



Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Fachbereich Geoinformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron Universität Salzburg

zum Thema

„Analyse literarischer Designempfehlungen zur nutzerfreundlichen Gestaltung eines Geoportals“

eingereicht von

Melanie Mentele

u107076, UNIGIS MSc Jahrgang 2023

GutachterIn:

Dr. Christian Neuwirth

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science“, abgekürzt „MSc“

Schönefeld, 25.09.2024

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei verschiedenen Personen für die unentwegte Unterstützung während der vergangenen drei Jahre bedanken.

Zunächst möchte ich mich bei meinem Betreuer Dr. Christian Neuwirth für die großartige Betreuung meiner Masterarbeit bedanken. Ebenso möchte ich dem gesamten UNIGIS-Team meinen Dank für die tolle Betreuung in den letzten drei Jahren aussprechen. Bei Fragen musste ich nie lange auf eine helfende Antwort warten, sei es im Diskussionsforum oder per Mail gewesen.

Ein besonderer Dank geht an meine Vorgesetzten Jan Kitschun und Sven Hoes, die sich im Unternehmen eingesetzt und mir dieses Studium überhaupt ermöglicht haben. Auch ein großes Dankeschön an meine tollen Kollegen, die mir stets bei fachlichen Fragen zur Seite standen und mich, wo es möglich war, unterstützt haben.

Zugleich gilt ein großer Dank den Teilnehmern der Nutzerstudie. Ohne Ihre Rückmeldungen, Anregungen und Kritiken wäre der erfolgreiche Abschluss dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

Weiterhin möchte ich mich bei meiner Familie und Freunden bedanken, die in den vergangenen drei Jahren öfter auf mich verzichten mussten, aber glücklicherweise dafür Verständnis aufgebracht haben und eine große mentale Unterstützung waren. Besonders möchte ich meinem besten Freund Dominik danken, der mich in den entscheidenden Momenten immer wieder motiviert hat, nicht den Mut zu verlieren.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Master-Thesis wird überprüft, ob sich mit aus der Literatur abgeleiteten Designempfehlungen zur nutzerfreundlichen Gestaltung eines Geoportals im Praxistest tatsächlich ein positiver Einfluss auf das Nutzererlebnis erzielen lässt. Dies wird beispielhaft für die Flughafen Berlin Brandenburg GmbH getestet. Die Methode Prototyping soll dabei genutzt werden, um zwei Softwareanwendungen für die praktische Testung zu implementieren. Prototyp I enthält alle technischen und funktionalen Anforderungen, Prototyp II beinhaltet zusätzlich die qualitativen Merkmale. Die Beurteilung der Benutzerfreundlichkeit erfolgt unter Zuhilfenahme quantitativer Methoden im Rahmen einer empirischen Nutzerstudie. Durch diesen Vergleich lässt sich feststellen, ob eine qualitative Anforderung zu einem positiven Nutzererlebnis beiträgt. Zur Auswertung der Ergebnisse wird beispielsweise der T-Test, Mann-Whitney-U-Test oder auch eine zweiseitige ANOVA durchgeführt.

Die Untersuchung der 16 Kriterien hat gezeigt, dass die Größe der Karte als einziges signifikantes Ergebnis hervorgeht. Daher empfiehlt es sich, eine große Karte im Vollbildmodus in das Geoportal zu implementieren. Auch die Position der Suchfunktion kann sich auf das Nutzererlebnis auswirken. Aus diesem Grund wird eine zentrale Positionierung in Form einer großen Suchleiste entsprechend dem Seitenverhältnis empfohlen. Weiterhin hat sich gezeigt, dass den Nutzern frühzeitig Informationen bei nicht verfügbaren Funktionen angezeigt werden sollten. Somit wird Frustration bzw. Verunsicherung vermieden, was im schlimmsten Fall zur Abneigung gegen das Geoportal führen könnte. Zur Erkennung interaktiver Inhalte und Links konnte demonstriert werden, dass die Verwendung anderer Stilmittel im Gegensatz zum übrigen Text zu einer besseren Wahrnehmung beigetragen haben. Eine Aufteilung der Inhalte des Geoportals auf mehrere Haupt- und Nebenseiten konnte ebenso zu einem positiven Nutzererlebnis beitragen.

Die Umfrageergebnisse offenbarten jedoch auch, dass der Prototyp mit qualitativen Merkmalen optimiert werden muss. Demnach sollte die Anzahl der im Geoportal verwendeten Symbole generell erhöht werden. Dabei muss auf Klarheit und Verständnis geachtet werden. Vor allem im Datenviewer war dies nicht immer gegeben. Auch die Schriftgröße trägt eine entscheidende Rolle, mit der nicht alle Nutzer zufrieden waren.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Umsetzung von qualitativen Elementen einen positiven Einfluss auf das Nutzererlebnis bewirkt. Dies hebt die Bedeutung der Usability im Kontext von Geoportalen hervor.

Abstract

This master's thesis examines whether design recommendations from the literature for the user-friendly design of a geoportal can actually have a positive influence on the user experience in a practical test. This is tested using the example of Flughafen Berlin Brandenburg GmbH. The prototyping method will be used to implement two software applications for practical testing. Prototype I contains all technical and functional requirements, prototype II also contains the qualitative features. The assessment of user-friendliness is carried out with the aid of quantitative methods as part of an empirical user study. This comparison makes it possible to determine whether a qualitative requirement contributes to a positive user experience. To analyse the results, for example a T-test, Mann-Whitney U-test or a two-way ANOVA were used.

The analysis of the 16 criteria showed that the size of the map was the only significant result. It is therefore advisable to implement a large map in the geoportal, preferably in full screen. The position of the search function can also have an impact on the user experience. For this reason, a central positioning in form of a large search bar in accordance with the side ratio is recommended. It has also been shown that users should get information at an early stage if, for example, certain functions are not available. This avoids frustration or uncertainty among users, which in worst case could lead to a dislike of the geoportal. To recognise interactive content and links, it was demonstrated that the use of other stylistic devices in contrast to the rest of the text contributed to a better perception. Splitting the content of the geoportal into several main and secondary pages also contributed to a positive user experience.

However, the survey results also revealed a need to optimise the qualitative prototype. Accordingly, the amount of symbols used in the geoportal should generally be increased. Attention must be paid to clarity and understanding. This was not always the case, especially in the data viewer. The font size also contributes a decisive role, because not all users were satisfied with it.

Overall, it has been shown that the implementation of qualitative elements has a positive influence on the user experience. This emphasises the importance of usability in the context of geoportals.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	II
Zusammenfassung	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Stand der Forschung.....	3
1.3 Forschungsfrage	4
1.4 Kapitelübersicht.....	5
2 Anforderungen	6
2.1 Technische Anforderungen	6
2.2 Funktionale Anforderungen	7
2.3 Qualitative Anforderungen.....	8
3 Methoden	12
3.1 Methoden zur Softwareentwicklung.....	12
3.2 Implementation der Prototypen	12
3.2.1 Verwendete Technologien.....	12
3.2.2 Konzept der Implementation.....	13
3.2.3 Kurzbeschreibung Implementation	14
3.3 Methoden zur Prüfung der Usability	22
3.4 Fragebogenauswahl.....	23
3.5 Empirische Nutzerstudie	24
3.5.1 Aufgaben.....	24
3.5.2 Fragebogen.....	25
3.5.3 Durchführung und Aufbereitung	26

4	Ergebnisse.....	27
4.1	Überprüfung Repräsentativität mit Chi ² -Tests.....	27
4.1.1	Altersgruppen.....	27
4.1.2	Geschlecht.....	28
4.2	Deskriptive Statistiken.....	29
4.2.1	Prototyp I.....	29
4.2.2	Prototyp II.....	30
4.3	Signifikanztests.....	31
4.3.1	Kolmogorov-Smirnov-Test.....	32
4.3.2	Shapiro-Wilk-Test.....	35
4.3.3	Levene-Test.....	37
4.3.4	T-Test für unabhängige Stichproben.....	38
4.3.5	Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben.....	40
4.3.6	Zweifaktorielle ANOVA.....	42
4.3.7	Pearson-Korrelation.....	51
4.3.8	Spearman-Korrelation.....	56
5	Diskussion.....	61
5.1	Auswertung deskriptive Statistiken.....	61
5.2	Kolmogorov-Smirnov-Test.....	63
5.3	Shapiro-Wilk-Test.....	64
5.4	Levene-Test.....	64
5.5	T-Test für unabhängige Stichproben.....	64
5.6	Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben.....	65
5.7	Zweifaktorielle ANOVA.....	66
5.8	Pearson-Korrelation.....	69
5.9	Spearman-Korrelation.....	70
5.10	Ableitung von Designempfehlungen.....	71
6	Fazit und Ausblick.....	77
	Literaturverzeichnis.....	IX

Anhang	XII
A Fragebogen	XII

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
z.B.	zum Beispiel
FBB	Flughafen Berlin Brandenburg GmbH
GIS	Geoinformationssystem
GUI	Graphical User Interface
FAQ	Frequently Asked Questions
SUS	System Usability Scale

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Use Cases eines Geoportal Nutzers basierend auf Michalik und Zwirowicz-Rutkowska (2023)	2
Abbildung 2: Ablauf Master-Thesis (Eigene Darstellung)	4
Abbildung 3: Softwarearchitektur eines Geoportals basierend auf Ismanto et al. (2016).....	6
Abbildung 4: Seitenkopf und Themenübersicht - Prototyp I	15
Abbildung 5: Hinweismeldung Themenkacheln – Prototyp I	15
Abbildung 6: Datenkatalog - Prototyp I	15
Abbildung 7: Datenviewer und Fußzeile - Prototyp I	16
Abbildung 8: Hilfe - Prototyp I	17
Abbildung 9: Seitenkopf - Prototyp II	18
Abbildung 10: Hinweismeldung Themenkacheln - Prototyp II	18
Abbildung 11: Themenbereich und Fußzeile - Prototyp II	19
Abbildung 12: Datenviewer Kartenansicht - Prototyp II	19
Abbildung 13: Formular Datenviewer - Prototyp II	20
Abbildung 14: Datenkatalog - Prototyp II	20
Abbildung 15: Hilfe - Prototyp II	21
Abbildung 16: Feedback-Formular Prototyp II	22
Abbildung 17: Gegenüberstellung Stichprobe - Erwartungswert Chi ² -Test (Altersgruppen) ..	27
Abbildung 18: Gegenüberstellung Stichprobe - Erwartungswert Chi ² -Test (Geschlecht).....	28
Abbildung 19: Darstellung p-Werte Kolmogorov-Smirnov-Test Prototyp I	33
Abbildung 20: Darstellung p-Werte Kolmogorov-Smirnov-Test Prototyp II	34
Abbildung 21: Histogramm der Variable "Optimierung Datenviewer" Prototyp II	34
Abbildung 22: Darstellung p-Werte Shapiro-Wilk-Test Prototyp I	36
Abbildung 23: Darstellung p-Werte Shapiro-Wilk-Test Prototyp II	37
Abbildung 24: Darstellung p-Werte T-Test.....	39
Abbildung 25: Darstellung p-Werte U-Test	41
Abbildung 26: Interaktionsplot Variable "Größe Datenviewer" Prototyp I	44
Abbildung 27: Interaktionsplot Variable "Positionierung Suchfunktion" Prototyp I	45
Abbildung 28: Interaktionsplot Variable "Schriftgröße" Prototyp I	46
Abbildung 29: Interaktionsplot Variable "Größe Datenviewer" Prototyp II	47
Abbildung 30: Interaktionsplot Variable "Bedienung Kartenwerkzeuge" Prototyp II.....	48
Abbildung 31: Interaktionsplot Variable "Menge Symbole" Prototyp II	49
Abbildung 32: Interaktionsplot Variable "Ansicht Suchergebnisse" Prototyp II	50
Abbildung 33: Interaktionsplot Variable "Info nicht verfügbare Inhalte" Prototyp II	51
Abbildung 34: Interaktionsplot Nutzungshäufigkeit - Alter – Geschlecht Prototyp I	52

Abbildung 35: Darstellung p-Werte Pearson-Korrelation Prototyp I	53
Abbildung 36: Interaktionsplot Nutzungshäufigkeit - Alter – Geschlecht Prototyp II	54
Abbildung 37: Darstellung p-Werte Pearson-Korrelation Prototyp II.....	55
Abbildung 38: Darstellung p-Werte Spearman-Korrelation Prototyp I	57
Abbildung 39: Darstellung p-Werte Spearman-Korrelation Prototyp II	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Anforderungen eines Geoportals	7
Tabelle 2: Funktionale Anforderungen eines Geoportals	8
Tabelle 3: Qualitative Anforderungen eines Geoportals.....	11
Tabelle 4: Berechnungsgrundlage Chi ² -Test (Altersgruppen)	27
Tabelle 5: Ergebnisübersicht Chi ² -Test (Altersgruppen)	28
Tabelle 6: Berechnungsgrundlage Chi ² -Test (Geschlecht)	28
Tabelle 7: Ergebnisübersicht Chi ² -Test (Geschlecht).....	29
Tabelle 8: Übersicht deskriptive Kennzahlen Prototyp I.....	30
Tabelle 9: Übersicht deskriptive Kennzahlen Prototyp II.....	31
Tabelle 10: Ergebnisübersicht Kolmogorov-Smirnov-Test Prototyp I.....	32
Tabelle 11: Ergebnisübersicht Kolmogorov-Smirnov-Test Prototyp II	33
Tabelle 12: Ergebnisübersicht Shapiro-Wilk-Test Prototyp I	35
Tabelle 13: Ergebnisübersicht Shapiro-Wilk-Test Prototyp II	36
Tabelle 14: Ergebnisübersicht Levene-Test.....	38
Tabelle 15: Ergebnisübersicht T-Test.....	39
Tabelle 16: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte T-Test	40
Tabelle 17: Ergebnisübersicht U-Test.....	41
Tabelle 18: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte U-Test.....	42
Tabelle 19: Übersicht Hypothesen Zweifaktorielle ANOVA.....	43
Tabelle 20: Ergebnisübersicht Variable "Größe Datenviewer" Prototyp I	43
Tabelle 21: Ergebnisübersicht Variable "Positionierung Suchfunktion" Prototyp I.....	44
Tabelle 22: Ergebnisübersicht Variable "Schriftgröße" Prototyp I	45
Tabelle 23: Ergebnisübersicht Variable "Größe Datenviewer" Prototyp II	46
Tabelle 24: Ergebnisübersicht Variable "Bedienung Kartenwerkzeuge" Prototyp II	47
Tabelle 25: Ergebnisübersicht Variable "Menge Symbole" Prototyp II	48
Tabelle 26: Ergebnisübersicht Variable "Ansicht Suchergebnisse" Prototyp II.....	49
Tabelle 27: Ergebnisübersicht Variable "Info nicht verfügbare Inhalte" Prototyp II.....	50
Tabelle 28: Ergebnisübersicht Pearson-Korrelation Prototyp I.....	52
Tabelle 29: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte	54
Tabelle 30: Ergebnisübersicht Pearson-Korrelation Prototyp II.....	55
Tabelle 31: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte	56
Tabelle 32: Ergebnisübersicht Spearman-Korrelation Prototyp I.....	57
Tabelle 33: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte	58
Tabelle 34: Ergebnisübersicht Spearman-Korrelation Prototyp II.....	59
Tabelle 35: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte	60

Tabelle 36: Designempfehlungen zur Gestaltung eines nutzerfreundlichen Geoportals.....	76
--	----

1 Einleitung

Anmerkung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

1.1 Problemstellung

In den letzten Jahren hat die Nutzung von webbasierten Geoportalen zur professionellen Nutzung von Geodaten auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene immer weiter zugenommen (Yamashkin et al. 2019). Dies ist unter anderem dadurch begründet, dass die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union ihre Geodaten gemäß der INSPIRE Richtlinie von 2007 in einem standardisierten Format bereitstellen müssen (Yamashkin et al. 2019). Daraufhin haben viele Länder nationale Geoportale erschaffen, in denen die raumbezogenen Basisdaten und weitere Informationen bereitgestellt werden können (He et al. 2012, Resch und Zimmer 2013).

Die Anwendungsmöglichkeiten von Geoportalen sind vielfältig, z.B. als Unterstützung der Raumplanung im Artikel von Michalik und Zwirowicz-Rutkowska (2023), zur Verwaltung von Autobahnen in Kostesha et al. (2021), bei maritimer Raumplanung von Menegon et al. (2023), bei physikalischen Prozessen in Heim et al. (2022) oder zur Überwachung der Luftqualität von Sari (2020). Dadurch zeigt sich die Aktualität der Thematik sowie die breite Einsatzfähigkeit zur Bündelung bzw. vereinheitlichten Bereitstellung von Geodaten.

