenzt.[Bra14]

Neben der gemeinsamen Region wurde zudem das Gesetz der Erfahrung berücksichtigt. Der aktuelle Bearbeitungsstatus eines Raumes wird über ein Ampelsystem dargestellt. Dieses orientiert sich an Ampeln des Straßenverkehrs, wobei die Farben den Stand des jeweiligen Raumes reflektieren. Rot als Ausgangsfarbe spiegelt den Status „Bearbeitung unvollständig“ wider. Informationen müssen noch eingetragen werden und vom Nutzer bestätigt werden. Sind diese eingetragen und der BB hat seine Eingaben bestätigt, wechselt das System auf die Farbe gelb. Die BA muss im nächsten Schritt die vom BB eingegebenen Informationen abnehmen oder, bei Fehlern bzw. einer unzureichenden Menge an Eingaben, eine Rückmeldung mit Hilfe des Systems veranlassen. Im ersten Fall wechselt das Ampelsystem auf grün und die Entwurfsplanung für den Raum ist damit abgeschlossen. Im zweiten Fall wird auf rot gewechselt, der BB erhält eine entsprechende Meldung und muss den Raum überarbeiten.[Bra14]

Als zusätzliche Besonderheit erhält der Nutzer nach Start des Assistenzmodus eine Raumübersicht abhängig vom Institutstyp, ein Beispiel in Form eines chemischen Labors ist Abbildung 5.10 zu entnehmen.



Abbildung 5.10: Raumvorschlag in Abhängigkeit des Institutstyps

Forschungseinrichtungen mit Fokus im biologischen oder chemischen Sektor haben dementsprechend eine differenzierte Vorauswahl an Räumen, als Institute mit Schwerpunkt der Fabrikautomatisierung.

6 Website

Basierend auf dem Mock-up in der Version 3, siehe Abschnitt 5.4, erfolgte die Umsetzung eines Prototypen des Assistenzsystems mit Hilfe verschiedener Frameworks bzw. Bibliotheken. Eine Übersicht ist Abbildung 6.1 zu entnehmen. In den folgenden Abschnitten werden diese in Kurzform vorgestellt. Im Anschluss folgt eine Erläuterung über Besonderheiten des Prototypen und aufgetretene Probleme bzw. Hindernisse während der Entwicklung.



Abbildung 6.1: Symbolübersicht der verwendeten Tools

6.1 Angular und Angular Command Line Interface

Für die Erstellung der Website wurde das Framework Angular in der Version 7 [Flu18] in Verbindung mit Angular CLI [Gooa] verwendet. Letzteres ist ein Command Line Interface, kurz CLI, welches diverse Funktionen zur Initialisierung, Entwicklung und Verwaltung von Angular-Projekten bereitstellt. Neue Projekte werden mit einheitlicher Struktur angelegt und Komponenten mit erforderlichen Dateien erstellt. Weiterhin können Änderungen am Programmcode unmittelbar angezeigt werden. Dies geschieht durch Nutzung eines lokalen Servers und dem automatischen Neuladen der Website, nachdem der Quellcode verändert wurde [Mül16].

Angular selbst basiert auf TypeScript [Mic], welches wiederum ein Superset von JavaScript darstellt. Angulares Ansatz gliedert eine Website in mehrere einzelne Komponenten. Als Resultat muss die Seite bei Änderungen nicht vollständig neu geladen werden, sondern nur die Komponenten, mit geänderten oder neuen Inhalten [Goob].

6.2 Bootstrap

Das Bootstrap-Framework, in der vorliegenden Arbeit mit Version 4 [Ott18] genutzt, beinhaltet diverse Gestaltungsvorlagen für Oberflächenelemente, wie Buttons, Tabellen oder Eingabefelder. Mit Hilfe eines Grid-Systems unterteilt Bootstrap Oberflächen in bis zu zwölf Spalten, bei denen nach Bedarf die Abstände angepasst werden können, um eine schnelle und einfache Platzierung von Elementen zu ermöglichen. Einzelne Spalten können erneut geteilt und dadurch geschachtelt werden. Durch die responsive Implementierung

der Elemente, passen sich diese dem zur Verfügung stehenden Fensterausschnitt an und ermöglichen eine dem Endgerät angepasste Darstellung [Boo].

6.3 Font Awesome

Font Awesome, siehe Abbildung 6.1c, ist eine Bibliothek mit derzeit über 4.000 Icons [Fon]. In der freien Version sind mehr als tausend Symbole verfügbar und können mit Hilfe von bereits definierten Optionen schnell in ihrer Größe verändert werden. Enthalten ist zudem eine Rotationsfunktion, um beispielsweise Ladeanimationen darzustellen.

6.4 Praktische Umsetzung

Das finale Design, welches die Grundlage zur Evaluierung in Kapitel 7 bildet, ist in Abbildung 6.2 dargestellt. Bei der Entwicklung wurde darauf geachtet, das vorhandene Design des Mock-ups möglichst genau umzusetzen. Kleinere Änderungen, wie dem Wegfall des „Dateien“-Reiters der Räume resultierten im Entstehungsprozess unter anderem daraus, dass diese Funktionen zur Evaluierung des Prototypen nicht relevant sind und der Fokus auf andere Kernfunktionen gelegt werden konnte. Die Anbindung an einen Server wurde ebenso in Betracht gezogen, allerdings wurde die Idee im weiteren Verlauf der Entwicklung verworfen, da der benötigte Aufwand nicht in Relation zum Nutzen gestanden hätte und die lokale Bereitstellung der Website für Probanden problemlos möglich war.