Die zahlreichen Funktionalitäten eines Geoportals können je nach Wissensstand durch die Nutzer verwendet werden. Beispielsweise werden sich Nutzer, die über wenig Erfahrung verfügen, eher auf die Anzeige oder den Ausdruck verfügbarer Daten konzentrieren (Michalik und Zwirowicz-Rutkowska 2023). Erfahrene Nutzer können fortgeschrittenere Aufgaben erledigen, wie beispielsweise den Datenexport, die Durchführung von Analysen oder die Erstellung neuer Daten (Michalik und Zwirowicz-Rutkowska 2023). Abbildung 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Anwendungsfälle eines Geoportal-Nutzers. Demnach zeigt sich, dass die Anforderungen an ein Geoportal je nach Nutzergruppe variieren können.

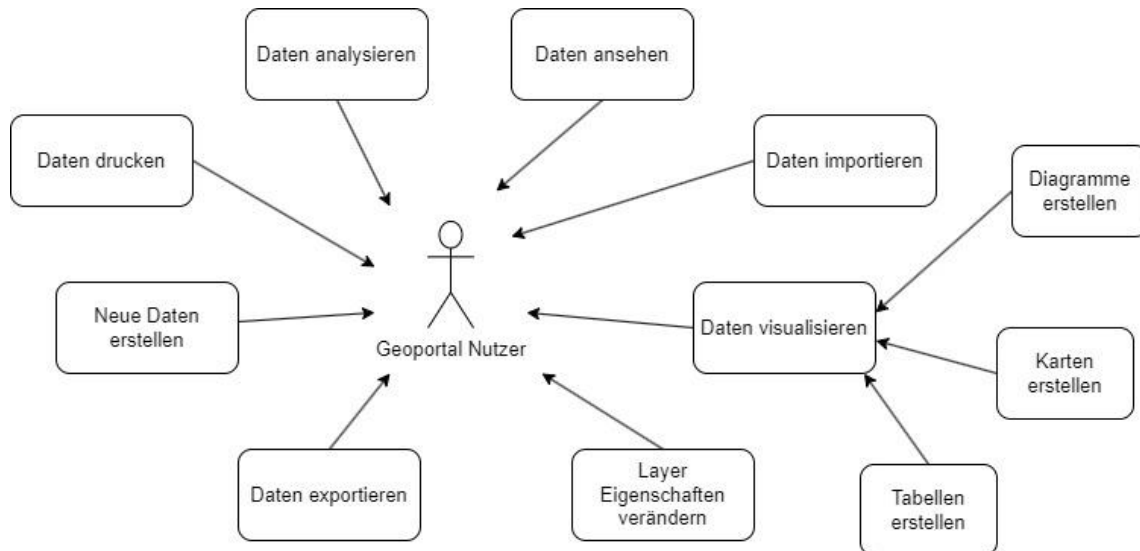


Abbildung 1: Use Cases eines Geoportal Nutzers basierend auf Michalik und Zwirowicz-Rutkowska (2023)

Geoportale stellen ein wertvolles Werkzeug für eine breite Gruppe an Nutzern von Experten bis Laien dar (Król 2024). Dennoch ist die nutzerfreundliche Gestaltung eine große Herausforderung, um höchstmögliche Effizienz und Effektivität zu bieten (Resch und Zimmer 2013, Król 2024). Auch die verschiedenen Nutzergruppen bringen diverse Herausforderungen und spezielle Bedürfnisse an die Funktionalitäten bei der Gestaltung mit sich (Król 2024). Demgegenüber stehen Geoportale, deren Fokus eher auf Funktionalität als auf Benutzerfreundlichkeit liegen (Aditya und Kraak 2005, Gkonos et al. 2019). In der Praxis zeigt sich, dass die Benutzeroberflächen aktueller Geoportale häufig unter mangelnder Benutzerfreundlichkeit leiden, unabhängig davon, welche Zielgruppe adressiert wird (Henzen und Bernard 2013, Gkonos et al. 2019). Dies führt in der Folge zur ineffizienten Nutzung bzw. Anwendungsfehlern (Resch und Zimmer 2013, Herold et al. 2016).

Um eine möglichst hohe Effizienz und Effektivität zu erreichen, sollte daher die Benutzerfreundlichkeit als bedeutender Faktor bei der Entwicklung von Geoportalen berücksichtigt werden (Kellenberger et al. 2016, Gkonos et al. 2019). Dabei ist es vorteilhaft, den Nutzer bei der Implementierung mit einzubeziehen und seine Erfahrungswerte (User Experience) einfließen zu lassen (Kellenberger et al. 2016). Aus den Studien von Henzen und Bernard (2013), Kellenberger et al. (2016), Panchaud und Hurni (2018), Quiñones Otey et al. (2022) und weiteren lassen sich Designempfehlungen, die bei der Entwicklung eines Geoportals zu berücksichtigen sind, bereits entnehmen. Hierbei gilt es zu prüfen, ob diese generalisiert einsetzbar sind.

Die in der Literatur vorhandenen Designempfehlungen sollen beispielhaft für den Flughafen Berlin Brandenburg praxisnah überprüft werden.

Dazu sollen für die Entwicklung eines internen Geoportals vorab die nutzerzentrierten Vorgehensweisen innerhalb dieser Master-Thesis geprüft werden. Dies dient zur Schaffung einer Grundlage für ein effizientes Design, welches die Mitarbeiter effektiv im Arbeitsalltag unterstützen soll. Das Geoportal soll zur Bündelung der WebGIS-Anwendungen für verschiedene Fachbereiche, Übersichts- und Themenkarten sowie zur Bereitstellung von Geodaten dienen.

1.2 Stand der Forschung

Geoportale beinhalten komplexe Funktionalitäten und sind meist einer breiten Zielgruppe zugänglich (Król 2024). Daher hat die Forschung hinsichtlich der Usability dieser Anwendungen verstärkt an Bedeutung gewonnen, wie Studien von He et al. (2012), Resch und Zimmer (2013), Blake et al. (2017), Gkonos et al. (2019) oder Herold et al. (2016) zeigen. Durch die verschiedenen Zielgruppen müssen spezifische Merkmale für einen nutzerzentrierten Ansatz bei der Implementierung bedacht werden (Kellenberger et al. 2016, Król 2024). Diverse Studien betrachten den Einfluss der nutzerfreundlichen Gestaltung auf das Nutzererlebnis (User Experience) hinsichtlich Effektivität, Effizienz und Nutzerzufriedenheit. Resch und Zimmer (2013) zeigen in ihrer Studie, dass die Berücksichtigung von Nutzeranforderungen häufige Fehler der Nutzer vermeiden und gleichzeitig die Effektivität, Effizienz sowie die Zufriedenheit erhöht werden kann. Diese Auffassung unterstützen Komarkova et al. (2019) mit ihrer Studie. Sie empfehlen zur Beurteilung der Benutzerfreundlichkeit die Verwendung eines Methodenmix, um mögliche Usability-Probleme durch umfassendere Analysen zu erkennen (Komarkova et al. 2019).

Kellenberger et al. (2016) stellen in ihrer Studie spezielle Schlüsselfaktoren heraus, die zu einem positiven Einfluss der Usability geführt haben. Dabei betonen sie die Notwendigkeit von Anpassungen der Benutzeroberfläche (GUI) je nach Zielgruppe. Auch Gkonos et al. (2019) weisen zur Optimierung der Nutzererfahrung auf die Maßgeblichkeit von Interaktivität und klarer Darstellung von Informationen in Geoportalen hin.

Die Analysen von Blake et al. (2017) und Król (2024) zeigen jedoch, dass die Anzahl der Studien zur Untersuchung der Benutzerfreundlichkeit von Geoportalen bisher nicht ausreichend ist. Beide Studien weisen daher auf einen erhöhten Forschungsbedarf hin, vor allem für die zielgerichtete Beurteilung der Benutzerfreundlichkeit. Król (2024) führt dabei die Usability als bedeutsames Qualitätsmerkmal von Geoportalen an. Die Missachtung könnte im schlimmsten Fall zu Frustration der Nutzer führen und damit einhergehend die Nutzungseffektivität wesentlich beeinflussen (Król 2024).

Die Bewertung der Usability durch Nutzer in Praxistests zeigt den Optimierungsbedarf problematischer Aspekte innerhalb der Anwendung an (Król 2024). So ist die Ermittlung konkreter Schwachstellen des Systems sowie die gezielte Beseitigung dieser möglich, um die Qualität und Funktionalität von Geoportalen zu gewährleisten (Król 2024).

An dieser Stelle soll das in dieser Master-Thesis zu untersuchende Forschungsvorhaben anknüpfen. Dabei sollen wie von Kellenberger et al. (2016) vorgeschlagen, Schlüsselfaktoren in Form von Anforderungen an Geoportale näher betrachtet werden. Anschließend erfolgt eine empirische Nutzerstudie zur Analyse möglicher Usability-Probleme wie von Król (2024) empfohlen. Daraus können Rückschlüsse gezogen werden, ob sich die Umsetzung qualitativer Merkmale positiv auf das Nutzererlebnis auswirkt.

1.3 Forschungsfrage

In der vorliegenden Master-Thesis soll überprüft werden, ob sich literarische Designempfehlungen zur nutzerfreundlichen Gestaltung eines Geoportals tatsächlich positiv auf das Nutzererlebnis auswirken. Dies soll beispielhaft für die Flughafen Berlin Brandenburg GmbH untersucht werden.

Hierfür sollen mittels Literaturrecherche technische, funktionale sowie qualitative Merkmale von Geoportalen identifiziert werden. Darauf basierend erfolgt die Implementierung von zwei unterschiedlichen Prototypen, die sich hinsichtlich der erarbeiteten Anforderungen unterscheiden. Zur Überprüfung der Forschungsfrage sollen beide Prototypen durch einen identischen Satz an Aufgaben und Fragen von den Nutzern getestet sowie bewertet werden. Die Analyse der gesammelten Daten aus der empirischen Nutzerstudie erfolgt mit Hilfe diverser Signifikanztests. Daraus lässt sich abstrahieren, ob sich der Einfluss von Usability in den Ergebnissen widerspiegelt. Basierend auf diesen Erkenntnissen können konkrete Designempfehlungen für die Entwicklung von nutzerfreundlichen Geoportalen abgeleitet werden. Der geplante Ablauf der Master-Thesis ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

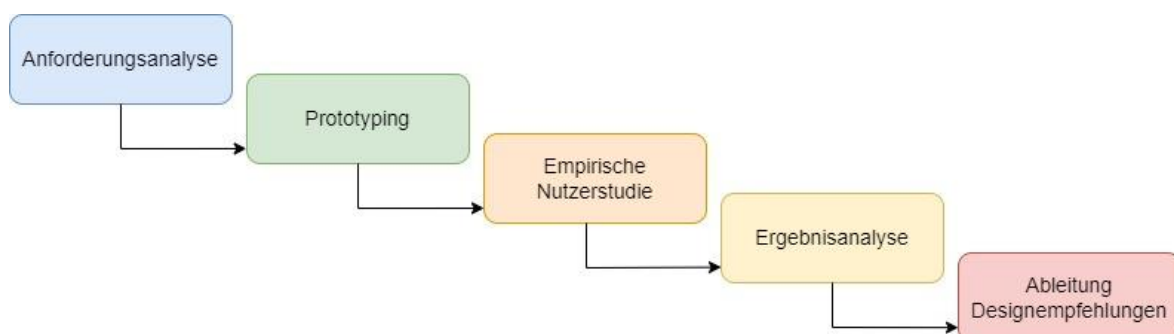


Abbildung 2: Ablauf Master-Thesis (Eigene Darstellung)

1.4 Kapitelübersicht

Im ersten Kapitel dieser Masterarbeit werden die Problemstellung, der Stand der Forschung und die Forschungsfrage näher erläutert. In Kapitel 2 erfolgt eine kurze Anforderungsanalyse hinsichtlich technischer, funktionaler und qualitativer Anforderungen an ein Geoportal. Im dritten Kapitel werden verschiedene Methoden zur Softwareentwicklung, Prüfung von Usability und das Vorgehen innerhalb der empirischen Nutzerstudie vorgestellt. Darin wird auf die Implementation der Prototypen sowie die Fragebogenauswahl eingegangen. Kapitel 4 präsentiert die Ergebnisse der Nutzerstudie unterstützt durch zahlreiche Abbildungen und Tabellen der statistischen Auswertungen. In Kapitel 5 werden die Ergebnisse ausführlich diskutiert und die Forschungsfrage beantwortet. Zum Abschluss wird in Kapitel 6 ein Fazit gezogen sowie ein Ausblick auf mögliche Veränderungen sowie zukünftige Forschungen gegeben.

2 Anforderungen

2.1 Technische Anforderungen

Geodaten benötigen einen spezifischen Standard im Sinne eines Kartenservers zusätzlich zum Webserver und eine mit Geodaten kompatible Datenbank (Kuria et al. 2019). Der Webbrowser dient dabei als Schnittstelle, über die der Benutzer auf das Geoportal zugreift (Ismanto et al. 2016). Das Senden von Anfragen und Antworten zwischen Client und Server wird durch Middleware erleichtert (Kuria et al. 2019). Die Benutzeranfragen werden vom Webserver empfangen und im Gegenzug die entsprechend angeforderten Daten zurückgesendet (Kuria et al. 2019). Der Kartenserver ermöglicht die Ver- und Bearbeitung von Geodaten, welche daraufhin in einer Geodatenbank gespeichert werden (Kuria et al. 2019). Die grundlegende Softwarearchitektur wird in Abbildung 3 grafisch abgebildet. Ein großer Vorteil von Geoportalen ist die relativ uneingeschränkte Nutzbarkeit gegenüber Desktop-GIS (Ismanto et al. 2016). Es wird keinerlei installierte Software benötigt, um mit den Daten interagieren zu können (Ismanto et al. 2016).

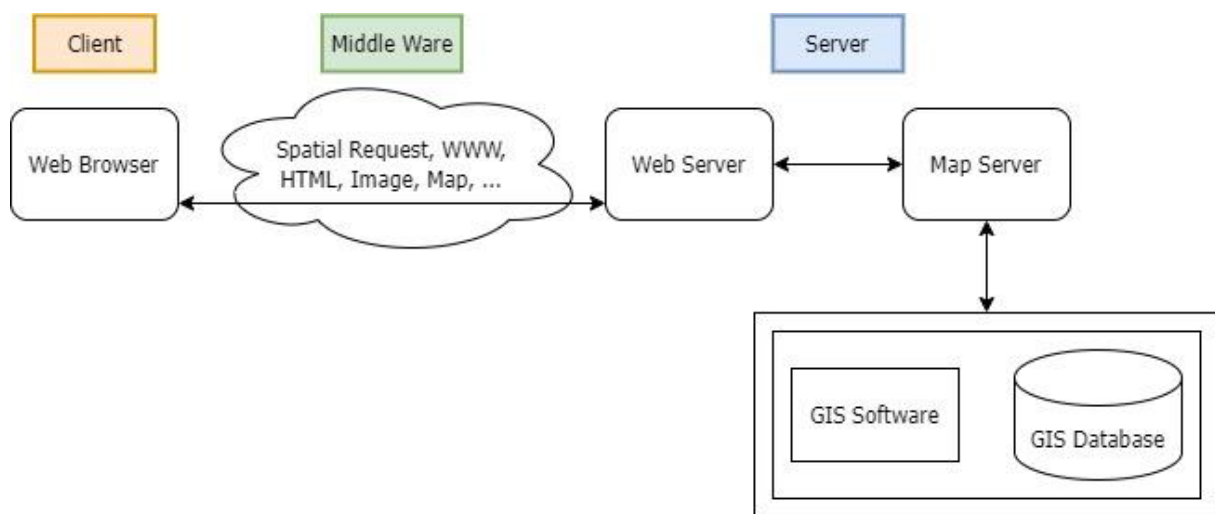


Abbildung 3: Softwarearchitektur eines Geoportals basierend auf Ismanto et al. (2016)

Agrawal und Gupta (2020) sowie Yamashkin et al. (2019) führen weiterhin den Aspekt der Sicherheit als eine wichtige Anforderung des über das Internet funktionierenden Systems an. In ihrer Studie stellen Agrawal und Gupta (2020) ein rollenbasiertes Sicherheitsprinzip mit Registrierung der Benutzer vor. Ohne Authentifizierung des Benutzers sind keine Dienste zugänglich (Agrawal und Gupta 2020). Yamashkin et al. (2019) fordern ebenso eine Abgrenzung des Zugangs sowie die Verringerung der Risiken vor externen Angriffen. Lücker und Schacht (2014) führen als Beispiel eine Authentifizierung für Benutzer an, die personen- oder gruppenspezifische Zugangsbeschränkungen zugewiesen bekommen haben.

In Tabelle 1 werden die technischen Anforderungen an ein Geoportal abschließend kurz zusammengefasst.

Tabelle 1: Technische Anforderungen eines Geoportals

Anforderung	Beschreibung
TA01	Das Geoportal wird als browserbasierte Webanwendung aufgebaut.
TA02	Bei der Implementation des Geoportals soll auf die Sicherheit des Systems geachtet werden.