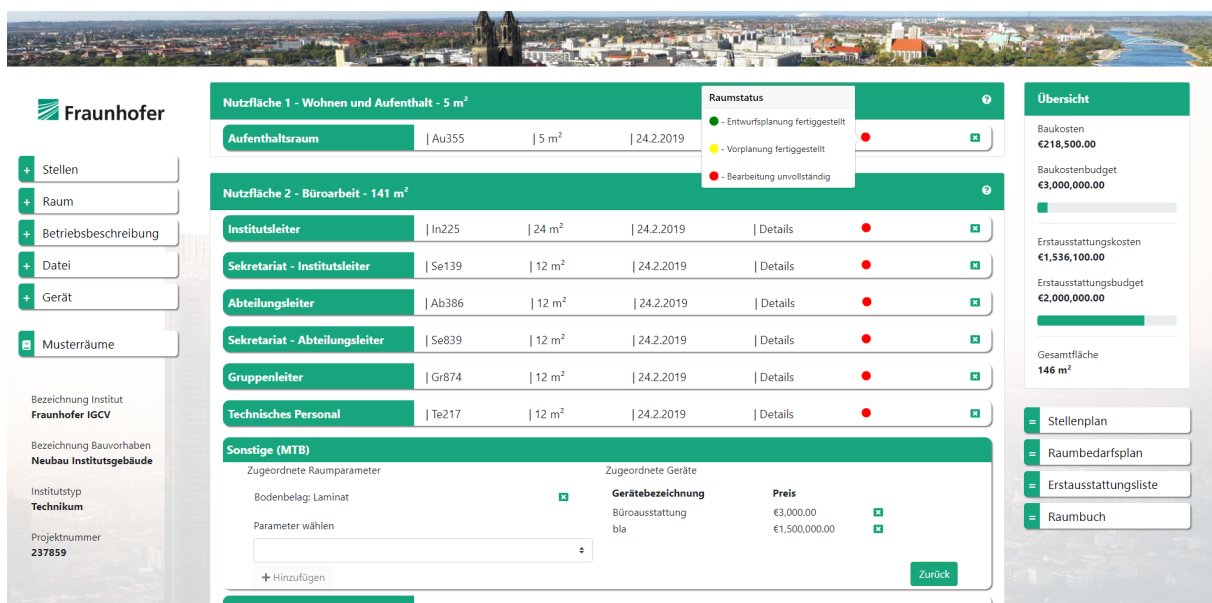


Abbildung 6.2: Aussehen der evaluierten Website

6.4.1 Besonderheiten

Die in Kapitel 5 beschriebenen Funktionen zur Unterstützung des Nutzers sind mit wenigen Ausnahmen vollständig umgesetzt worden. So besteht die Möglichkeit sich Büroräume aus hinzugefügten Stellen automatisch generieren zu lassen. Zudem wird beispielhaft ab zehn Stellen automatisiert ein Aufenthaltsraum angelegt. Die erstellten Räume werden systemseitig mit einer entsprechenden Fläche und eindeutigen IDs versehen. Für Ersteres ist eine Berechnungsvorschrift hinterlegt, die abhängig von der jeweiligen Stelle eine zugeordnete Fläche als Rückgabe liefert. Werden zum Beispiel die Stellen um einen Institutsleiter und Wissenschaftlichen Mitarbeiter erweitert, werden den Büros 24 bzw. 12 m² zugewiesen.

Eine ID resultiert aus den ersten zwei Buchstaben des Raumnamens, im Falle der vom System erstellten Büros der Name der Stellenbezeichnung, und einer zufällig generierten Zahl zwischen einem Minimal- und Maximalwert. Die Methode ist folgendem Listing 6.1 zu entnehmen:

```
getID(name: string) {
  this.newId = name.substring(0, 2) + Math.floor(Math.random() * (this.max - this.min) + this.min);
  if (this.idList.includes(this.newId)) {
    this.getID(name);
  } else {
    this.idList.push(this.newId);
    return this.newId;
  }
}
```

Listing 6.1: Methode für ID-Vergabe

Sind Stellen und Büroräume erstellt, besteht die Möglichkeit weitere Räume hinzuzufügen. Der Nutzer hat die Wahl zwischen dem Import von Musterräumen, welche bereits im System vorhanden sind und über definierte Parameter verfügen, oder dem Anlegen eigener Räume. Importierte und eigens erstellte Räume können ebenso angepasst werden, wie generierte Büroräume. Fläche und Namen eines Raumes lassen sich durch Anklicken und Eingabe der gewünschten neuen Bezeichnung bzw. Größe in kurzer Zeit ändern. In den Details eines Raumes befindet sich einerseits eine Übersicht über zugewiesene Parameter, wie Deckenhöhe und Fußbodenbelag, welche diesen näher beschreiben. Andererseits ist eine Liste mit zugeordneten Geräten und dem jeweiligen Preis vorhanden. Zusätzliche Geräte können über den Geräte-Button auf der linken Bildschirmseite hinzugefügt werden. Die im Mock-up bereits dargestellte Kostenübersicht ist ebenfalls übernommen worden. Wird ein Projekt um Räume erweitert, erhöhen sich Baukosten dementsprechend. Der Wert basiert auf der Anzahl der Quadratmeter, multipliziert mit einem Kostenwert, welcher abhängig vom Nutzungsbereich ist. Werden Räume in ihrer Größe verändert, passen sich Baukosten automatisch an. In gleicher Weise fließen Geräte in die Erstausrüstungskosten ein und erhöhen bzw. verringern diesen Wert, abhängig davon ob Geräte hinzugefügt, entfernt oder im Preis angepasst werden.

Die Ausgabe von gewünschten Plänen, in denen Daten in bestimmter Formatierung angezeigt werden, ist auf der rechten Seite der Website möglich. Funktionell hinterlegt ist im Prototypen allerdings nur die Anzeige des Stellenplans.

6.4.2 Schwierigkeiten bzw. aufgetretene Probleme

Als größtes Hindernis sind die zu Beginn der Programmierung fehlenden Kenntnisse in Typescript bzw. Angular zu nennen. Diese wurden sich durch Nutzung von Tutorials stetig angeeignet und konnten im Verlauf des Entwicklungsprozesses angewandt werden. Positiv hervorzuheben ist jedoch, dass durch die im Vorhinein gestalteten Mock-ups bereits eine Designgrundlage vorhanden war und sich an dieser orientiert werden konnte. Um möglichst nah an der Vorlage zu bleiben, floss ein hoher Anteil der benötigten Zeit jedoch in die Gestaltung der Website mit *Hypertext Markup Language* (HTML) bzw. *Cascading Style Sheets* (CSS) ein. Besonders Zweites bereitete Probleme, da sich bei Änderung der Zoomstufen oder dem Ändern der Fenstergröße des benutzten Browsers, Layouts verschieben und ineinander hereinragen. Die Behebung der sich anhäufenden Layout-Probleme wurden allerdings mit geringer Priorität eingestuft, da es sich nur um einen Prototypen handelt und dieser auf nur einem Endgerät laufen muss, auf welchem die Zoomstufe nicht verändert wird.

7 Evaluierung

Der im vorhergehenden Kapitel beschriebene Prototyp wird in den folgenden drei Abschnitten anhand unterschiedlicher Methoden evaluiert, welche sich wie folgt gliedern: im ersten Schritt erfolgt die Evaluierung anhand des Usability-Begriffs bzw. der Gebrauchstauglichkeit, daraufhin durch die zuvor aufgestellten Nutzungsanforderungen und zuletzt mit Hilfe von Dialogprinzipien nach *DIN ISO 9241-110* [DIN08].