2.2 Funktionale Anforderungen

Kuria et al. (2019), Komarkova et al. (2019), Quiñones Otey et al. (2022), Tait (2005), He et al. (2012) und Yamashkin et al. (2019) haben in ihren Studien die Visualisierung von Daten mittels einer Referenzkarte oder auch Basiskarte hervorgehoben. Die Auswahl der Basiskarte ist abhängig vom jeweiligen Anwendungskontext, z.B. Hydrologie oder Flurstücke (Kuria et al. 2019). So wird dem Nutzer die Untersuchung der Inhalte (Tait 2005) bzw. die Lokalisierung seiner Interessensbereiche (Gkonos et al. 2019, Quiñones Otey et al. 2022) ermöglicht.

Die Startseite des Geoportals sollte verständlich gestaltet sein, sodass Nutzer schnell zu den sie interessierenden Schwerpunkten navigieren können (Komarkova et al. 2019). Darauf kann eine Vielzahl an Einstiegspunkten für die Nutzer abgebildet sein, z.B. ein Themeneinstieg mit vorkonfigurierten Themenfeldern- bzw. -karten (Lücker und Schacht 2014).

Für die Navigation innerhalb der Basiskarte sollten unterschiedliche Tools verwendet werden (Komarkova et al. 2019, Yamashkin et al. 2019, Quiñones Otey et al. 2022). Diese Tools enthalten unter anderem Navigationswerkzeuge, was beispielsweise die Rotation oder das Zoomen und damit die Veränderung des Maßstabs der Karte erleichtert (Komarkova et al. 2019, Quiñones Otey et al. 2022). Weitere Tools sind z.B. das Messen von Strecken oder das Drucken von Kartenausschnitten (Komarkova et al. 2019, Quiñones Otey et al. 2022). Die Tools können mit einem Symbol für eine bestimmte Tätigkeit ausgedrückt werden.

Henzen und Bernard (2013), Tait (2005), Komarkova et al. (2019) und He et al. (2012) haben als wichtigen Aspekt die Suchfunktion herausgestellt. Oftmals dient die Suchfunktion dazu, einen bestimmten Ort zu finden, aus einer Ergebnisliste auszuwählen oder eine Adresssuche mittels Geocode-Tools durchzuführen (Tait 2005). Durch vorhandene Metadaten können die Treffer hinsichtlich räumlicher, zeitlicher und thematischer Kompatibilität evaluiert werden (Henzen und Bernard 2013).

Weitere Aspekte die als funktionale Anforderungen von Komarkova et al. (2019) und Quiñones Otey et al. (2022) angesehen werden, sind Verfügbarkeit von Metadaten, Dokumentation, Kontakt sowie Hilfe. Metadaten können Aufschluss über Genauigkeitsanforderungen oder das verwendete Koordinatensystem gewähren (Lücker und Schacht 2014). Die Kontaktinformationen bei aufkommenden Fragen der Nutzer können ebenso aus Metadaten (Lücker und Schacht 2014) oder einem anderen Bereich innerhalb des Geoportals hervorgehen. Gleiches gilt für Dokumentation und Hilfe. In der Dokumentation sind der Funktionsumfang sowie technische Details des Geoportals detailliert erläutert (Quiñones Otey et al. 2022). Die Hilfefunktion kann mit Fragen in Form eines FAQ gestaltet werden. Eine andere Möglichkeit ist beispielsweise ein erscheinender Hinweis mittels Mouseover auf der Benutzeroberfläche. Die Hilfe sollte die Funktionen des Geoportals für eine effektive Nutzung erklären (Quiñones Otey et al. 2022).

Tabelle 2 fasst die funktionalen Anforderungen an ein Geoportal in Kurzform zusammen.

Tabelle 2: Funktionale Anforderungen eines Geoportals

Anforderung	Beschreibung
FA01	Das Geoportal muss eine Basiskarte als Grundlage besitzen.
FA02	Die Startseite enthält eine Themenübersicht als Einstiegspunkt.
FA03	Die Kartenanwendung wird mit verschiedenen Tools ausgestattet.
FA04	Das Geoportal muss mit einer Suchfunktion ausgestattet sein.
FA05	Das Geoportal muss Informationen zu Metadaten bereitstellen.
FA06	Das Geoportal muss Kontaktinformationen bereitstellen.
FA07	Das Geoportal muss eine Dokumentation bereitstellen.
FA08	Das Geoportal muss einen Hilfebereich für Nutzer bereitstellen.

2.3 Qualitative Anforderungen

Im Folgenden wird eine Auswahl von Anforderungen näher erläutert. Dabei werden auch Elemente betrachtet, welche bereits im Kapitel 2.2 aufgeführt wurden. Die Erläuterungen beziehen sich in diesem Kapitel jedoch spezifisch auf die Art der Umsetzung, um zur Usability des Systems beizutragen.

Zu Beginn wird die Karte als substanzielles Element genannt, da diese zur Darstellung räumlicher Daten verwendet wird (Resch und Zimmer 2013). Çöltekin et al. (2009), Skarlatidou und Haklay (2009), Panchaud und Hurni (2018) sowie Kellenberger et al. (2016) empfehlen zudem, den größten Anteil des Bildschirms dem Kartenviewer zu widmen.

Dies ist besonders gut für Nutzer geeignet, die in erster Linie das Geoportal zur Geodatenexploration nutzen wollen (Kellenberger et al. 2016). Es empfiehlt sich zudem eine automatische und intuitive Steuerung des Mauszeigers, z.B. Schwenken durch Ziehen oder Zoomen mit dem Mousrad (Kellenberger et al. 2016). Auch die Trennung von anderen Elementen und die Bündelung der einfachen Kartensteuerung an einer gemeinsamen Stelle sind für den Nutzer übersichtlicher (Kellenberger et al. 2016).

Als weiterer zentraler Aspekt der effektiven Datennutzung in Geoportalen zählt laut Resch und Zimmer (2013) die Suchfunktion. Zur Suche passender Geodaten oder Datendienste sollten Nutzer zwischen unterschiedlichen Suchmöglichkeiten wählen können (He et al. 2012, Resch und Zimmer 2013). Häufig implementierte Suchdialoge in Geoportalen sind zum Beispiel eine Freitextsuche über ein gegebenes Textfeld, die räumliche Suche über einen gewünschten Bereich oder auch die kategoriebasierte Suche (Resch und Zimmer 2013). Henzen und Bernard (2013) beschreiben darüber hinaus auch die Position der Suche. Die Suchfunktion soll zentral auf der Startseite platziert werden (Henzen und Bernard 2013).

Die Ansicht der Suchergebnisse ist ein weiteres wichtiges Charakteristikum eines Geoportals (Resch und Zimmer 2013). Laut He et al. (2012) ist eine ansprechende Illustration der Suchergebnisse elementar, da eine irreführende Ergebnisdarstellung zu Fehlannahmen bei der Interpretation der erhaltenen Informationen führen kann. Henzen und Bernard (2013) empfehlen zusätzlich, eine leere Ergebnisansicht zu vermeiden, was sich mittels automatischer Korrekturen bzw. alternativen Suchvorschlägen verhindern lässt. Auch die Änderung des Suchbegriffs und die erneute Suche danach soll in der Ansicht der Trefferliste möglich sein (Henzen und Bernard 2013). Die Treffermenge sollte hinsichtlich vorhandener Geodatentypen und Datenanbietern zeitlich und alphabetisch sortierbar sein (Henzen und Bernard 2013). Die Art der Darstellung, die Angabe von Metadaten oder auch die Reihenfolge der Datensätze sind maßgebliche Kriterien, die bei der Darstellung der Suchergebnisse beachtet werden sollten (Resch und Zimmer 2013).

Zur Vermeidung von Frustration bei den Nutzern sollten nicht unterstützte Aktionen frühzeitig blockiert oder entsprechende Warnmeldungen angezeigt werden (Panchaud und Hurni 2018, Quiñones Otey et al. 2022). In diesen Hinweismeldungen sollten den Nutzern Informationen über die aufgetretenen Fehler sowie Möglichkeiten zur Behebung aufgezeigt werden (Quiñones Otey et al. 2022).

Symbole zählen ebenfalls zu den qualitativen Anforderungen. Sie dienen laut Resch und Zimmer (2013) der Benutzerinteraktion und stellen ihren jeweiligen Funktionsumfang mit Hilfe eines graphischen Icons dar. Symbole ermöglichen eine erleichterte Bedienung des Geoportals auch für eher unerfahrene Nutzer (Resch und Zimmer 2013). Klarheit, Genauigkeit, leichtes Verständnis sowie visuelles Feedback für das verwendete Icon sind Kriterien beim Einsatz von Symbolen (Resch und Zimmer 2013, Panchaud und Hurni 2018). Opach et al. (2020) empfehlen beispielsweise eine unternehmensweite Symbolbibliothek zu erstellen, um Missverständnisse bei der Interpretation zu vermeiden.

Die Texte, die auf der Oberfläche dargestellt werden, müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Links und interaktive Funktionen sollten mit einer anderen Farbe als der Rest des Hintergrunds dargestellt werden, um die Interaktivität erkennbar zu machen (Blake et al. 2017, Panchaud und Hurni 2018). Weiterhin sollte gemäß Resch und Zimmer (2013) auch auf den Einsatz bedachter Schriftgrößen sowie mehrerer Seiten, zu denen navigiert werden kann, geachtet werden.

Weitere Elemente, die hinsichtlich Usability berücksichtigt werden sollten, sind beispielsweise Feedback der Benutzer, lange Ladezeiten, Vermeidung von Pop-up-Fenstern, Legenden in der Kartenanwendung oder blinkender bzw. sich bewegender Text (Resch und Zimmer 2013, Panchaud und Hurni 2018).

Abschließend werden in Tabelle 3 qualitative Anforderungen an ein Geoportal zusammengefasst.

Tabelle 3: Qualitative Anforderungen eines Geoportals

Anforderung	Beschreibung
QA01	Die Basiskarte soll einen großen Anteil der Webanwendung einnehmen.
QA02	Die Positionierung der Suchleiste ist zentral auf der Startseite vorzunehmen.
QA03	Eine leere Trefferliste bei der Suche ist durch automatische Korrekturen oder alternative Suchvorschläge zu vermeiden.
QA04	Zur Vermeidung von Fehlern bzw. Unsicherheiten bei den Nutzern sollten Fehlermeldungen mit Lösungsvorschlägen erscheinen. Nicht unterstützte Funktionen sollten frühzeitig blockiert werden.
QA05	Die verwendeten Symbole in einem Geoportal müssen klar und leicht verständlich sein.
QA06	Die Texte auf der GUI müssen sich vom Hintergrund abheben. Links und interaktive Funktionen müssen klar erkennbar sein.
QA07	Die verwendeten Schriftgrößen müssen angemessen groß sein.
QA08	Die Inhalte des Geoportals sollten sich nicht nur auf eine Seite beschränken. Der Einsatz mehrerer Haupt- bzw. Nebenseiten soll berücksichtigt werden.
QA09	Für Benutzer muss eine Möglichkeit geschaffen werden, Feedback zum Geoportal oder zu fehlerhaften Funktionen abzugeben.

3 Methoden

3.1 Methoden zur Softwareentwicklung

Für die Entwicklung von Webapplikationen bestehen diverse Software-Entwicklungsmodelle und -methoden (Kuria et al. 2019). Diese Methoden und Modelle beschreiben den vollständigen Ablauf aller Entwicklungsphasen einschließlich der Realisierung der Funktionalität (Kuria et al. 2019). Kuria et al. (2019) führen in ihrer Studie das Wasserfallmodell, agile Entwicklung, die Spiralmethode, das Prototyping-Modell und einige weitere Methoden an.

Unter Prototyping werden alle Handlungen zu Beginn der Entwicklung einer Softwareanwendung zusammengefasst (Kuria et al. 2019). Die unvollständige Version stellt die bedeutendsten Funktionen und Elemente der Software dar und erlaubt ein tieferes Verständnis der zu entwickelnden Anwendung (Kuria et al. 2019). Prototyping hilft im weiteren Verlauf der Entwicklungsprozesse, die Menge an unvorhergesehenen Problemen deutlich zu reduzieren (Kuria et al. 2019).

Bei dieser Methode gibt es eine Unterscheidung in zwei Modelle: das Wegwerf-Prototyping und evolutionäres Prototyping (Kuria et al. 2019). Der Wegwerf-Prototyp entwickelt sich nicht weit genug bzw. kann aus unterschiedlichen Gründen nicht in das Endprodukt integriert werden (Kuria et al. 2019). Im Gegensatz dazu fließt beim evolutionären Prototyping schrittweise das entwickelte System durch iteratives Benutzer-Feedback in das endgültige System ein (Kuria et al. 2019).

Aufgrund der Eigenschaften der Methode Prototyping wird sich im Folgenden für evolutionäres Prototyping zur Erreichung der Forschungsziele entschieden. Die anderen von Kuria et al. (2019) angeführten Methoden werden nicht erläutert, da diese im weiteren Verlauf der Arbeit nicht näher betrachtet werden.

3.2 Implementation der Prototypen

3.2.1 Verwendete Technologien

Die Umsetzung der Prototypen erfolgt mit einer Auswahl an Produkten von ESRI, die im Unternehmen zur Verfügung stehen. Dazu gehört unter anderem für den Aufbau der Oberfläche das Produkt ArcGIS Enterprise Sites und die einzubindenden WebGIS-Applikationen der ArcGIS Experience Builder.

Die Daten der WebGIS-Applikationen werden aus einer SQL-Datenbank bezogen.

3.2.2 Konzept der Implementation

Da im Unternehmen eine Vielzahl der ESRI-Produkte verwendet werden und auch das tatsächlich umzusetzende Geoportal am Flughafen später mit diesem Tool implementiert wird, soll zur Umsetzung der Prototypen ArcGIS Enterprise Sites verwendet werden. Mit diesem Tool lassen sich Webseiten ohne ausgeprägte Programmierkenntnisse gestalten. Es steht dem Nutzer frei, vorgefertigte Layouts auf eine Site zu ziehen und den Inhalt zu gestalten oder diese per HTML-Codierungen zu individualisieren.

Die Prototypen sollen unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Innerhalb von Prototyp I werden die technischen und funktionalen Anforderungen umgesetzt. Prototyp II wird zusätzlich die qualitativen Merkmale beinhalten.

Prototyp I

Die Inhalte des Geoportals sollen auf einer Haupt- und einer Nebenseite präsentiert werden. Zu den Inhalten zählt eine Themenübersicht, der Datenviewer sowie der Datenkatalog. Die Hilfe soll als Nebenseite implementiert werden. Die Fragen und Antworten sollen als Aufzählungen untereinander aufgeführt werden.

Haupt- und Nebenseite sollen mit der gleichen Kopf-, Navigations- und Fußzeile ausgestattet sein. Die Kopfzeile wird durch die Vorlage von ArcGIS Enterprise Sites eine Suchfunktion enthalten. Die Navigationszeile soll aus dem Flughafen-Logo sowie dem Reiter „Home“ bestehen. In der Fußzeile sollen Verlinkungen zum Nutzerhandbuch, zur Anwendungsdokumentation sowie zu den FAQs platziert werden. Weiterhin soll die Angabe des Kontakts in Form einer E-Mailadresse erfolgen.

Die Themenübersicht soll klickbare Kacheln enthalten. Da für diesen Prototyp nicht der Inhalt vorrangig ist, sondern die Prüfung der Usability-Kriterien, soll auf eine vollständige Ausgestaltung mit Inhalten verzichtet werden. Daher soll der Nutzer bei Klick auf eine der Kacheln eine Meldung erhalten, dass die Seite noch in Bearbeitung ist. Die einzelnen Inhalte auf der Hauptseite sollen durch Überschriften voneinander getrennt werden. Zur kurzen Einführung der Nutzer soll im oberen Bereich der Hauptseite ein kurzer Einleitungstext dargestellt sein. Der Datenkatalog stellt beispielhaft vier vorhandene Anwendungen dar. Der Datenviewer soll in Form einer bereits erstellten WebGIS-Anwendung auf der Hauptseite eingebunden werden.

Prototyp II

Die Inhalte des zweiten Prototyps sollen auf fünf Hauptseiten und sechs Nebenseiten aufgeteilt werden. Das bedeutet, dass der Datenviewer und auch der Datenkatalog je eine eigene Hauptseite erhalten, um den Nutzern schneller und übersichtlicher zugänglich zu sein. Die Hilfe soll in eine Hauptseite gewandelt werden, wodurch sie zusätzlich aus der Navigationsleiste heraus erreichbar ist. Die Fragen werden nach Themen sortiert angeordnet und somit übersichtlicher gestaltet. Zusätzlich soll eine Hauptseite für die Abgabe von Feedback integriert werden.

Die Kopf-, Navigations- und Fußzeilen sollen vom Grundsatz her dem ersten Prototyp gleichen. Allerdings soll die gewählte Schriftgröße und -farbe besser erkennbar gestaltet werden. Vor allem die Links in der Fußzeile sollen durch Unterstreichungen klar erkennbar sein. In der Navigationsleiste soll neben dem FBB-Logo je Hauptseite ein Reiter angelegt werden, um von jeder Seite mit einem Klick erreichbar zu sein.