7.1 Evaluierung anhand Usability-Begriffs

In Abschnitt 2.3 bereits erläutert, definiert sich Gebrauchstauglichkeit nach *DIN ISO 9241-11* durch die Faktoren Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung [DIN99]. Im Rahmen eines Usability-Tests mit 21 Probanden wurden diese drei Faktoren überprüft und protokolliert. Um eine gewisse Disparität vorweisen zu können, sind sowohl Testpersonen mit Vorwissen aus den Prozessen der Anforderungsaufnahme als auch ohne diesem ausgewählt worden. Dabei gestaltete sich der Ablauf wie folgt: allen Probanden wurde eine identische Aufgabenstellung mit elf Teilaufgaben vorgelegt, welche Abbildung A.1 im Anhang zu entnehmen ist. Ohne eine Einweisung in den Prototypen zu geben, wurden die Nutzer gebeten, die ihnen gestellten Aufgaben mit Hilfe der Website zu lösen. Die Bearbeitung wurde parallel dazu zeit- und inhaltlich protokolliert und Probleme, die während der Nutzung auftraten, notiert. Nach Abarbeitung der Aufgaben erfolgte eine kurze Befragung der Probanden, um festzustellen, an welchen Stellen es Probleme gab, wo mehr Hinweise geholfen hätten und wie zufrieden sie mit dem System sind.

Die Effektivität wurde daran gemessen, ob alle Aufgaben korrekt und vollständig abgearbeitet wurden. Zur Messung der Effizienz ist, wie bereits angedeutet, die Zeit aufgezeichnet worden, wohingegen die Zufriedenstellung anhand einer Skala von eins bis zehn ermittelt wurde. Den subjektiven Wert konnten die Probanden nach finale Bearbeitung und der anschließenden Befragung frei wählen.

Wie in Abbildung 7.1 dargestellt, haben 14 von 21 Probanden ihre Aufgaben korrekt und vollständig abgearbeitet.

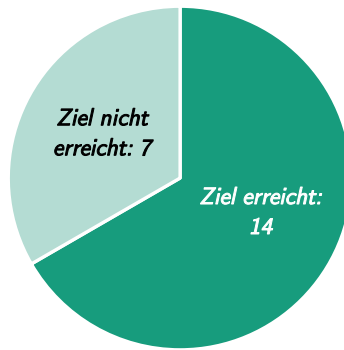


Abbildung 7.1: Effektivität des Systems

In den Fällen der restlichen sieben Probanden konnte das Ziel nicht vollständig erreicht werden. An dieser Stelle sollte jedoch angemerkt werden, dass der Fehler -mit Ausnahme einer Person- bei allen Nutzern in einer falschen Zuweisung der Nutzungsfläche bestand. Dieser Fehler kann als marginal eingestuft und in der Praxis durch einfache Neuzuweisung behoben werden. Bei zuvor genannter Einzelperson sind falsche bzw. zu wenige Stellen hinzugefügt, Räume falsch erstellt sowie benannt worden. Da diese Probleme bei nur einer Person auftraten, kann hier von einer Ausnahme gesprochen werden. Daraus schlussfolgernd kann der Prototyp als effektiv eingestuft werden.

In Abbildung 7.2 dargestellt, sind die Ergebnisse der Effizienzmessung.

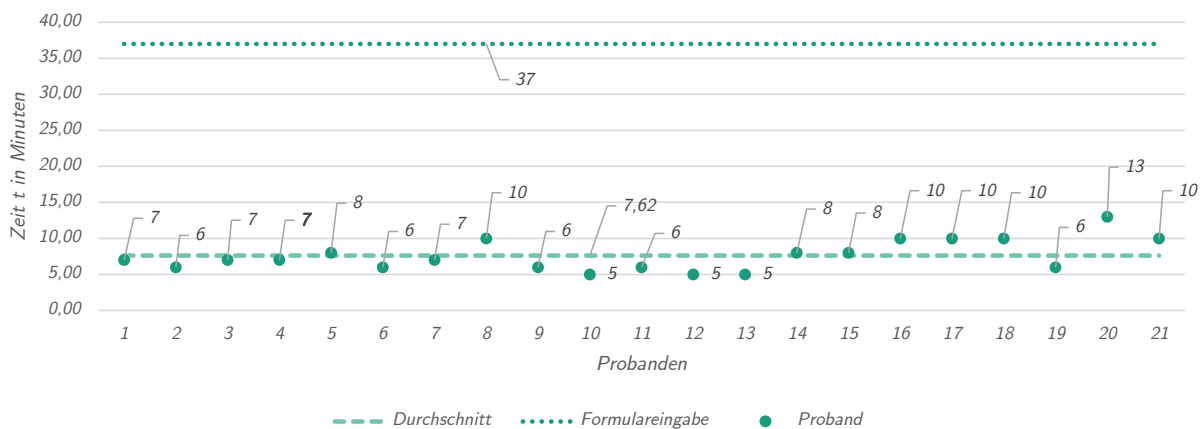


Abbildung 7.2: Effizienz des Systems

Wie aus der Grafik ersichtlich ist, haben die Probanden durchschnittlich 7,62 Minuten zur Bearbeitung gebraucht. Bis auf eine Person, bei welcher die korrekte Erfüllung dreizehn Minuten dauerte, liegt die minimale Zeit bei fünf, die maximale bei zehn Minuten. Um einen Vergleichswert zur derzeit benutzten Methode der Bestandsaufnahme bzw. Erstellung von Raumplänen zu haben, sind einmalig Formulare, die im Excelformat vorliegen, für jeden Raum ausgefüllt und benötigte Parameter hinzugefügt worden. Mit 37 Minuten befindet sich das händische Ausfüllen mit Hilfe von Formularen weit oberhalb der durchschnittlichen Zeit. Somit ergibt sich eine Effizienzsteigerung in Bezug zur Zeit von 4,85.

Wie eingangs erläutert, wurde neben Effektivität und Effizienz, die Zufriedenstellung der einzelnen Probanden getestet. Die Resultate sind folgender Abbildung 7.3 zu entnehmen.

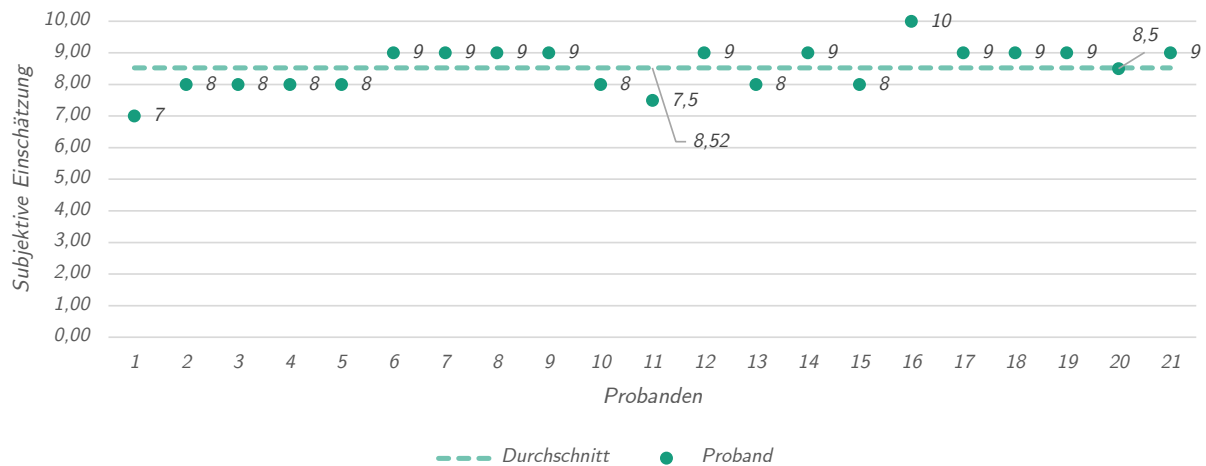


Abbildung 7.3: Zufriedenstellung der Probanden

Im Durchschnitt erreicht der Prototyp auf einer Skala von eins bis zehn somit einen Wert von 8,52. Die kleinste vergebene Wertung ist mit sieben nur einmal vertreten, ebenso die maximal größtmögliche von zehn. Auch im Falle der zuvor genannten Einzelperson, welche eine Vielzahl von Fehlern während der Benutzung getätigt hat, ist die Website mit einer positiven Wertung von neun gewichtet worden. Ableitend daraus ist der Prototyp als für den Nutzer zufriedenstellend einzustufen. Trotz einer vergleichsweise hohen Bewertung, hatten befragte Probanden eine Vielzahl an Anmerkungen. Die am häufigst genannten Antworten sind in Abbildung 7.4 zusammengefasst worden.

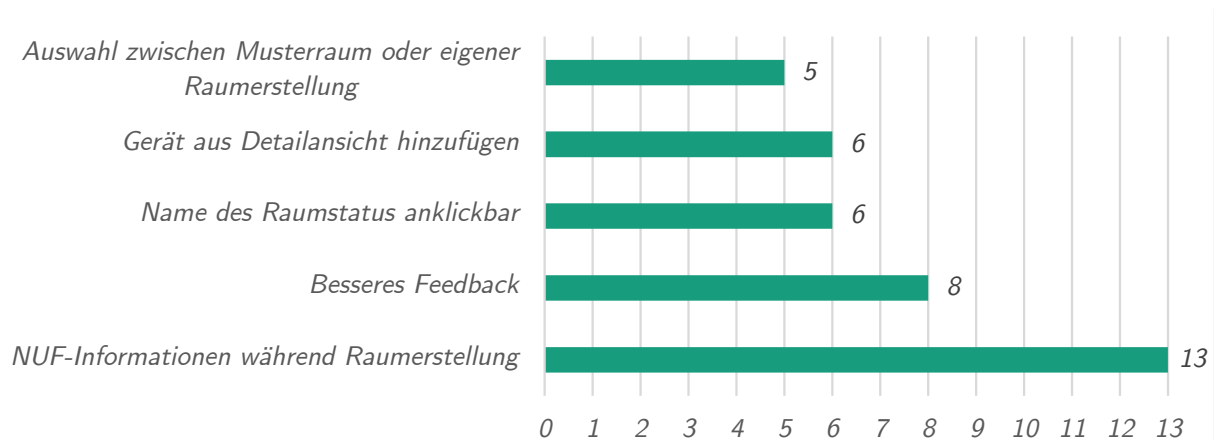


Abbildung 7.4: Häufigste Anmerkungen der Probanden

Dreizehn der befragten Probanden gaben an, dass weitere Informationen bzw. Aufschlüsselungen zu den einzelnen Nutzflächenbereichen die Einordnung der Räume in die entsprechenden Kategorien vereinfacht hätten. Es fiel den Nutzern schwer, nur anhand der Kurzbezeichnungen die richtige Entscheidung zu treffen bzw. war es unklar, wofür die

Bezeichnungen standen und ob eine Kategorisierung überhaupt nötig ist. In acht Fällen wurde sich besseres Feedback an diversen Stellen gewünscht. Für hinzugefügte Räume sowie Geräte ist im Prototypen keine Rückmeldung vorhanden, woraus nicht ersichtlich ist, ob nach Bestätigen des Dialogs ein Raum oder Gerät letztendlich eingefügt wurde. Weiterhin erscheint während dem Hinzufügen von Räumen aus der Musterraumseite heraus nur ein einzelnes Pop-up, welches sich auch nach mehrmaligen Hinzufügen nicht verändert. Entweder müsste sich dieses nach jeder Ergänzung eines Raumes neu öffnen oder für jeden Vorgang ein neues Pop-up erscheinen. Fünf der befragten Nutzer empfanden es ebenso also hilfreich, während des Raumhinzufügens eine Liste der Musterräume zur Verfügung zu haben, anstatt umständlich zu genannten Musterräumen navigieren zu müssen. In einem ähnlichen Kontext würden es sechs Nutzer als hilfreich empfinden, Geräte aus der Detailseite eines Raumes heraus hinzufügen zu können, ohne vorher den Gerätedialog zu starten und den Raum auswählen zu müssen. In sechs weiteren Fällen hätte es die Benutzung vereinfacht, wenn der Raumstatus sich neben der Auswahl des Farbkreises auch nach dem Anklicken der Statusbezeichnung ändern würde.