Die Themenübersicht verbleibt auf der Startseite, soll aber so gestaltet werden, dass Nutzer die Interaktivität der Kacheln deutlich erkennen. Auch bei diesem Prototyp soll bei Klick auf eine der Kacheln eine Meldung erscheinen, dass sich die Seite derzeit in Bearbeitung befindet. Der Einleitungstext soll identisch zum ersten Prototyp sein und mehr in den Vordergrund rücken. Weiterhin soll zentral auf der Startseite und zusätzlich zum Symbol in der Kopfzeile, eine Suchleiste implementiert werden.

Der Datenviewer soll durch die Verlagerung auf eine eigene Hauptseite im Vergleich zum ersten Prototyp größer gestaltet werden. Der Datenkatalog soll beispielhaft durch drei vorhandene Anwendungen eine eigene Hauptseite einnehmen. Für die Abgabe von Feedback oder anderen Problemen soll ein Formular verfügbar sein, welches ebenfalls in einer eigenen Hauptseite eingebunden wird.

3.2.3 Kurzbeschreibung Implementation

Da die Prototypen innerhalb der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH getestet werden sollen, wurde sich dafür entschieden das Farbdesign gemäß dem Corporate Design des Unternehmens umzusetzen.

Prototyp I

Die Oberfläche des Prototypens weist eine Hauptseite auf. Diese ist in vier Bereiche eingeteilt. Der Seitenkopf besteht aus Kopf- und Navigationszeile sowie einem Bild mit Einstiegstext.

Die Darstellung der Themenkacheln mit einem passenden Symbol zur jeweiligen Abteilungsbezeichnung umfasst den zweiten Bereich. Die beiden Bereiche werden in Abbildung 4 grafisch dargestellt.

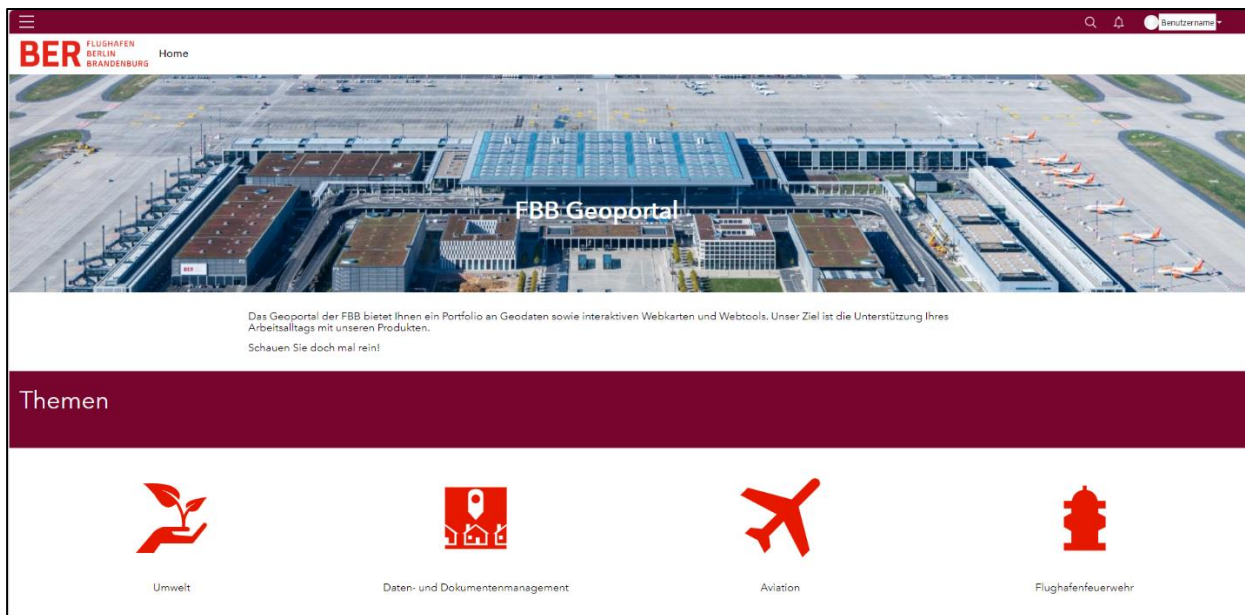


Abbildung 4: Seitenkopf und Themenübersicht - Prototyp I

Der Nutzer erhält bei Klick auf eine der Themenkacheln gemäß dem in Kapitel 3.2.2 formulierten Konzept einen Hinweis, dass die Inhalte noch in Bearbeitung sind. Dies wird beispielhaft in Abbildung 5 gezeigt.

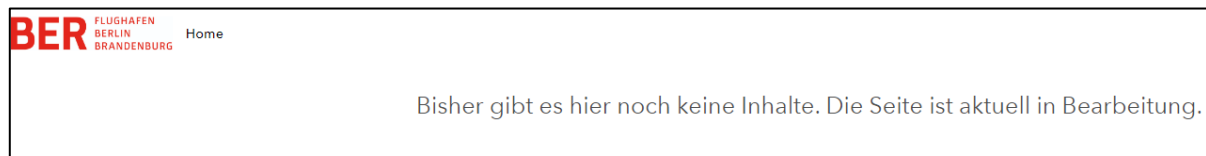


Abbildung 5: Hinweismeldung Themenkacheln – Prototyp I

Der dritte Bereich wird in Abbildung 6 durch den Datenkatalog und einer Auswahl im Unternehmen genutzten WebGIS-Karten bzw. Anwendungen abgebildet.

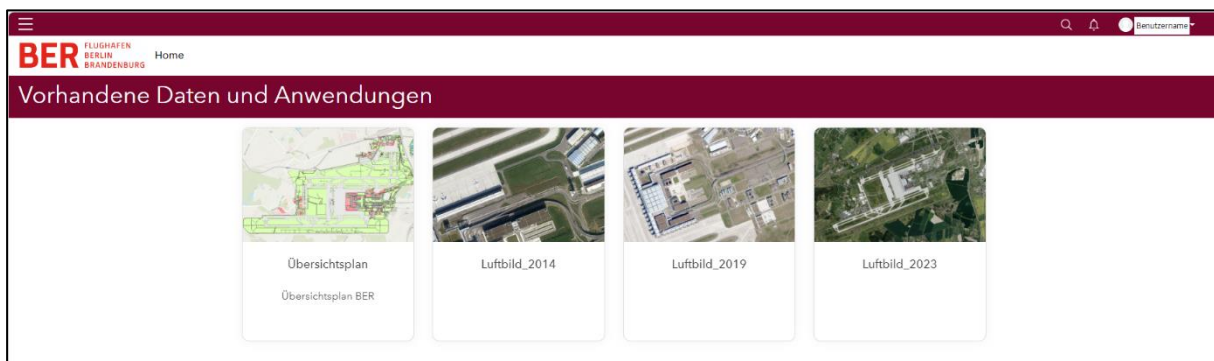


Abbildung 6: Datenkatalog - Prototyp I

Der letzte Bereich umfasst den Datenviewer und die Fußzeile mit Verlinkungen zum Nutzerhandbuch, zur Anwendungsdokumentation und zu den FAQ's. Weiterhin ist der Kontakt in Form einer E-Mail-Adresse angegeben. Per Klick darauf öffnet sich ein Pop-Up mit einer E-Mail, in der bereits der Empfänger hinterlegt ist. Dieser Bereich ist in Abbildung 7 zu sehen. Im Datenviewer wurden einige Funktionen implementiert, die dem Nutzer bei der Verwendung des Geoportals unterstützen sollen. Diese Werkzeuge umfassen das Filtern der Layer, die Erstellung von Lesezeichen, Zeichnen, Drucken und die Einblendung der Legende nach Bedarf. Des Weiteren ist innerhalb der Anwendung eine Suchleiste implementiert, die eine Suche z.B. nach Gebäudenummern oder Straßennamen zulässt.

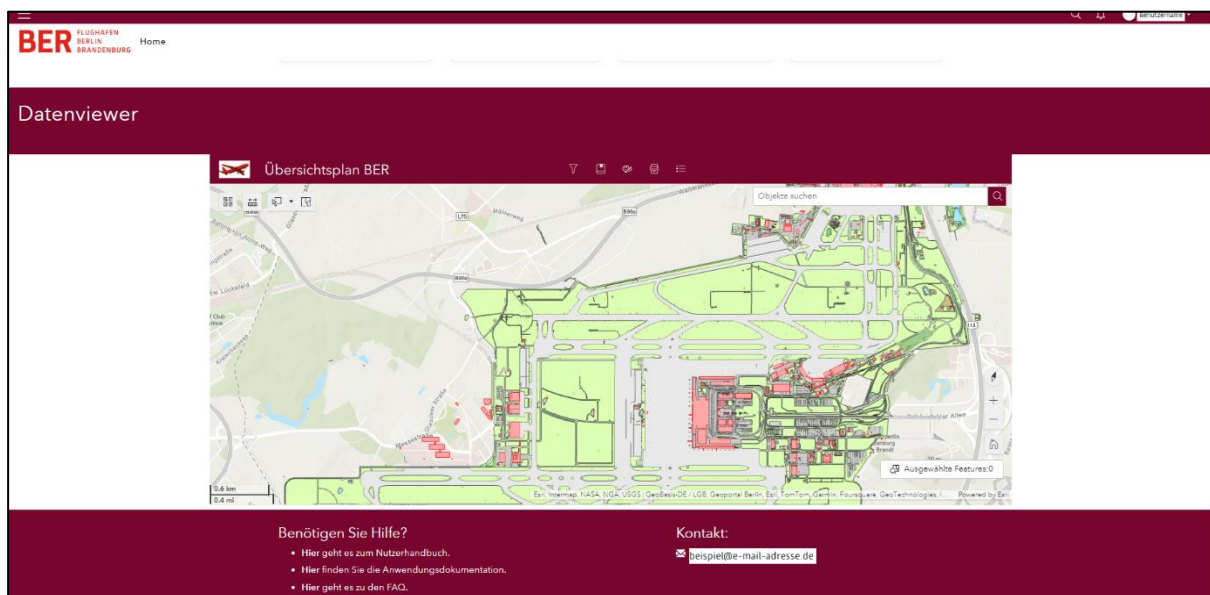


Abbildung 7: Datenviewer und Fußzeile - Prototyp 1

Die Hilfe wurde gemäß dem Konzept in Kapitel 3.2.2 als Nebenseite implementiert. Der Aufruf dieser Seite ist nur über die Verlinkung in der Fußzeile der Hauptseite möglich. Die Inhalte der Hilfe werden nachfolgend in Abbildung 8 dargestellt.

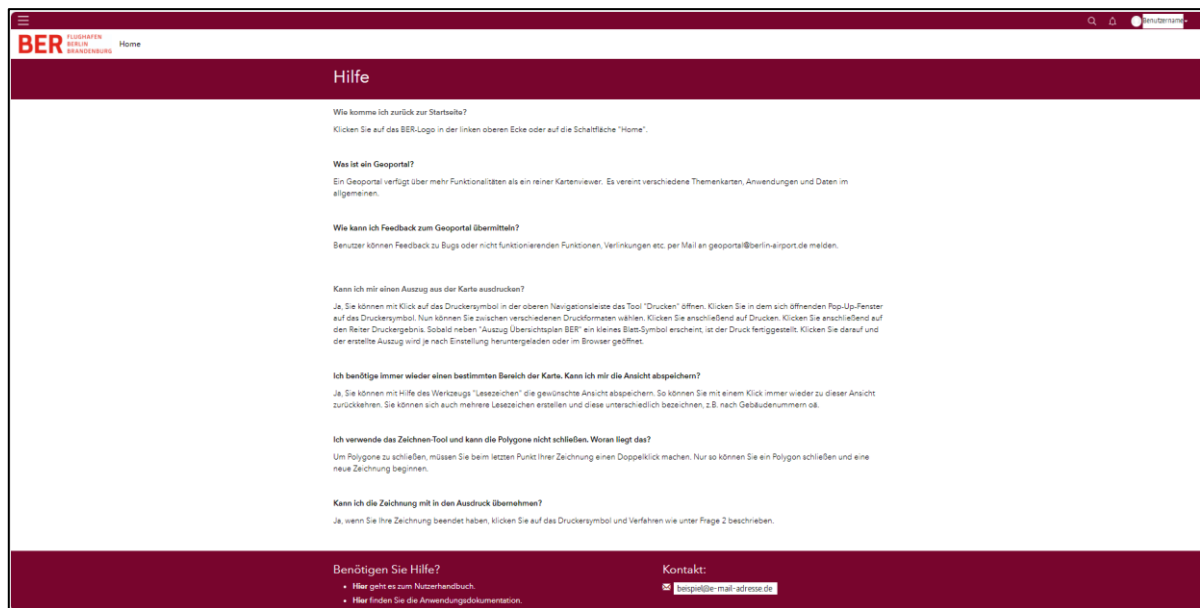


Abbildung 8: Hilfe - Prototyp I

Prototyp II

Im zweiten Prototyp wurden fünf Hauptseiten und sechs Nebenseiten umgesetzt. Die Kopf-, Navigations- und Fußzeilen wurden so implementiert, dass sie bei allen Haupt- und Nebenseiten identisch sind. Dies vereinheitlicht die Navigation für den Nutzer.

Die Startseite ist in zwei Bereiche eingeteilt. Der Seitenkopf besteht aus Kopf- und Navigationszeile sowie einem Bild mit darauf liegendem Einstiegstext. Dieser setzt sich durch den farbigen Hintergrund vom Bild ab und fällt somit direkt in den Blick der Nutzer. Unter dem Bild wird eine Suchleiste unter einem kurzen Willkommensgruß eingebunden. In der darauffolgenden Zeile befindet sich ein News-Bereich, damit Nutzer beim Öffnen des Geoportals z.B. über Neuigkeiten aus den Fachbereichen, neuen Inhalten im Datenkatalog oder anderen Meldungen informiert werden. In Abbildung 9 wird der Seitenkopf bis zum Newsbereich dargestellt.

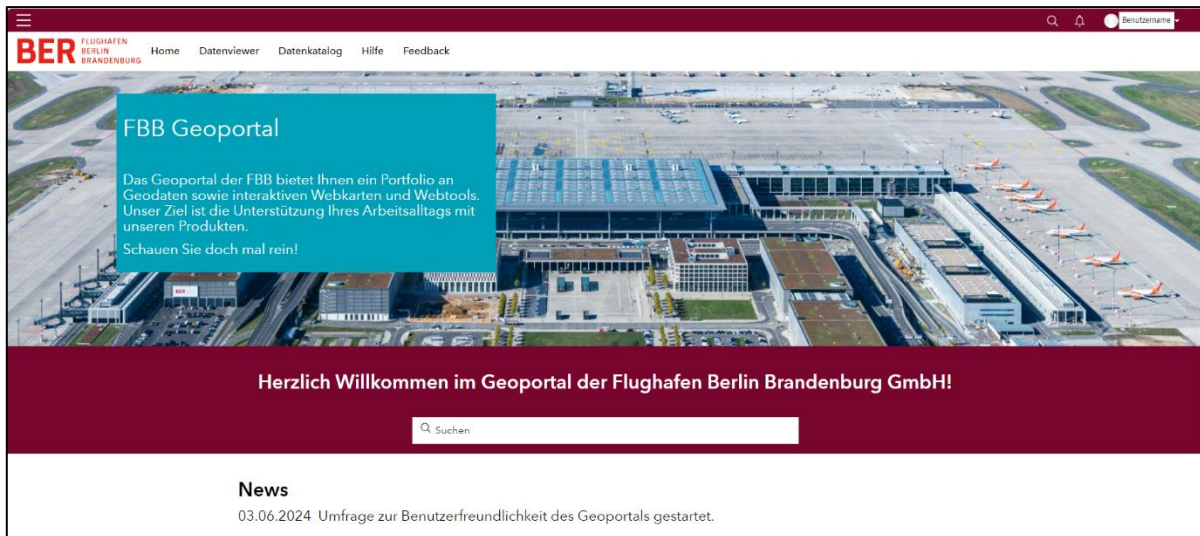


Abbildung 9: Seitenkopf - Prototyp II

Der zweite Bereich umfasst die Themenkacheln und die Fußzeile. Die Themenkacheln wurden mit gerundeten Ecken und Schatten versehen, sodass sie klar erkennbar sind. Weiterhin wurde ein Button mit dem Text „Anzeigen“ je Kachel hinzugefügt, sodass dem Nutzer verdeutlicht wird, dass sich dahinter weitere Informationen befinden. Mit Klick auf eine der Themenkacheln erhält der Nutzer genau wie im ersten Prototyp eine Meldung, dass sich die Inhalte derzeit noch in Bearbeitung befinden. Zusätzlich wurde hier eine Schaltfläche implementiert, die den Nutzer zurück zur Startseite führt, wie in Abbildung 10 ersichtlich.