7.2 Evaluierung anhand Nutzungsanforderungen

Für die zweite Methode der Evaluierung werden, wie einleitend in diesem Kapitel bereits erwähnt, die aufgestellten Nutzungsanforderungen herangezogen, welche sich der Tabelle A.1 im Anhang entnehmen lassen. Mit Ausnahme von zwei Anforderungen sind diese erfüllt. Es lassen sich sowohl Stellen und Räume, als auch Geräte einem Projekt hinzufügen. Letztere können bzw. müssen einem bereits erstellten Raum wie gefordert zugewiesen werden. Einem Raum können zwar mehrere Geräte zugewiesen werden, jedoch ist ein Gerät immer nur einem Raum zugeordnet. Weiterhin lassen sich Räume mit Parametern versehen und der Nutzer hat stets eine Übersicht über aktuelle Kosten, welche in Bau- und Erstausrüstungskosten getrennt sind. Standardräume wie Büroflächen werden auf Wunsch automatisch erstellt und erhalten bereits standardisierte Parameter. Einzig die Rahmenbedingung „Drag and Drop“ konnte für den Prototypen aus zeitlichem Mangel nicht umgesetzt werden.

Die zwei zuvor genannten nicht enthaltenen Nutzungsanforderungen sind einerseits „BBS hinzufügen“ und „Dateien hochladen“. Beide Anforderungen sind aus zeitlichen Gründen und geringer Priorität nicht im Prototypen enthalten. Somit sind neun Kernanforderungen vorhanden, wobei die zusätzliche Integration der verbleibenden Nutzungsanforderungen in der Zukunft kein Problem darstellt.

7.3 Evaluierung anhand Dialogprinzipien

Die in Abschnitt 2.4 erläuterten Dialogprinzipien werden im Folgenden als letzte Evaluierungsmethode herangezogen.

Das Prinzip der *Aufgabenangemessenheit* erfüllt der Prototyp in den meisten Belangen. Unterstützung erhält der Nutzer an unterschiedlichen Positionen der Bearbeitung im System. So sind die Bezeichnungen der hinzufügbaren Stellen bereits vorhanden und es muss nur die jeweilige Anzahl angegeben werden. Weiterhin werden auf Wunsch bereits passende Büroräume der gewählten Stellen mit standardisierten Parametern automatisch generiert. Räume, welche häufig in diversen Projekten auftreten, können über eine Muster-raumbibliothek in kürzester Zeit importiert werden.

Kritisiert werden muss jedoch, dass Letztere nicht wie die vom Nutzer eigens erstellte Räume aus der Hauptübersicht hinzugefügt werden können, sondern bisher nur von einer Unterseite heraus erfolgt. Dies trifft in einem ähnlichen Szenario auf Geräte zu, welche nicht aus der Detailansicht eines Raumes heraus ergänzt werden können. Zudem muss beanstandet werden, dass es im Prototypen nicht möglich ist, die zugewiesene Nutzungsflächenkategorie eines Raumes zu ändern. Im Stand des evaluierten Prototypen besteht der Zwang, den Raum mit der richtigen Kategorie neu zu erstellen.

Das zweite Prinzip der *Selbstbeschreibungsfähigkeit* ist, abzuleiten aus den Ergebnissen von Abschnitt 7.1, nur mit Einschränkungen gänzlich erfüllt. Zwar sind Hilfsfunktionen wie Aufschlüsselungen über Nutzflächen vorhanden und sämtliche Dialoge und Funktionen sind darauf ausgelegt, ohne externe Handbücher nutzbar zu sein; jedoch ist beispielsweise während des Raumhinzufügens keine weitere Erläuterung der Kategorien vorhanden, bzw. enthält die Auswahlliste nur abgekürzte Bezeichnungen im Format NUFx. Weiterhin fehlt bzw. muss das Feedback für erstellte Räume und Geräte besser realisiert werden, um den Nutzer jederzeit in Kenntnis darüber zu lassen, welche genauen Ergebnisse seine Interaktionen mit dem System liefern.

Erwartungskonform ist das System mit Ausnahme einer Funktion. Während sich nach Auswahl von Räumen oder Geräten auf der linken Seite Pop-ups mit entsprechenden Dialogen zum Hinzufügen öffnen, leitet die Auswahl von Stellen den Nutzer auf eine neue Seite weiter. Dies kann den Erwartungen des Benutzers entgegenwirken und muss in zukünftigen Versionen homogenisiert werden. Abseits dessen sind Hilfsfunktionen korrekt hinterlegt und Dialogoptionen spiegeln entsprechende Funktionen, die der Nutzer erwarten würde, wider.

Das Prinzip der *Lernförderlichkeit* ist nur bedingt erfüllt. Dies liegt jedoch darin begründet, dass die systemeigene Lernkurve bzw. deren obere Grenze als gering einzustufen ist. Es besteht aus diesem Grund keine Notwendigkeit den Nutzer während des Lernvorgangs zu unterstützen. Im Gegenteil, es würde das System an vielen Stellen überfrachten.

Bedingt erfüllt wird das Dialogprinzip der *Steuerbarkeit*. Dem Nutzer steht es frei in welcher Reihenfolge er Räume oder Stellen hinzugefügt. Für Geräte oder Raumparameter müssen

jedoch zuerst Räume existieren, denen diese zugewiesen werden können. Allerdings ist dies intentionell programmiert worden, um keine unzugewiesenen Geräte oder Parameter im Projekt zu haben. Weiterhin können Namen und andere Eingaben für neue Geräte und Räume eingegeben werden, jedoch werden diese erst mit Betätigen des entsprechenden Buttons erstellt. Somit hat der Nutzer Zeit, seine Eingaben zu überarbeiten und ggf. anzupassen.

Das vorletzte Prinzip der *Fehlertoleranz* wird vom System vollständig umgesetzt. So kann beispielsweise keine negative Stellenanzahl angegeben werden. Weiter ist es nicht möglich, für Flächen Buchstaben oder Zeichen einzugeben und der Nutzer erhält eine Meldung, dass nur die Eingabe von Zahlen erlaubt ist. Felder, welche notwendig zur weiteren Bearbeitung sind, werden vom System hervorgehoben, sollten diese unausgefüllt bleiben. Zudem ist es nicht möglich, Räume zu einem anderen Nutzungsbereich als den vorgegebenen hinzuzufügen. Ähnliches gilt für Geräte und Parameter, Erstere können wie zuvor bereits erwähnt nur vorhandenen Räumen zugewiesen werden. Für Parameter ist dies ebenso der Fall, zusätzlich können diese nicht doppelt hinzugefügt werden.

Individualisierbarkeit, als letztes Prinzip, ist nur in sehr geringem Maße realisiert. Dies liegt vor allem darin begründet, dass das evaluierte System nur einen Prototypen darstellt. Für diesen existiert beispielsweise nur ein Farbschema, welches sich am Corporate Design der *Fraunhofer-Gesellschaft* orientiert. Aspekte, die eine Individualisierung in Grundzügen erkennen lassen, sind die Möglichkeiten Informationen auszublenden. So können einerseits Nutzflächenbereiche getrennt voneinander auf- bzw. zugeklappt werden und andererseits ist es möglich, die Kosten- bzw. Budget- und Flächenanzeige am rechten Bildschirmrand einzuklappen.