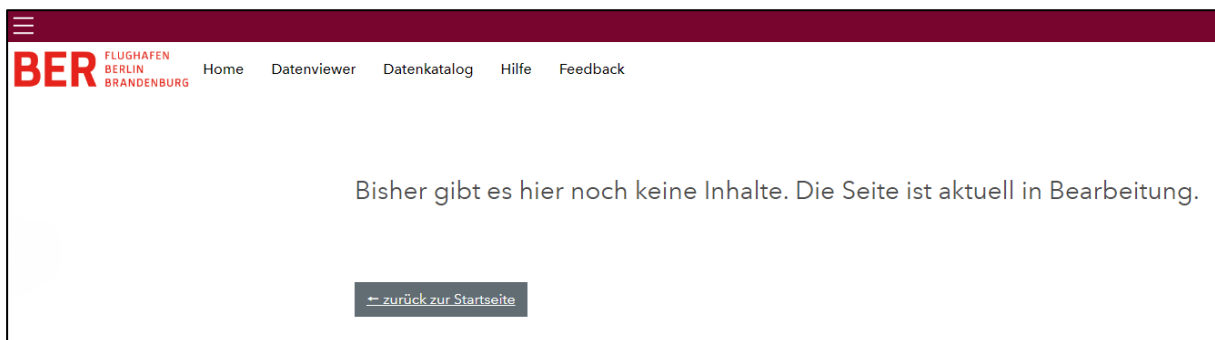


Abbildung 10: Hinweismeldung Themenkacheln - Prototyp II

Die Fußzeile wurde inhaltlich identisch zum ersten Prototyp umgesetzt. Allerdings wurden die Wörter mit Links in einer anderen Farbe, fett und unterstrichen gestaltet, sodass sie sich deutlicher vom Hintergrund und dem restlichen Text abheben. Zusätzlich wurde ein Button eingefügt, der den Nutzer mit Klick darauf zum Anfang der Seite zurückbringt. Dieser Bereich wird in Abbildung 11 präsentiert.

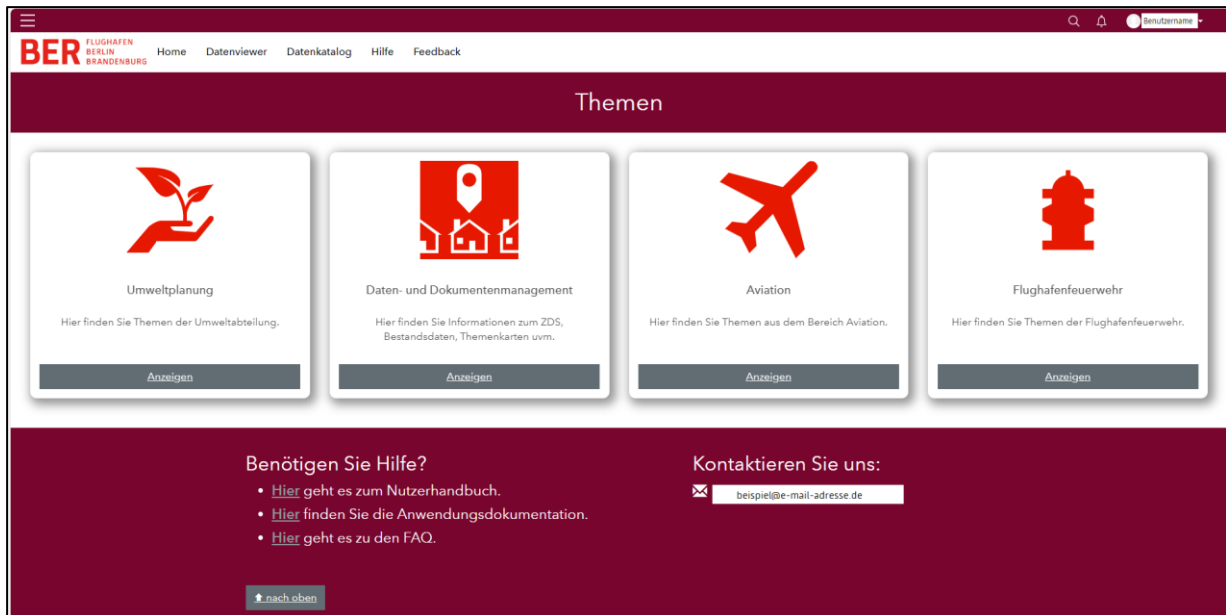


Abbildung 11: Themenbereich und Fußzeile - Prototyp II

Der Datenviewer wurde auf der zweiten Hauptseite implementiert. Wie in Abbildung 12 ersichtlich, ist die Anwendung größer als im ersten Prototyp. Dem Nutzer stehen ebenso die Werkzeuge Filter, Lesezeichen, Zeichnung, Drucken sowie die Anzeige der Legende zur Verfügung. Auch hier wurde eine Suchleiste zur Suche von Objekten oder Straßen umgesetzt. Die eingebundene WebGIS Applikation enthält zusätzlich eine Funktion, Änderungen bzw. Fehler in der Karte zu melden. Dafür wurde ein entsprechendes Formular mittels ArcGIS Survey123 erstellt.

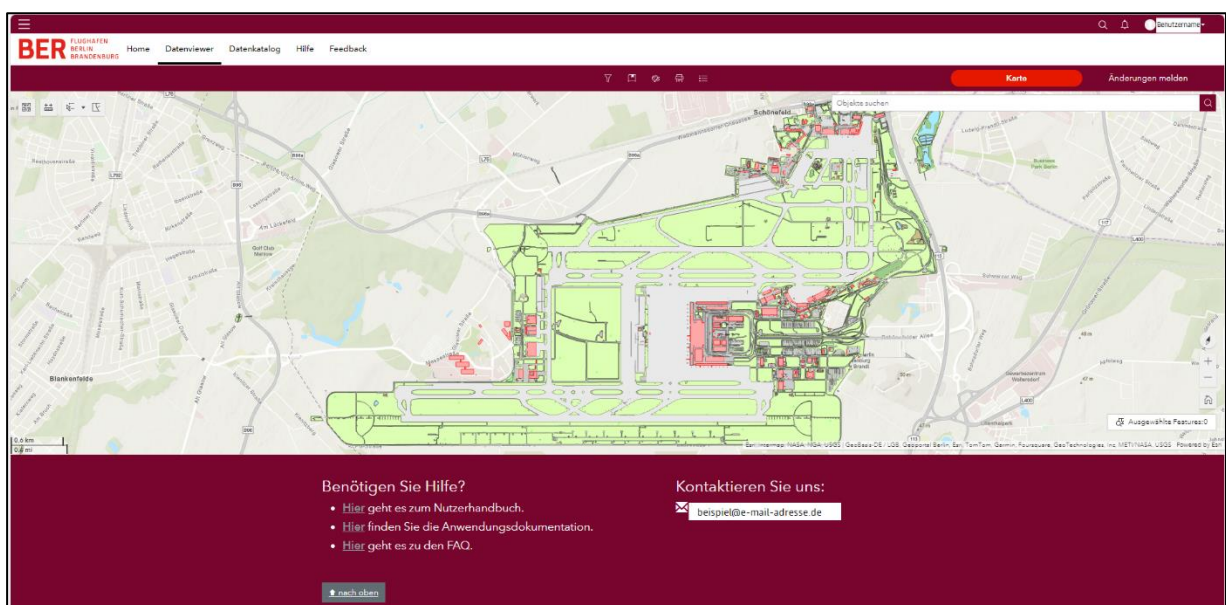


Abbildung 12: Datenviewer Kartenansicht - Prototyp II

Hierzu kann der Nutzer zwischen „Karte“ und „Änderungen melden“ hin und her schalten, ohne den Datenviewer verlassen zu müssen.

Im Formular werden Angaben zur betroffenen Stelle der Karte gemacht und können mittels Dateianhängen detaillierter beschrieben werden. Für Rückmeldungen zur Bearbeitung der Meldung soll der Hinweisgeber seine E-Mailadresse angeben. Das Formular zur Meldung von Änderungen ist in Abbildung 13 zu sehen.

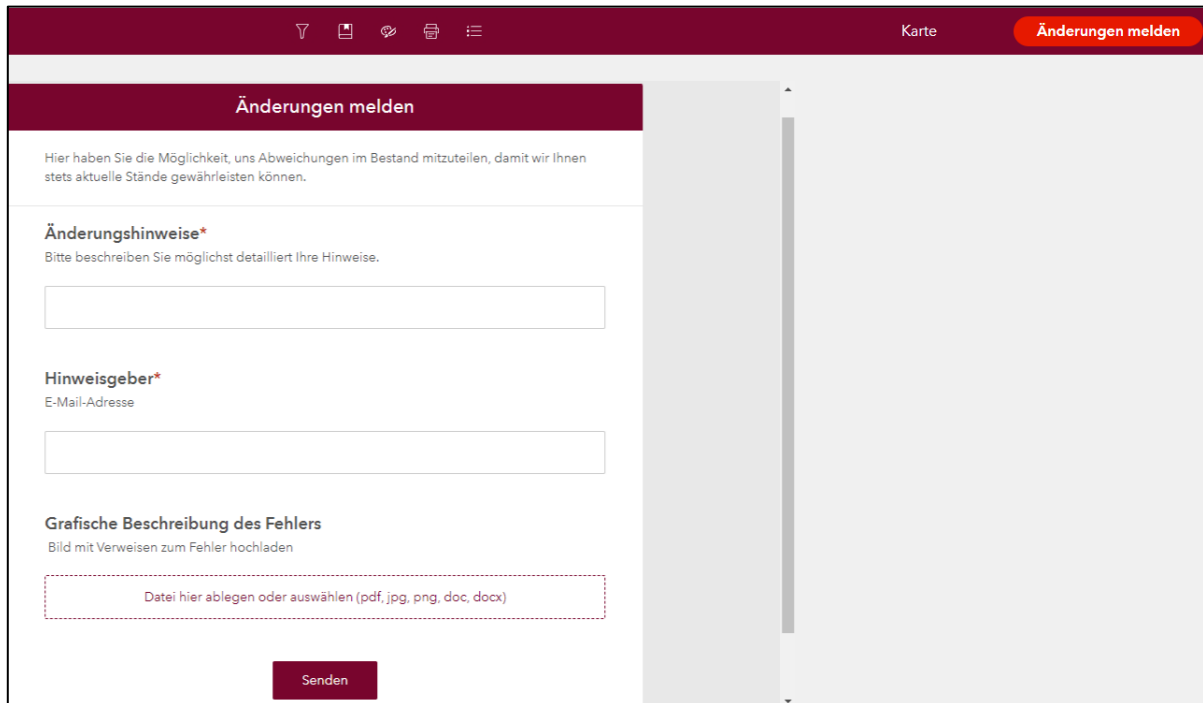


Abbildung 13: Formular Datenviewer - Prototyp II

Der Datenkatalog wurde in der dritten Hauptseite implementiert. Wie im ersten Prototyp wurden einige Beispiele von im Unternehmen vorhandenen WebGIS-Karten bzw. Anwendungen eingebettet. Weiterhin wurde der Hintergrund der Seite mit einem Bild befüllt. Der Datenkatalog wird in Abbildung 14 präsentiert.

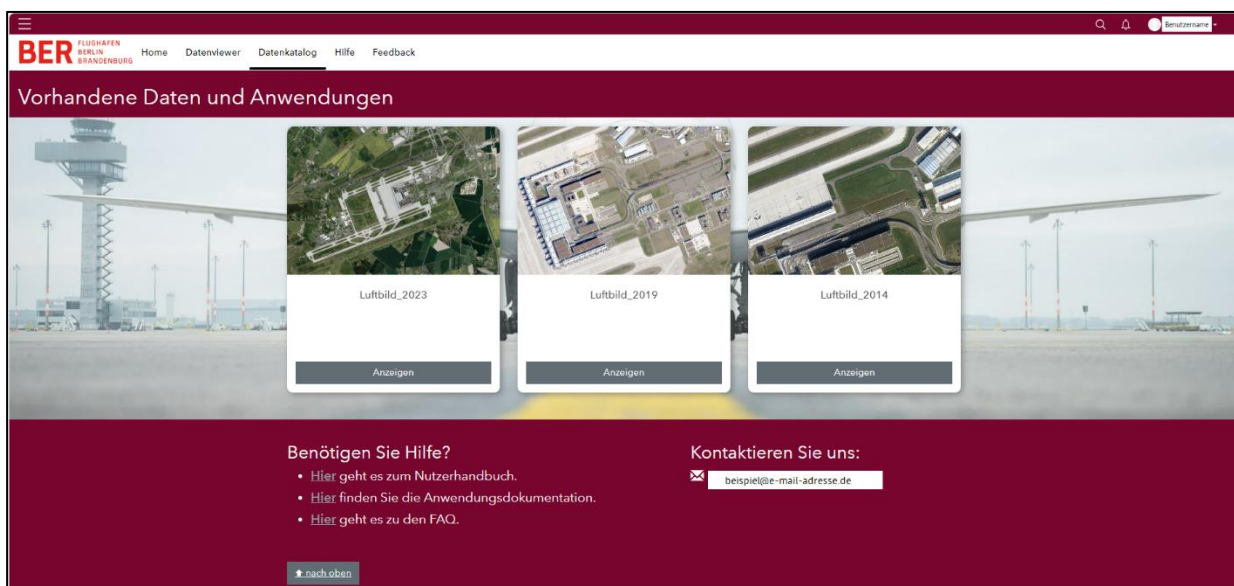


Abbildung 14: Datenkatalog - Prototyp II

Die Hilfe wurde als vierte Hauptseite umgesetzt. Die Fragen sind in dieser Ansicht nach Themen sortiert. Dies wird beispielhaft in Abbildung 15 verdeutlicht. Jede Frage ist als Klappbox angelegt, sodass mit Klick auf die Frage die entsprechende Antwort angezeigt wird.

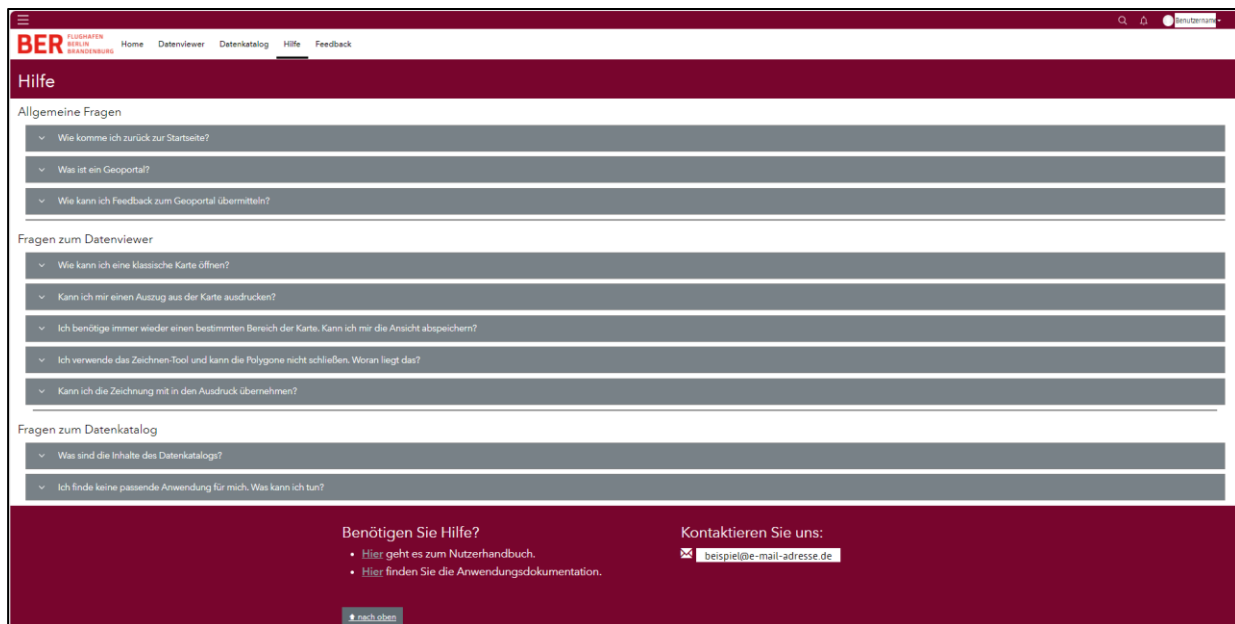


Abbildung 15: Hilfe - Prototyp II

Auf der letzten Hauptseite erhält der Nutzer die Möglichkeit, Feedback abzugeben oder Probleme zu melden. Dazu wurde mit ArcGIS Survey123 ein entsprechendes Formular eingerichtet. Der Nutzer wählt darin aus einem Problem aus und kann zusätzlich Dateianhänge mit ausführlichen Beschreibungen oder Screenshots hochladen. Sollte kein direktes Problem vorliegen und der Nutzer möchte allgemeine Hinweise mitteilen, kann dies in Textform ebenfalls erfolgen. Um mit dem Nutzer bei schwereren Problematiken zur Klärung in Kontakt treten zu können, soll dieser seine E-Mail-Adresse hinterlegen. Abschließend kann mittels Sterneskala eine Bewertung für den Gesamteindruck des Portals abgegeben werden. In Abbildung 16 wird das Feedback-Formular dargestellt.