7.4 Fazit

In allen drei Fällen der Evaluationsmethoden zeichnet sich ein ähnliches Resultat ab. Die Befragung am Ende der Usabilitymethode erbrachte das Ergebnis, dass die 21 Probanden auf einer Skala von eins bis zehn eine durchschnittliche Wertung von 8,52 vergaben. Es wurden einige Anmerkungen zur Verbesserung des Systems genannt und in 14 Fällen wurden alle Aufgaben korrekt und vollständig abgearbeitet. Lässt man die in fünf weiteren Fällen zu vernachlässigende falsche Kategorisierung außer Acht, beläuft sich die Zahl auf 20. Dementsprechend hat nur ein Proband das Aufgabenziel nicht erreicht. Im weiteren Verlauf zeigte sich zudem eine Steigerung der Effizienz um den Faktor 4.85, weswegen sich aus genannten Gründen das System bzw. der Prototyp aus Sicht der Usability als gut bewerten lässt.

Ein vergleichbares Resultat erbringt die Analyse mit Hilfe aufgestellter Nutzungsanforderungen. Neun Nutzungsanforderungen, welche die Kernfunktionen widerspiegeln, sind nahezu vollständig umgesetzt worden, mit Ausnahme einer Rahmenbedingung. Fehlende

Anforderungen können allerdings zeitnah implementiert werden, woraus sich eine Gesamtwertung ähnlich der Usabilitymethode ableiten lässt.

Die Ergebnisse der dritten Methode bestätigen zuvor beschriebene Bewertungen in vergleichbarer Weise, jedoch sind innerhalb diverser Dialogprinzipien Abstriche zu machen. Einerseits dadurch bedingt, dass es sich nur um einen Prototypen handelt und andererseits, dass nicht alle Prinzipien eine sinnvolle Anwendung finden. Als Beispiel sei an dieser Stelle das Prinzip der *Individualisierung* genannt.

8 Zusammenfassung

Wie im Grundlagenteil der vorliegenden Arbeit bereits erläutert, ist der Digitalisierungsfortschritt der Baubranche in Deutschland als verhältnismäßig gering herausgestellt worden. Ein Bereich, in welcher die Digitalisierung eine große Rolle spielen kann, ist die der Anforderungsaufnahme, in welchen sich thematisch die Arbeit eingliedern lässt. Durch Gespräche mit Verantwortlichen innerhalb der *Fraunhofer-Gesellschaft* sind Nutzungsanforderungen an ein zukünftiges Assistenzsystem entstanden, welches Informationen verarbeiten, optimal darstellen und Empfehlungen für Räume und weitere Daten geben soll. Aus genannten Anforderungen entstand innerhalb mehrerer Iterationsschritte ein finales Mock-up, welches im weiteren Verlauf der Arbeit die Grundlage für einen webbasierten Prototypen lieferte. Dieser wurde daraufhin anhand des Usability-Begriffs, der aufgestellten Nutzungsanforderungen und den Dialogprinzipien nach *DIN ISO 9241-110* erfolgreich evaluiert. Effektivität bzw. Effizienz wurden herausgestellt und befragte Probanden besaßen eine durchgehend zufriedenstellende Haltung gegenüber dem System. Anzumerken ist jedoch, dass die Ergebnisse statistisch als nicht repräsentativ einzustufen sind. Es konnten im Zeitraum der Bearbeitung nur 21 Probanden befragt werden, mit einer größeren Anzahl könnten sich daraus folgernd alternative und detailliertere Ergebnisse ableiten lassen. Die eingangs der Arbeit erläuterte Zielstellung kann jedoch nach zusammenfassender Betrachtung als erfolgreich bearbeitet angesehen werden.

Aufbauend auf den vorgestellten Ergebnissen ist es möglich, das evaluierte System nicht nur spezifisch innerhalb der *Fraunhofer-Gesellschaft* einzusetzen. Eine Implementierung für allgemeine Anforderungsaufnahmen von Bauprojekten ist ebenso denkbar. Der Fokus der erstellten Website lag in der vorliegenden Arbeit auf Usability, denkbar wäre jedoch für zukünftige Arbeiten die Betrachtung und Evaluierung anhand der zehn Thesen des guten Produktdesigns nach Dieter Rams [Vit]. Zudem ist es möglich, das System zu erweitern und für zusätzliche Nutzergruppen zur Verfügung zu stellen. Eine Implementierung auf alternativen, mobilen Endgeräten wie Tablets bietet sich neben Notebooks sinnvollerweise an. Die Einbeziehung von beeinträchtigten Personen mit Farbsehschwächen ist ebenso denkbar, wie die Eingabe mit Hilfe einer Sprachsteuerung.

Literaturverzeichnis

- [Ado] Adobe. *Adobe XD*. <https://www.adobe.com/de/products/xd.html>. [zuletzt aufgerufen 10.11.2018].
- [AG] Wienerberger AG. *Factsheet*. URL: <https://wienerberger.com/de/download/wienerberger-ag-unternehmenspr%C3%A4sentation.pdf>. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].
- [Aut] Autodesk. *Überblick*. <https://www.autodesk.de/solutions/bim/overview>. [zuletzt aufgerufen 07.11.2018].
- [Bal] Balsamiq. *Balsamiq*. <https://balsamiq.com/>. [zuletzt aufgerufen 10.11.2018].
- [Bit17] Autodesk Bitkom Research. *Welche Herausforderungen bestehen in Ihrem Unternehmen im Rahmen der Digitalisierung von Entwicklungsprozessen?* zitiert nach de.statista.com. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/785364/umfrage/herausforderungen-fuer-unternehmen-bei-der-digitalisierung-von-entwicklungsprozessen/>. Nov. 2017. [zuletzt aufgerufen 17.11.2018].
- [Boo] Bootstrap. *Bootstrap Grid system*. <https://getbootstrap.com/docs/4.1/layout/grid/>. [zuletzt aufgerufen 12.11.2018].
- [Boo13] Bootstrap. *Logo of the Bootstrap library*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bootstrap_logo.svg. 24. März 2013. [zuletzt aufgerufen 05.11.2018].
- [Bor18] André Borrmann. *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*. Springer, 2018. ISBN: 978-3-319-92861-6.
- [Bra14] Steven Bradley. *Design Principles: Visual Perception And The Principles Of Gestalt*. <https://www.smashingmagazine.com/2014/03/design-principles-visual-perception-and-the-principles-of-gestalt/>. 29. März 2014. [zuletzt aufgerufen 19.01.2019].
- [buia] buildingSMART. *Member Directory*. URL: <https://www.buildingsmart.org/members/member-directory/>. [zuletzt aufgerufen 10.01.2019].
- [buib] buildingSMART. *Operating Vision*. URL: <https://www.buildingsmart.org/about/vision-and-mission/core-purpose/>. [zuletzt aufgerufen 10.01.2019].