Feedback zum Geoportal

Nutzen Sie dieses Formular, um Hinweise und Anmerkungen zu Funktionen, Bugs oder anderen Problemen zu melden.

Welches Problem ist Ihnen aufgefallen?

-Wählen Sie-

Kurzbeschreibung des Problems

Ausführliche Beschreibung des Problems
Laden Sie eine ausführliche Problembeschreibung hoch.

1 Datei hier ablegen oder auswählen (pdf, doc, docx, pptx, ppt. Maximal zulässige Anzahl von Dateien: 3)

Möchten Sie noch etwas anderes mitteilen?

1000

Hinweisgeber*
E-Mail-Adresse

Ihr Gesamteindruck vom Geoportal:

☆☆☆☆☆

Senden

Abbildung 16: Feedback-Formular Prototyp II

3.3 Methoden zur Prüfung der Usability

Bei der Überprüfung von Usability einer Softwareanwendung wird in quantitative und qualitative Methoden unterschieden. Maramba et al. (2019) beschreiben in ihrer Studie einige quantitative Methoden, wie z.B. der Einsatz von Fragebögen und Aufgabenerledigung innerhalb einer empirischen Nutzerstudie. Auch Mahendiran und Chandrakasan (2023) sehen die Verwendung von Fragebögen bzw. eine Sozialbefragung als wichtiges Instrument bei der Erhebung empirischer Daten an. Als qualitative Methoden können beispielsweise Thinking-Aloud-Protokollierung, Fokusgruppen, Heuristiken (Maramba et al. 2019) und Interviews (Mahendiran und Chandrakasan 2023) angeführt werden.

Maramba et al. (2019) beschreiben weiterhin, dass es oftmals auch zu Kombinationen von quantitativen und qualitativen Methoden in Abhängigkeit vom Nutzungskontext kommen kann.

Eine weitere Unterteilung kann zwischen Remote-Usability-Tests und Tests unter Laborbedingungen getroffen werden. Durch die räumliche Trennung zwischen Probanden und Testleitern entsteht ein für Probanden komfortableres Testumfeld, in dem sie in einer ihnen vertrauten Umgebung den Test am Computer flexibel durchführen können (Lorenzen-Schmidt und Nufer 2008). Dadurch ist eine hohe Anzahl an Probanden oftmals einfacher zu rekrutieren, als für Labortestungen (Lorenzen-Schmidt und Nufer 2008). Bei Labortestungen kann der Testleiter jedoch gezielte Fragen stellen oder im Gespräch mit Probanden detailliertere Informationen herausbekommen.

Für die durchzuführende Nutzerstudie innerhalb dieser Master-Thesis wird sich für eine Remote-Testung entschieden, um möglichst viele Mitarbeiter an den unterschiedlichen Standorten innerhalb kurzer Zeit zu erreichen. Weiterhin ist es so auch Mitarbeitern im Schichtdienst möglich, an der Befragung teilzunehmen, da sie flexibler in der Durchführung sind. Des Weiteren wird sich für ein quantitatives Vorgehen entschieden, bei dem eine Kombination aus Aufgabenerledigung und anschließendem Fragebogen gewählt wird. Damit werden die Prototypen in praxisähnlichen Situationen getestet und durch die späteren Nutzer vorab bewertet.

3.4 Fragebogenauswahl

Zur Erfassung der Usability mit Hilfe eines Fragebogens gibt es eine Vielzahl an standardisierten Tests bzw. Fragebögen. Briva-Iglesias und O'Brien (2023) stellen in ihrer Studie die Verwendung des AttrakDiff-Fragebogens sowie den User Experience Fragebogen (UEQ) vor. Hajesmaeel-Gohari und Bahaadinbeigy (2021) führen den QUIS- sowie PSSUQ-Fragebogen zur Einschätzung der Zufriedenheit der Nutzer an. Peres et al. (2013) stellen den System Usability Scale (SUS) als geeignete Methode für die Gestaltung eines Fragebogens vor. Alle genannten Fragebögen zeichnen sich durch mehrstufige Bewertungsskalen aus. So lässt sich die Vergleichbarkeit bei der Bewertung mehrerer Produkte gewährleisten.

Der System Usability Scale ist eine seit 1996 gängige Methode von John Brooke, um Benutzerfreundlichkeit quantitativ, mit wenig Zeitaufwand und wenig Kosten zu untersuchen (Peres et al. 2013). Dabei handelt es sich um einen sehr kurz gehaltenen Test, bestehend aus zehn Aussagen auf einer fünfstufigen Likert-Skala, welche von starker Ablehnung („stimme überhaupt nicht zu“) zu starker Zustimmung („stimme voll zu“) reicht (Peres et al. 2013, Król 2024).

So soll den Befragten die Möglichkeit gegeben werden, mögliche extreme Haltungen der Zustimmung oder Ablehnung auszudrücken (Peres et al. 2013). Die Aussagen werden abwechselnd positiv und negativ formuliert, um Verzerrungen aufgrund mangelnder Aufmerksamkeit beim Ausfüllen zu berücksichtigen (Brooke 1996, Peres et al. 2013).

Bei genauerer Betrachtung der zehn Aussagen fällt auf, dass diese nur sehr allgemein die Usability des Produkts untersuchen. Weiterhin würden so keinerlei demografische Daten erfasst, wodurch keine klaren Nutzergruppen festgestellt werden können. Aufgrund dieser Feststellungen wurde sich dafür entschieden, einen eigenständigen Fragebogen nach dem Grundprinzip des SUS-Tests zu gestalten und ihn unter anderem durch die Abfrage von demografischen Angaben zu ergänzen. Alle anderen angeführten Fragebögen werden daher nicht spezifischer erläutert. Durch die Bewertung mittels Likert-Skala bleibt der zeitliche Aufwand für die Probanden im Rahmen, trotz der eigenständigen Gestaltung des Fragebogens mit mehr als zehn Fragen.

3.5 Empirische Nutzerstudie

3.5.1 Aufgaben

Zur Testung der beiden angefertigten Prototypen sollen Aufgaben gestellt werden, die in der späteren Praxis tatsächlich mit dem Geoportal gelöst werden sollen. Hierzu zählen vor allem die Suche nach Inhalten wie z.B. Luftbilder aber auch die Arbeit mit einer vorhandenen Karte und ihren Werkzeugen.

Trotz der unterschiedlichen Implementierungen müssen die Aufgaben so gestellt sein, dass sie mit beiden Prototypen gelöst werden können. Daher werden zu Beginn Aufgaben zum Datenviewer und seinen Werkzeugen gestellt. Der Datenviewer ist unter anderem dafür gedacht, Mitarbeitern einen Zugang zu den Geodaten zu gewähren, beispielsweise zur Datenexploration. Insofern stellt die Suche nach Objekten oder die Verwendung des Lesezeichen- bzw. Druckwerkzeugs durchaus eine praxistypische Situation dar.

Des Weiteren stellt auch die generelle Suche nach Informationen im Geoportal eine alltägliche Aufgabe dar. Daher sollen die Befragten die Suchfunktion mittels verschiedener Suchbegriffe testen. Darüber hinaus werden mit Aufgaben zu Hilfe, grundsätzlicher Navigation und Themenauswahl weitere praxisnahe Situationen getestet. Insgesamt wurden 18 Aufgaben formuliert, die in Anhang A nachlesbar sind. Die Aufgaben dienen dazu, gezielt festzustellen, ob sich die umgesetzten qualitativen Anforderungen positiv auf die User Experience auswirken.

3.5.2 Fragebogen

Als technisches Instrument zur Befragung wurde LimeSurvey ausgewählt. Mit diesem Werkzeug lässt sich die gewünschte Zufallswahrscheinlichkeit von etwa 50% beim Öffnen der Befragung problemlos einrichten. Damit soll eine gleichmäßige Bewertung der beiden Prototypen sichergestellt werden. Die Teilnehmenden sollen nur einen Prototyp beurteilen, um eine unvoreingenommene Bewertung vornehmen zu können. Weiterhin soll so verhindert werden, dass eine Ungleichverteilung der Stichproben entsteht. In der Folge lässt sich sonst nicht sicherstellen, ob einige Probanden zwei Mal teilgenommen haben, was die Verallgemeinerung der Ergebnisse beeinflussen würde.

Der Fragebogen ist in sechs Abschnitte eingeteilt. Der erste Abschnitt stellt den Einstieg in die Befragung dar und enthält abgestimmte Datenschutzhinweise der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH. Nach Theobald (2017) sollten die Nutzer am Anfang des Fragebogens kurz über den Hintergrund, Ablauf und die Dauer der Befragung informiert werden. Daher werden den Probanden diese Informationen zur Befragung im zweiten Abschnitt näher erläutert.

Im dritten Abschnitt der Befragung werden einige demografische Angaben wie Alter, Geschlecht und Organisationseinheit des Unternehmens abgefragt. Des Weiteren werden die Nutzungshäufigkeit sowie die am meisten verwendeten Funktionen erfragt. So soll die Bedeutung des Geoportals für berufliche Aufgaben erfasst werden, um für die spätere Weiterentwicklung der Inhalte mögliche Hinweise zu erhalten. Dabei ist auch eine Erweiterung der Kernfunktionalitäten denkbar. Weiterhin kann so die bisherige Erfahrung der Teilnehmer im Umgang mit Geoportalen geprüft werden.

Im Anschluss an die ersten Fragen werden im vierten Abschnitt die im Anhang A formulierten Aufgaben gestellt. Hierbei wurde mittels einer für die Probanden versteckten Gleichungsfrage eine Einteilung in zwei Teilgruppen vorgenommen. Mit der Formel $if(is_empty(gleichung), rand(1, 2), gleichung)$ konnte die zufällige Einteilung der Teilnehmer in Gruppen vorgenommen werden. Mit dieser Formel lässt sich prüfen, ob z.B. durch Rückwärts-Navigation bereits zufällig die Zahl 1 oder 2 festgelegt wurde. Wenn während der Prüfung keine Zahl gefunden wird, erfolgt in diesem Schritt die Zuteilung. Je nach zugewiesener Nummer ist entweder der Link zu Prototyp I oder II enthalten.

Im Hauptteil des Fragebogens werden wie bereits in Kapitel 3.4 angedeutet, eigene Aussagen in Anlehnung an den System Usability Scale entwickelt, die genauer auf die beiden erstellten Prototypen eingehen.

Die 16 Aussagen sind thematisch in der gleichen Reihenfolge angeordnet, wie die Aufgaben gestellt wurden. Die Befragung ist als fünfstufige Likert-Skala angelegt, bei der die Bewertung von „Stimme überhaupt nicht zu“ über „neutral“ zu „Stimme voll und ganz zu“ vorgenommen werden kann. Die Aussagen sind abwechselnd positiv und negativ formuliert, um den von Brooke (1996) und Peres et al. (2013) in Kapitel 3.4 beschriebenen Grund zu vermeiden.

Zum Abschluss der Befragung wird im letzten Abschnitt als offene Frage optional die Möglichkeit geboten, weitere Anmerkungen oder Hinweise abzugeben. Der vollständige Fragebogen ist in Anhang A zu finden.

3.5.3 Durchführung und Aufbereitung

Als klare Zielgruppe der Befragung standen ausschließlich Mitarbeiter der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH im Fokus. Für die Durchführung der Befragung wurde am 28.06.2024 ein Intranetartikel veröffentlicht, welcher auf die Hintergründe der Befragung hinwies sowie den Link zur Umfrage enthielt. Die Befragung wurde nach einem Update des Artikels nach einer Woche am 12.07.2024 geschlossen. Insgesamt haben 337 Personen die Befragung geöffnet. 178 (52,8%) Personen haben die Befragung an unterschiedlichen Stellen abgebrochen, dagegen haben 159 (47,2%) Personen alle Fragen vollständig beantwortet. Demnach beträgt die Stichprobengröße für die weitere Betrachtung 159. Trotz der hohen Abbruchquote konnte eine zufällige Verteilung der Prototypen auf 80 Antworten zu Prototyp I und 79 Antworten für Prototyp II erzielt werden.

Keiner der Teilnehmenden hat Probleme bei der Benutzung des Fragebogens gemeldet. Als optionales Feedback wurde allerdings einige Male geäußert, dass die Beurteilung der Fragestellungen ohne Erfahrung schwierig ist. Auch die doppelte Verneinung durch die negativ formulierten Fragestellungen und der Einteilung der Likert-Skala wurde kritisiert.

Zur Auswertung der Befragungsergebnisse werden in Kapitel 4 unter anderem deskriptive Statistiken gewählt. Weiterhin soll die Repräsentativität, die Signifikanz und die Zufälligkeit der Ergebnisse geprüft werden. Die Daten ließen sich aus LimeSurvey in eine Excel-Tabelle exportieren. Dadurch waren erste Häufigkeitsanalysen und Berechnungen deskriptiver statistischer Kennzahlen möglich. Die Berechnungen der Signifikanztests sollen mit R in RStudio durchgeführt werden.

4 Ergebnisse

4.1 Überprüfung Repräsentativität mit Chi²-Tests

4.1.1 Altersgruppen

H₀ = Die Stichprobe stammt aus der Grundgesamtheit (FBB-Mitarbeiter).

H₁ = Die Stichprobe weicht signifikant von der Grundgesamtheit (FBB-Mitarbeiter) ab.

Tabelle 4: Berechnungsgrundlage Chi²-Test (Altersgruppen)

Altersgruppe	Stichprobe	Erwartungswerte	Differenz
20 - 30	27	26	1
30 - 40	39	39	0
40 - 50	51	44	7
50 - 60	31	39	-8
über 60	11	12	-1
Summe	159	159	

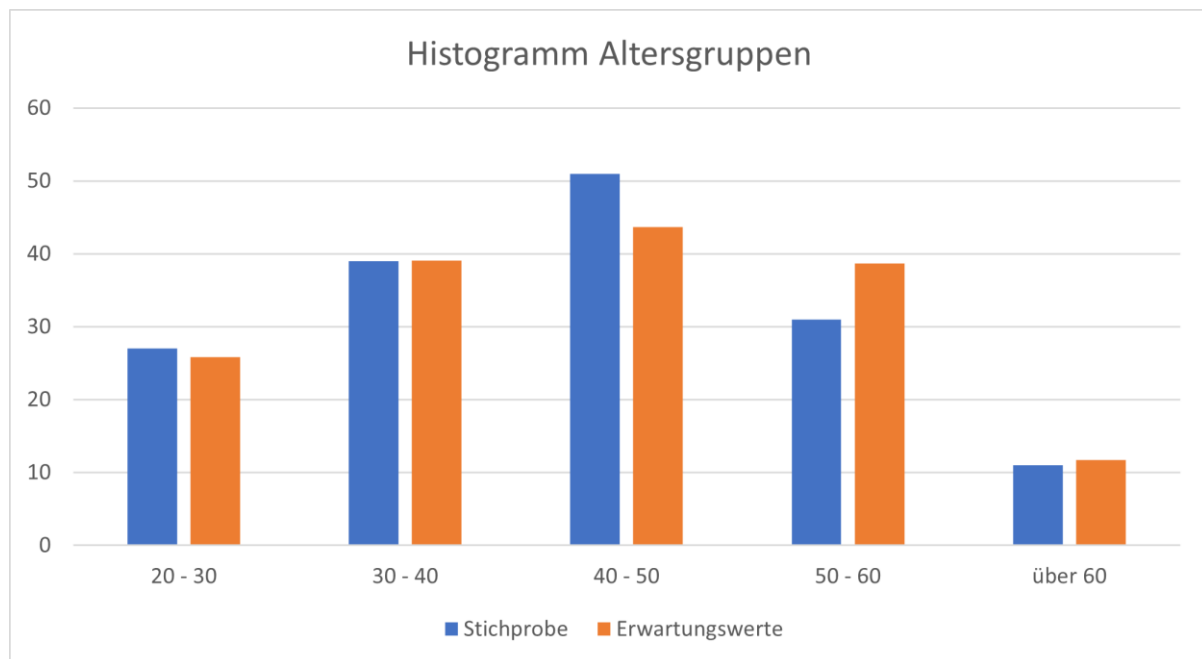


Abbildung 17: Gegenüberstellung Stichprobe - Erwartungswert Chi²-Test (Altersgruppen)

In Tabelle 4 wird die Berechnungsgrundlage für den Chi²-Test dargestellt. Die Erwartungswerte sind dabei auf ganze Zahlen gerundet, da die Untersuchung auf Personen bezogen ist. In Abbildung 17 werden die Häufigkeiten der Stichprobe sowie der Erwartungswerte graphisch gegenübergestellt.