- [DIH17] DIHK. *Welche Auswirkungen hat die Digitalisierung auf den Umsatz in Ihrem Unternehmen: Führt sie zu einer Erhöhung, einer Reduzierung oder gibt es keine Veränderung des Umsatzes? [nach Branchen]*. zitiert nach de.statista.com. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/814982/umfrage/umfrage-zur-auswirkung-der-digitalisierung-auf-den-umsatz-deutscher-unternehmen/>. Dez. 2017. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].
- [DIN08] ENISO DIN. „9241-110 (2006) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion–Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110: 2006), Deutsche Fassung EN ISO 9241-110: 2006“. In: *DIN Deutsches Institut für Normung eV (Hrsg), Berlin* (Sep. 2008).
- [DIN99] ENISO DIN. *DIN EN ISO 9241-11 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit; Leitsätze (ISO 9241-11:1998); Deutsche Fassung EN ISO 9241-11:1998*. Jan. 1999.
- [DIS11] ISO DIS. „9241-210: 2010. Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems“. In: *International Standardization Organization (ISO). Schweiz* (Jan. 2011).
- [Eck16] Manuel Ecker. *Usability und Usability Engineering zur Gestaltung von Lernsystemen*. Pädagogische Hochschule Weingarten, 2016, S. 11.
- [Egg+13] Martin Egger u. a. *BIM Leitfaden für Deutschland*. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-leitfaden-deu.pdf?__blob=publicationFile. 2013. [zuletzt aufgerufen 06.12.2018].
- [Fig] Figma. *Figma*. <https://www.figma.com/>. [zuletzt aufgerufen 10.11.2018].
- [Flu18] Stephen Fluin. *Version 7 of Angular - CLI Prompts, Virtual Scroll, Drag and Drop and more*. <https://blog.angular.io/version-7-of-angular-cli-prompts-virtual-scroll-drag-and-drop-and-more-c594e22e7b8c>. 18. Okt. 2018. [zuletzt aufgerufen 25.10.2018].
- [Fon] Font Awesome. *Font Awesome*. <https://fontawesome.com/>. Version 5.3.1. [zuletzt aufgerufen 24.10.2018].
- [Fon18] Font Awesome. *A logomark for Font Awesome*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Font_Awesome_logomark_blue.svg. 1. Mai 2018. [zuletzt aufgerufen 05.11.2018].
- [Gera] Usability in Germany e.V. *Impressum*. <https://www.usability-in-germany.de/impressum>. [zuletzt aufgerufen 21.11.2018].
- [Gerb] Usability in Germany e.V. *Methodenpool*. <https://www.usability-in-germany.de/methoden>. [zuletzt aufgerufen 21.11.2018].

- [Gerc] Usability in Germany e.V. *Nutzungsanforderung*. <https://www.usability-in-germany.de/definition/nutzungsanforderung>. [zuletzt aufgerufen 23.11.2018].
- [Gerd] Usability in Germany e.V. *Ziele des Vereins*. <https://www.usability-in-germany.de/ueber-ug>. [zuletzt aufgerufen 21.11.2018].
- [Gmb17] Beuth Verlag GmbH. *Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement (ISO 16739:2013)*. Apr. 2017. URL: <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-16739/263869392>. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].
- [Gooa] Google. *Angular CLI*. <https://cli.angular.io/>. Version 6.2.3. [zuletzt aufgerufen 12.11.2018].
- [Goob] Google. *Angular Features & Benefits*. <https://angular.io/features>. [zuletzt aufgerufen 12.11.2018].
- [Gooc] Google. *Google Material*. <https://material.io/design/>. [zuletzt aufgerufen 10.11.2018].
- [Goo09] Kim Goodwin. *Designing for the Digital Age: How to Create Human-Centered Products and Services*. Wiley, 2009, S. 299–307. ISBN: 978-0-470-22910-1.
- [Goo16] Google. *Angular full color logo*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Angular_full_color_logo.svg. 27. Mai 2016. [zuletzt aufgerufen 05.11.2018].
- [Ham17] Chris Hamamoto. *Figma's new icon*. <https://blog.figma.com/figmas-new-icon-49324fa00298?gi=ec33f9b54f2>. 30. März 2017. [zuletzt aufgerufen 10.11.2018].
- [Jus] Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz. *Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure - HOAI) § 34 Leistungsbild Gebäude und Innenräume*. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/hoai_2013/_34.html. [zuletzt aufgerufen 08.11.2018].
- [Lie13] Thomas Liebich. *IFC4 – the new buildingSMART Standard*. 12. März 2013. URL: http://iug.buildingsmart.org/buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART_IFC4_WhatIsNew.pdf. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].
- [Lima] Fastbrick Robotics Limited. *First full home structure built with Hadrian X*. URL: <https://www.fbr.com.au/download/upload/pages/20181114055053/20181114-first-full-home-structure-built-with-hadrian-x.pdf>. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].