Tabelle 5: Ergebnisübersicht Chi²-Test (Altersgruppen)

Kenngröße	Wert
Chi ² -Wert	2,8699
α	0,05
Freiheitsgrad df	4
p-Wert	0,5798
Kritischer Chi ² -Wert	9,488

In Tabelle 5 werden die Ergebnisse des Chi²-Tests für die Variable „Alter“ abgebildet. Der Chi²-Wert ist geringer als der kritische Wert, was für die Nullhypothese spricht. Der p-Wert ist größer als das angenommene Signifikanzniveau α mit 0,05, weshalb die Nullhypothese beibehalten wird.

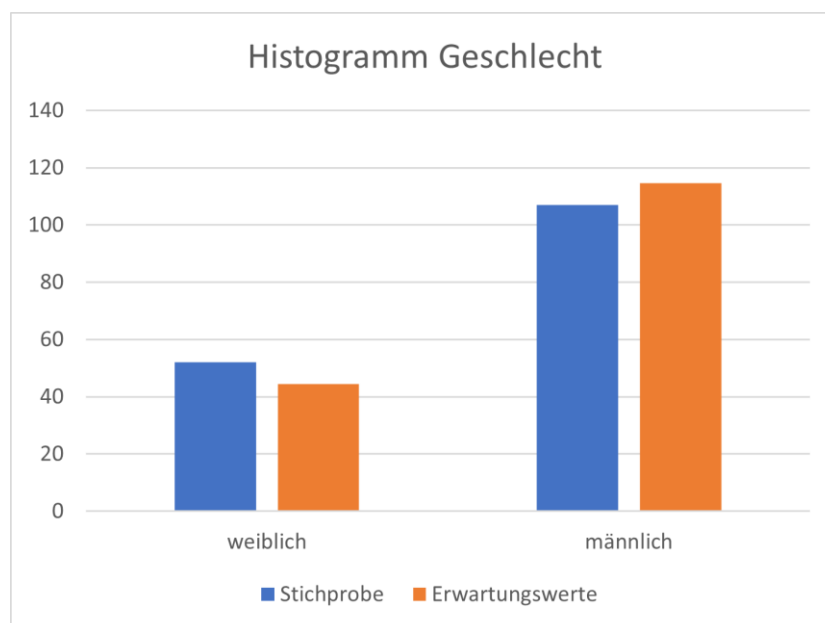
4.1.2 Geschlecht

H₀ = Die Stichprobe stammt aus der Grundgesamtheit (FBB-Mitarbeiter).

H₁ = Die Stichprobe weicht signifikant von der Grundgesamtheit (FBB-Mitarbeiter) ab.

Tabelle 6: Berechnungsgrundlage Chi²-Test (Geschlecht)

Geschlecht	Stichprobe	Erwartungswerte	Differenz
weiblich	52	44	8
männlich	107	115	-8
Summe	159	159	

Abbildung 18: Gegenüberstellung Stichprobe - Erwartungswert Chi²-Test (Geschlecht)

In Tabelle 6 wird die Berechnungsgrundlage für den Chi²-Test in Bezug auf die Variable „Alter“ dargestellt. Die Erwartungswerte sind auch hier auf ganze Zahlen gerundet, da die Untersuchung nach wie vor auf Personen bezogen ist. In Abbildung 18 werden die Häufigkeiten der Stichprobe sowie der Erwartungswerte graphisch gegenübergestellt.

Tabelle 7: Ergebnisübersicht Chi²-Test (Geschlecht)

Kenngroße	Wert
Chi ² -Wert	1,7995
α	0,05
Freiheitsgrad df	1
p-Wert	0,1798
Kritischer Chi ² -Wert	3,841

In Tabelle 7 werden die Ergebnisse des Chi²-Tests für die Variable „Geschlecht“ abgebildet. Der Chi²-Wert ist geringer als der kritische Wert, was für die Nullhypothese spricht. Der p-Wert ist größer als das Signifikanzniveau α , weshalb die Nullhypothese beibehalten wird.

Die Ergebnisse der Chi²-Tests für beide untersuchten Variablen zeigen, dass die Umfrageergebnisse als repräsentativ für die Grundgesamtheit „Flughafen Berlin Brandenburg GmbH“ angenommen werden können. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Stichproben Teil dieser Grundgesamtheit sind und deren Eigenschaften aufweisen.

4.2 Deskriptive Statistiken

4.2.1 Prototyp I

In Tabelle 8 werden verschiedene deskriptive Statistiken berechnet, um einen ersten Eindruck von den vorliegenden Daten zu erhalten. Die im Fragebogen gestellte Frage wird für die Auswertung in kürzer gefasste Variablen umgewandelt. Die vollständigen Fragen sind in Anhang A ersichtlich oder per Klick auf die jeweilige Variable direkt erreichbar.

Tabelle 8: Übersicht deskriptive Kennzahlen Prototyp I

Variablen	Min	Max	Mitte lw.	1. Qu.	2. Qu.	3. Qu.	Std. abw.	Vari anz	Schi efe	Kurt osis
Größe Datenviewer	1	5	3,76	3	4	5	1,17	1,37	-0,59	-0,81
Verständlichkeit Symbole	1	5	2,53	2	2	3	1,08	1,16	0,37	-0,57
Bedienung Kartenwerkzeuge	2	5	3,59	2	4	4	1,03	1,06	-0,31	-1,03
Verfügbare Kartenwerkzeuge	1	5	2,79	1	3	4	1,43	2,04	0,15	-1,26
Einstieg Karte	1	5	4,53	4	5	5	0,81	0,66	-2,27	5,92
Optimierung Datenviewer	1	5	2,94	2	3	4	1,06	1,12	-0,20	-0,53
Darstellung FAQ	1	5	3,74	3	4	4,25	1,04	1,08	-0,69	0,15
Menge Symbole	1	5	2,18	1,75	2	3	0,91	0,83	0,47	-0,01
Funktionen Symbole	1	5	3,56	3	4	4	0,95	0,91	-0,54	-0,36
Positionierung Suchfunktion	1	5	4,20	4	4	5	0,86	0,74	-1,37	2,36
Ansicht Suchergebnisse	1	5	2,15	1	2	3	1,15	1,32	0,88	0,04
Erkennbarkeit Links	1	5	3,45	2,75	4	4	1,33	1,31	-0,29	-0,91
Schriftgröße	1	5	2,03	1	2	3	1,11	1,24	0,97	0,22
Info nicht verfügbare Inhalte	1	5	3,38	3	3	4	1,04	1,07	-0,11	-0,11
Kontaktinformatio nen	1	4	2,14	1	2	3	0,95	0,90	-0,01	-1,43
Aufteilung Inhalte	2	5	3,94	3	4	5	0,93	0,87	-0,64	-0,35

Anhand der berechneten Kennzahlen lässt sich erkennen, dass keine Normalverteilung der einzelnen Variablen vorliegt. Bei Betrachtung der Mittelwerte bzw. des 2. Quartils (Median) zeigen sich eher rechts- und linksschiefe Verteilungen.

4.2.2 Prototyp II

Der Fragebogen wurde für beide Prototypen gleichermaßen verwendet, es wurden keine Unterschiede der Fragestellungen oder der Bewertungsskala vorgenommen. Tabelle 9 stellt die Ergebnisse der deskriptiven Statistiken für Prototyp II dar.

Tabelle 9: Übersicht deskriptive Kennzahlen Prototyp II

Variablen	Min	Max	Mitte lw.	1. Qu.	2. Qu.	3. Qu.	Std. abw.	Vari anz	Schi efe	Kurt osis
Größe Datenviewer	2	5	4,37	4	5	5	0,86	0,75	-1,16	0,35
Verständlichkeit Symbole	1	5	2,32	1	2	3	1,15	1,32	0,49	-0,83
Bedienung Kartenwerkzeuge	2	5	3,86	3	4	4	0,87	0,76	-0,43	-0,41
Verfügbare Kartenwerkzeuge	1	5	2,59	1	3	4	1,36	1,86	-0,31	-1,09
Einstieg Karte	2	5	4,54	4	5	5	0,73	0,53	-1,47	1,32
Optimierung Datenviewer	1	5	2,99	2,5	3	4	1,04	1,09	-0,25	-0,18
Darstellung FAQ	2	5	4,00	3	4	5	0,91	0,82	-0,53	-0,57
Menge Symbole	1	5	2,28	1,5	2	3	0,96	0,92	0,21	-0,51
Funktionen Symbole	2	5	3,87	3	4	4	0,81	0,65	-0,37	-0,25
Positionierung Suchfunktion	2	5	4,41	4	5	5	1,29	0,78	-1,59	1,83
Ansicht Suchergebnisse	1	5	2,13	1	2	3	1,11	1,24	0,60	-0,77
Erkennbarkeit Links	1	5	3,62	3	4	4	1,07	1,14	-0,36	-0,59
Schriftgröße	1	5	1,90	1	2	3	1,03	1,07	-0,01	-0,02
Info nicht verfügbare Inhalte	1	5	3,53	3	3	4	1,10	1,20	-0,29	-0,34
Kontaktinformatio nen	1	5	2,16	1	2	3	1,11	1,24	0,41	-1,01
Aufteilung Inhalte	1	5	4,10	4	4	5	0,94	0,89	-0,96	0,58

Anhand der berechneten Kennzahlen lässt sich wie bei Prototyp I erkennen, dass keine Normalverteilung der einzelnen Variablen vorliegt. Bei Betrachtung der Mittelwerte bzw. des 2. Quartils (Median) zeigen sich auch hier eher rechts- und linksschiefe Verteilungen.

4.3 Signifikanztests

Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde sich dafür entschieden, parametrische und nicht-parametrische Tests durchzuführen, um durch den Vergleich der Ergebnisse solide Schlussfolgerungen zu ziehen (Turner et al. 2020). Für die parametrischen Tests wurde eine Normalverteilung der Werte angenommen, auch wenn diese mit der vorliegenden Stichprobengröße nicht erreicht werden konnte (Stichwort Zentraler Grenzwertsatz). Für alle Tests werden die p-Werte gegen ein Signifikanzniveau α von 5% geprüft.

4.3.1 Kolmogorov-Smirnov-Test

H0 = Es liegt Normalverteilung vor.

H1 = Es liegt keine Normalverteilung vor.

Prototyp I

In Tabelle 10 werden die Ergebnisse der Berechnung zum Kolmogorov-Smirnov-Test dargestellt.

Tabelle 10: Ergebnisübersicht Kolmogorov-Smirnov-Test Prototyp I

Variablen	D	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	0,2303	0,000413	H1
Verständlichkeit Symbole	0,2242	0,000641	H1
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,2685	0,019610	H1
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,1695	0,020210	H1
Einstieg Karte	0,3710	0,000001	H1
Optimierung Datenviewer	0,2110	0,001610	H1
Darstellung FAQ	0,2371	0,000248	H1
Menge Symbole	0,2262	0,000558	H1
Funktionen Symbole	0,3020	0,000921	H1
Positionierung Suchfunktion	0,2833	0,005279	H1
Ansicht Suchergebnisse	0,2395	0,000207	H1
Erkennbarkeit Links	0,2218	0,000762	H1
Schriftgröße	0,2339	0,000317	H1
Info nicht verfügbare Inhalte	0,2538	0,000067	H1
Kontaktinformationen	0,2677	0,020930	H1
Aufteilung Inhalte	0,2642	0,028180	H1

Fazit: Da alle berechneten p-Werte unterhalb des Signifikanzniveau liegen, muss die Nullhypothese verworfen werden. Demnach liegt keine Normalverteilung der untersuchten Variablen vor. Die nachfolgende Abbildung 19 dient zur graphischen Verdeutlichung der geringen p-Werte und die dadurch einhergehende Entscheidung, die Alternativhypothese anzunehmen.

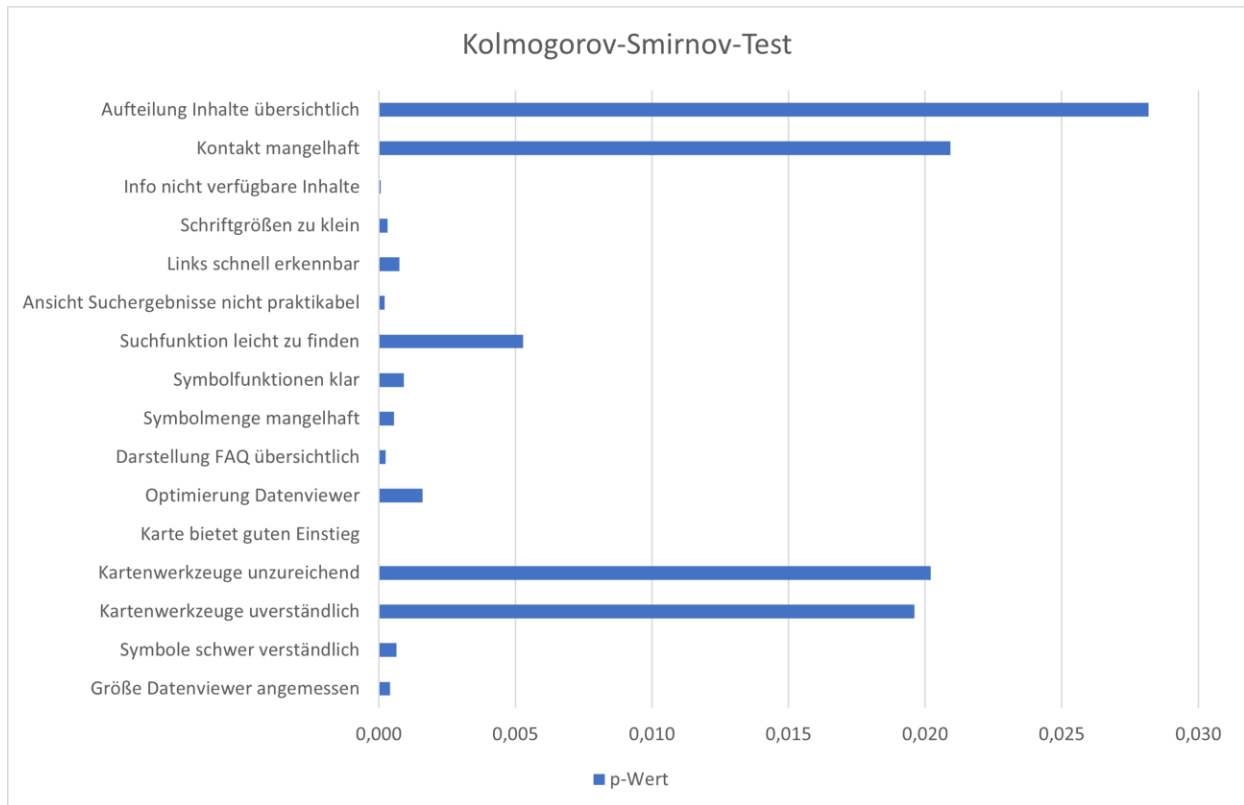


Abbildung 19: Darstellung p-Werte Kolmogorov-Smirnov-Test Prototyp I

Prototyp II

Tabelle 11: Ergebnisübersicht Kolmogorov-Smirnov-Test Prototyp II

Variablen	D	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	0,3501	0,00000776	H1
Verständlichkeit Symbole	0,2287	0,00051530	H1
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,2596	0,04769000	H1
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,1827	0,01023000	H1
Einstieg Karte	0,4046	0,00000001	H1
Optimierung Datenviewer	0,2517	0,09011000	H0
Darstellung FAQ	0,2215	0,00085880	H1
Menge Symbole	0,2169	0,00118200	H1
Funktionen Symbole	0,2712	0,01792000	H1
Positionierung Suchfunktion	0,3443	0,00001466	H1
Ansicht Suchergebnisse	0,2239	0,00072690	H1
Erkennbarkeit Links	0,1962	0,00458100	H1
Schriftgröße	0,2763	0,01158000	H1
Info nicht verfügbare Inhalte	0,2179	0,00110700	H1
Kontaktinformationen	0,2444	0,00015930	H1
Aufteilung Inhalte	0,2351	0,00032280	H1

In Tabelle 11 werden die Ergebnisse der Berechnung zum Kolmogorov-Smirnov-Test für Prototyp II dargestellt.