- [Limb] Fastbrick Robotics Limited. *Hadrian X*. URL: <https://www.fbr.com.au/view/hadrian-x>. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].
- [Limc] Fastbrick Robotics Limited. *Hadrian X with optimised blocks*. URL: <https://www.fbr.com.au/upload/pages/20180912011630/hadrian-x-fbr-team-complete-003.jpg>. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].
- [Limd] Fastbrick Robotics Limited. *Our Story*. URL: <https://www.fbr.com.au/view/our-story>. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].
- [Low18] Thomas Lowry. *Material Design + Figma Styles = :fire:* <https://blog.figma.com/material-design-figma-styles-98a7f0e2735e>. 10. Mai 2018. [zuletzt aufgerufen 10.11.2018].
- [Mag] Landeshauptstadt Magdeburg. *VDTC*. URL: <http://www.wissenschaftshafen.de/Gegenwart/VDTC>. [zuletzt aufgerufen 29.11.2018].
- [Mic] Microsoft. *Typescript*. <http://www.typescriptlang.org/index.html>. [zuletzt aufgerufen 12.11.2018].
- [Mos13] Christian Moser. *User experience design*. Springer, 2013, S. 90–95. ISBN: 978-3-642-13363-3.
- [Mül16] David Müllerchen. *Einführung in Angular-CLI*. <https://angularjs.de/artikel/angular-cli-einfuehrung/>. 27. Sep. 2016. [zuletzt aufgerufen 12.11.2018].
- [Ott18] Mark Otto. *Bootstrap 4*. <http://blog.getbootstrap.com/2018/01/18/bootstrap-4/>. 18. Jan. 2018. [zuletzt aufgerufen 12.11.2018].
- [Sta] United States National BIM Standard. *WHAT IS A BIM?* <http://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>. [zuletzt aufgerufen 07.11.2018].
- [Sta13] International Organization for Standardization. *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*. Apr. 2013. URL: <https://www.iso.org/standard/51622.html>. [zuletzt aufgerufen 15.11.2018].
- [Sto16] Jochen Stoiber. *DIN 277: Neuauflage Januar 2016, Architektenkammer Baden-Württemberg*. 20. Mai 2016. URL: <https://www.akbw.de/service/fuer-planerinnen-und-planer/bauplanung-technik-und-baubetrieb/din-277-12016-01.html>. [zuletzt aufgerufen 29.10.2018].
- [The16] Stephan Thesmann. *Interface Design: Usability, User Experience und Accessibility im Web gestalten*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Springer-Verlag, 2016, S. 11. ISBN: 978-3-658-03857-1.
- [Tru16] TrustRadius. *Balsamiq Reviews*. <https://dudodiprj2sv7.cloudfront.net/product-logos/G0/Zq/QBTILK9FV25H.PNG>. 2016. [zuletzt aufgerufen 10.11.2018].

- [Ver16a] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. *Digitales Planen und Bauen*. 30. Jan. 2016. URL: <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Digitale-Innovationen/Building-Information-Modeling/building-information-modeling.html>. [zuletzt aufgerufen 08.11.2018].
- [Ver16b] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. *Wissenschaftliche Begleitung der BMVI-Pilotprojekte zur Anwendung von Building Information Modeling (BIM) im Infrastrukturbau, Endbericht Wissenschaftliche Begleitung Pilotprojekt Tunnel Rastatt*. 30. Jan. 2016. URL: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/endbericht-wissenschaftliche-begleitung-pilotprojekt-tunnel-rastatt.pdf?__blob=publicationFile. [zuletzt aufgerufen 08.11.2018].
- [Ver17] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. *Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen*. Jan. 2017. URL: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bim-umsetzung-stufenplan-erster-fortschrittsbe.pdf?__blob=publicationFile. [zuletzt aufgerufen 07.11.2018].
- [Vit] Vitsoe Ltd. *Dieter Rams: Zehn Thesen für gutes Design*. <https://www.vitsoe.com/de/ueber-vitsoe/gutes-design>. [zuletzt aufgerufen 20.05.2019].

A Anhang

A.1 Anforderungsmatrix

Tabelle A.1: Anforderungsmatrix nach Vorlage von [Mos13; Goo09]

Beschreibung	Quelle	Datenanforderungen	Funktionale Anforderungen	Qualitätsanf.	Rahmenbedingungen
Stellen hinzufügen	Lastenheft	Stellen	Stellenanzahl ändern	Usabilityfokus	Keine negativen Stellen
Räume hinzufügen	Lastenheft	Raumname, Fläche	Raum hinzufügen/enfernen	Usabilityfokus	Einteilung in NUF-Bereiche, automatische ID
Musterräume	Interview	Musterräume, Parameter	Musterräume importieren	Usabilityfokus	-
Generierte Räume	Interview	Räume, Parameter	Bürräume u.a. automatisch erzeugen	Usabilityfokus	-
Geräte hinzufügen	Lastenheft/Interview	Gerätebez., Preis	Gerät hinzufügen/enfernen/verknüpfen	Usabilityfokus	1:1 Verbindung v. Geräten und Räume
BBS hinzufügen	Lastenheft	BBS	BBS dem Raum hinzufügen	Usabilityfokus	-
Dateten hochladen	Lastenheft	Dateten	Dateten dem Raum hinzufügen	Usabilityfokus	-
Parameter f. Räume	Lastenheft/Interview	Parameter	Parameter hinzufügen/enfernen	Usabilityfokus	Standardparameter f. Räume bereits vorhanden
Kostenberechnung	Lastenheft/Interview	Berechnungsgrundlagen	Anzeige aktueller Kosten und Budget	Usabilityfokus	Trennung Bau-/Ersatzstatistikskosten
Gerät verknüpfen	Interview	Gerät, Raum	Gerät einem Raum zuweisen/enfernen	Usabilityfokus	Drag and Drop
Ausgabe v. Dokumenten	Lastenheft/Interview	Stellen, Räume, Geräte	Ausgabedokumente erstellen	Usabilityfokus	-

A.2 Aufgabenstellung zur Evaluierung



Thema:

„Entwicklung eines digitalen Assistenzsystems für die Anforderungsaufnahme von Bauprojekten innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft“

Zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit bzw. Usability, werden im Folgenden 11 Aufgaben gestellt und anhand der Maße Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung bewertet. Die Bearbeitung wird währenddessen protokolliert.

Aufgaben:

1. Folgende Stellen hinzufügen:
 - Institutsleiter 1x
 - Sekretariat – Institutsleiter 1x
 - Abteilungsleiter 3x
 - Gruppenleiter 2x
 - 3 beliebige weitere Stellen
2. Büroräume für alle Stellen aus 1. hinzufügen.
3. Aufenthaltsraum erstellen.
4. 2x Musterraum Lagerhalle hinzufügen
5. Name der zweiten Lagerhalle auf „Gasflaschenlager“ ändern.
6. Bearbeitungsstatus beider Lagerhallen auf von „rot“ auf „grün“ setzen.
7. Raum „Werkhalle“ mit 200 m² Fläche der entsprechenden Nutzfläche hinzufügen.
8. Fläche der „Werkhalle“ auf 250 m² anpassen.
9. „Werkhalle“ das Gerät „Standbohrmaschine“ mit Preis von 2000€ hinzufügen.
10. „Werkhalle“ den Parameter „Wand:Betonstahl“ hinzufügen.
11. Stellenplan anzeigen lassen.

Abbildung A.1: Aufgabenstellung zur Evaluierung