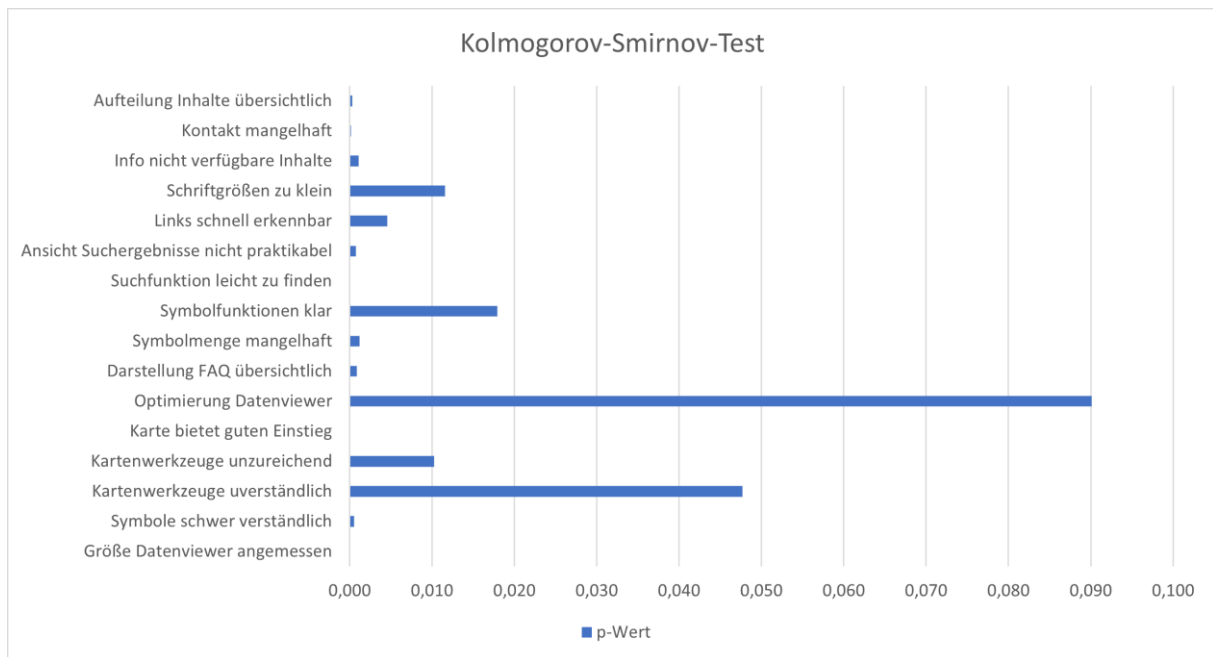


Abbildung 20: Darstellung p-Werte Kolmogorov-Smirnov-Test Prototyp II

Fazit: Da nahezu alle berechneten p-Werte unterhalb des Signifikanzniveau α liegen, muss die Nullhypothese verworfen werden. Demnach liegt keine Normalverteilung der untersuchten Variablen vor. Einzige Ausnahme stellt die Variable „Optimierung Datenviewer“ dar, hier wird die Nullhypothese beibehalten. Abbildung 20 dient zur graphischen Verdeutlichung der allgemein geringen p-Werte und des über dem Signifikanzniveau liegenden p-Wertes der Variable „Optimierung Datenviewer“. In Abbildung 21 wird zur Prüfung des Ergebnisses ein Histogramm dargestellt. Darin wird ersichtlich, dass eine leichte linksschiefe Verteilung der Daten vorliegt.

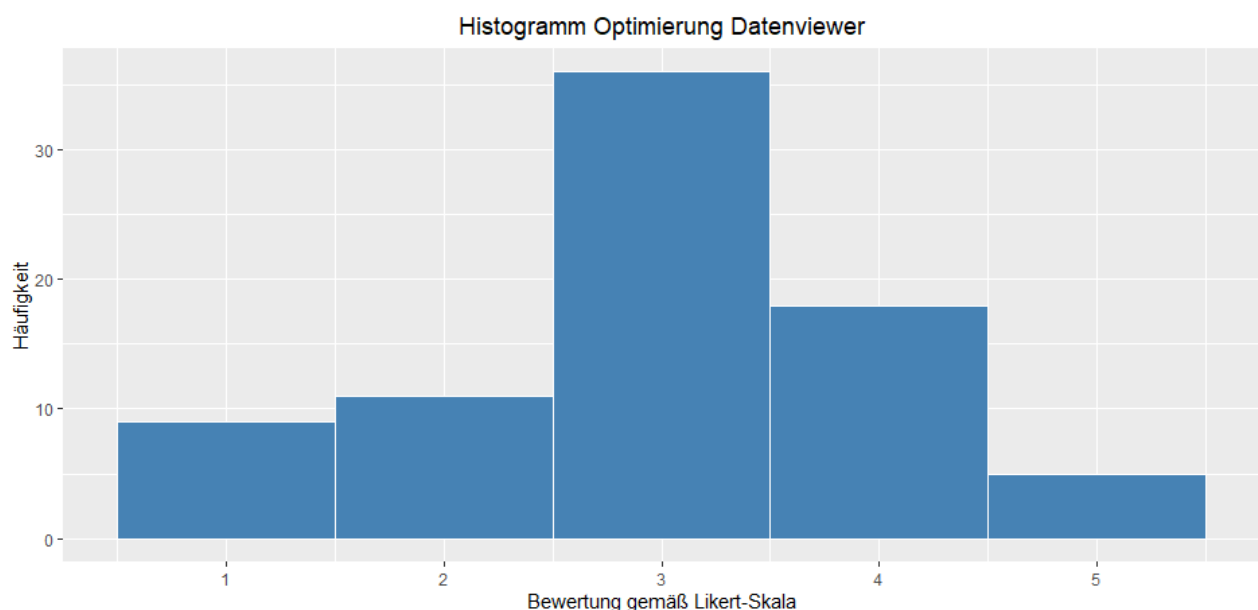


Abbildung 21: Histogramm der Variable "Optimierung Datenviewer" Prototyp II

4.3.2 Shapiro-Wilk-Test

H0 = Es liegt eine Normalverteilung vor.

H1 = Es liegt keine Normalverteilung vor.

Prototyp I

In Tabelle 12 werden die Ergebnisse der Berechnung zum Shapiro-Wilk-Test für Prototyp I dargestellt.

Tabelle 12: Ergebnisübersicht Shapiro-Wilk-Test Prototyp I

Variablen	W	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	0,85181	0,00018620	H1
Verständlichkeit Symbole	0,90007	0,01226000	H1
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,85173	0,00018520	H1
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,87820	0,00164900	H1
Einstieg Karte	0,61173	3,17E-13	H1
Optimierung Datenviewer	0,90681	0,02389000	H1
Darstellung FAQ	0,87351	0,00109200	H1
Menge Symbole	0,87035	0,00083530	H1
Funktionen Symbole	0,85626	0,00026410	H1
Positionierung Suchfunktion	0,76246	0,00000048	H1
Ansicht Suchergebnisse	0,84200	0,00009353	H1
Erkennbarkeit Links	0,89409	0,00000692	H1
Schriftgröße	0,82258	0,00002164	H1
Info nicht verfügbare Inhalte	0,87741	0,00152900	H1
Kontaktinformationen	0,80545	0,00000678	H1
Aufteilung Inhalte	0,83986	0,00007505	H1

Fazit: Da alle berechneten p-Werte jeweils deutlich kleiner sind als das angenommene Signifikanzniveau, muss die Nullhypothese verworfen werden. Demnach liegt keine Normalverteilung der untersuchten Variablen vor. Abbildung 22 dient zur graphischen Verdeutlichung der geringen p-Werte und die dadurch einhergehende Entscheidung, die Alternativhypothese anzunehmen.

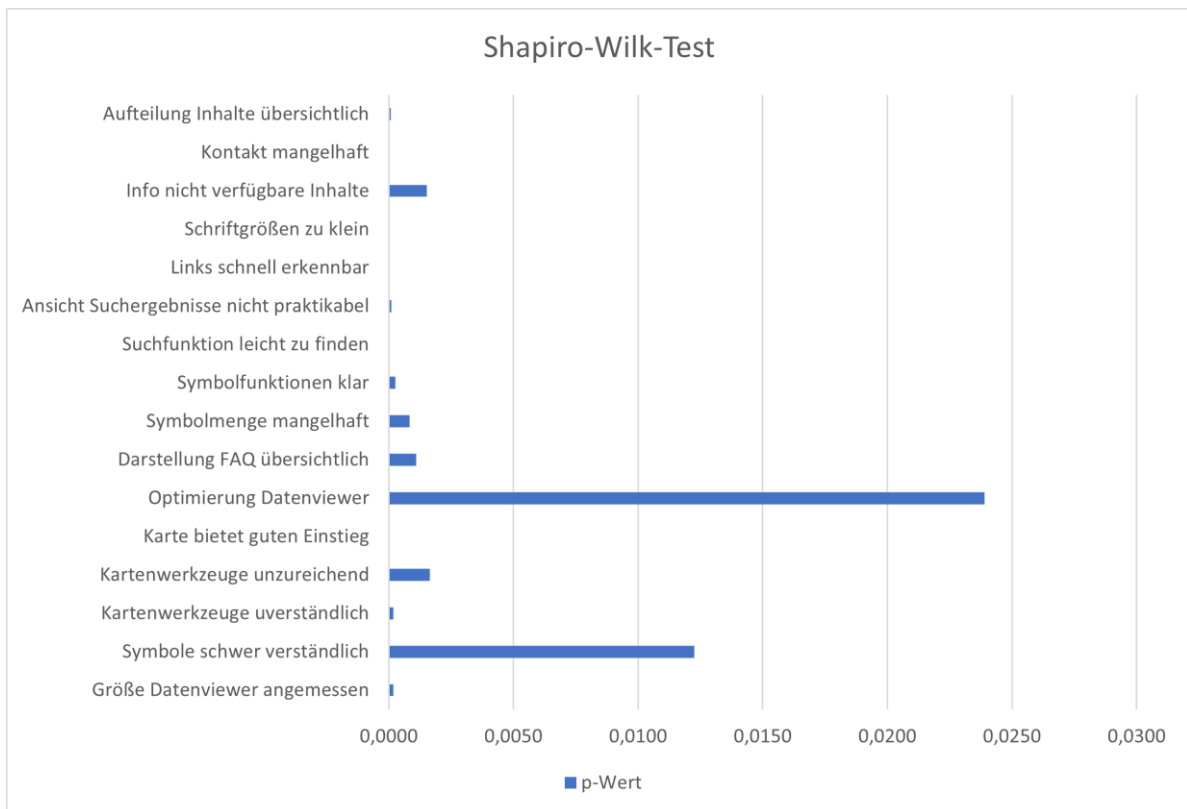


Abbildung 22: Darstellung p-Werte Shapiro-Wilk-Test Prototyp I

Prototyp II

In Tabelle 13 werden die Ergebnisse der Berechnung zum Shapiro-Wilk-Test für Prototyp II dargestellt.

Tabelle 13: Ergebnisübersicht Shapiro-Wilk-Test Prototyp II

Variablen	W	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	0,72805	0,00000009	H1
Verständlichkeit Symbole	0,86979	0,00090680	H1
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,85860	0,00036420	H1
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,87708	0,00168400	H1
Einstieg Karte	0,65687	2,70E-09	H1
Optimierung Datenviewer	0,89296	0,00699200	H1
Darstellung FAQ	0,84475	0,00012470	H1
Menge Symbole	0,87318	0,00120700	H1
Funktionen Symbole	0,85212	2,19E-07	H1
Positionierung Suchfunktion	0,67764	0,00000001	H1
Ansicht Suchergebnisse	0,84357	0,00011410	H1
Erkennbarkeit Links	0,89326	0,00719400	H1
Schriftgröße	0,80346	0,00000695	H1
Info nicht verfügbare Inhalte	0,87938	0,00205600	H1
Kontaktinformationen	0,84172	0,00009934	H1
Aufteilung Inhalte	0,82016	0,00002124	H1

Fazit: Da alle berechneten p-Werte jeweils deutlich kleiner sind als das angenommene Signifikanzniveau α , muss die Nullhypothese verworfen werden. Demnach liegt keine Normalverteilung der untersuchten Variablen vor. In Abbildung 23 werden die geringen p-Werte graphisch dargestellt.

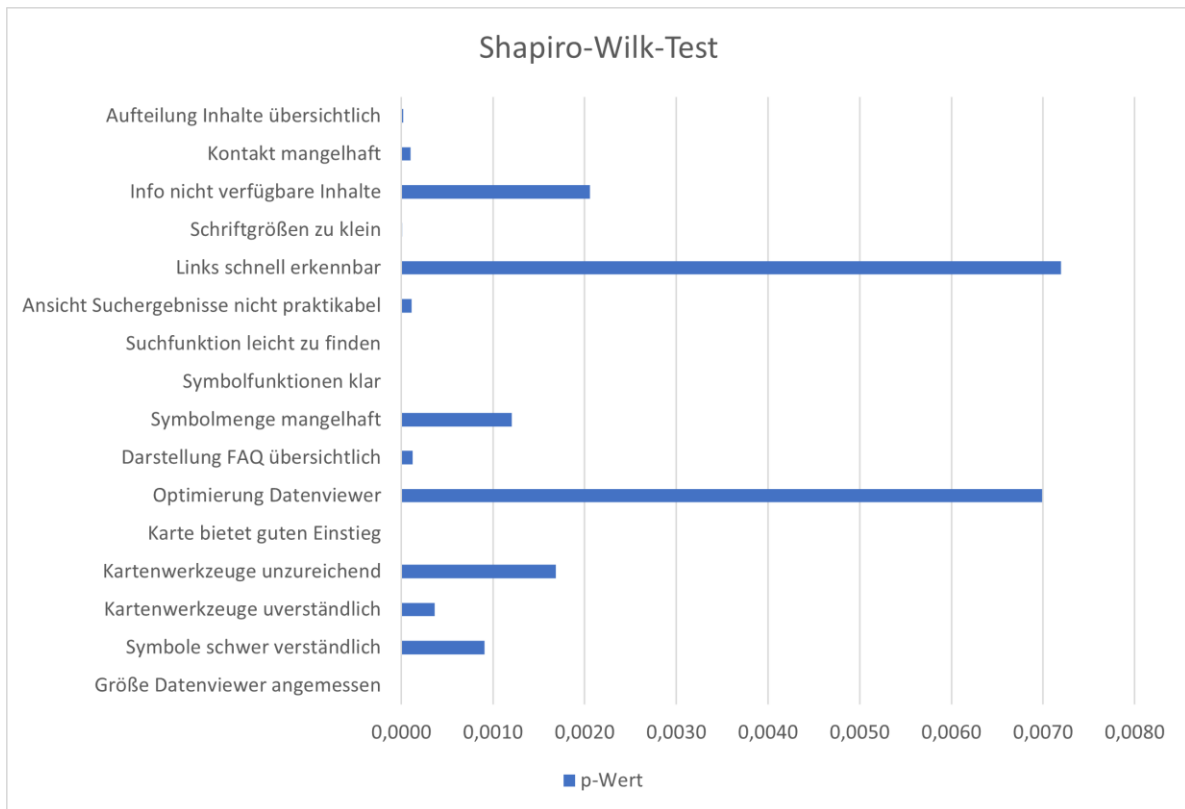


Abbildung 23: Darstellung p-Werte Shapiro-Wilk-Test Prototyp II

4.3.3 Levene-Test

H0 = Die Varianzen der beiden unabhängigen Stichproben sind homogen.

H1 = Die Varianzen der beiden unabhängigen Stichproben sind heterogen.

In Tabelle 14 werden die Ergebnisse der Berechnung zum Levene-Test dargestellt.

Fazit: Die Variable „Größe Datenviewer“ wird auf dem Signifikanzniveau α signifikant. Alle anderen untersuchten Variablen erreichen einen p-Wert der deutlich über dem Signifikanzniveau liegt, weshalb die Nullhypothese beibehalten wird. Demnach ist nur in einem Fall von heterogener Varianz auszugehen, weshalb sich in Kapitel 4.3.4 für diese Variable ein Welch-T-Test empfiehlt. Alle anderen untersuchten Varianzen sind als homogen anzusehen.

Tabelle 14: Ergebnisübersicht Levene-Test

Variablen	df	F	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	1	4,6573	0,03244	H1
Verständlichkeit Symbole	1	0,0352	0,8515	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	1	2,238	0,1367	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	1	0,0319	0,8585	H0
Einstieg Karte	1	0,0249	0,8749	H0
Optimierung Datenviewer	1	0,3263	0,5687	H0
Darstellung FAQ	1	0,5435	0,4621	H0
Menge Symbole	1	1,2358	0,268	H0
Funktionen Symbole	1	1,3868	0,2407	H0
Positionierung Suchfunktion	1	0,0017	0,9672	H0
Ansicht Suchergebnisse	1	0,0965	0,7565	H0
Erkennbarkeit Links	1	0,5109	0,4758	H0
Schriftgröße	1	0,0191	0,8901	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	1	1,1008	0,2957	H0
Kontaktinformationen	1	1,7477	0,1881	H0
Aufteilung Inhalte	1	0,209	0,6482	H0

4.3.4 T-Test für unabhängige Stichproben

H0 = Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Prototypen.

H1 = Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Prototypen.

Da in Kapitel 4.3.3 die Berechnung des Levene's Test dazu geführt hat, für die Variable „Größe Datenviewer“ von Varianzheterogenität auszugehen, wird für diese Variable im Folgenden ein Welch-T-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Alle anderen Variablen weisen Varianzhomogenität auf, weshalb hier ein zweiseitiger T-Test für unabhängige Stichproben berechnet wird. In Tabelle 15 werden die Ergebnisse der Berechnungen der T-Tests und in Abbildung 24 die geringen p-Werte dargestellt.

Tabelle 15: Ergebnisübersicht T-Test

Variablen	t	df	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	27,351	224,08	2,20E-16	H1
Verständlichkeit Symbole	1,1796	157	0,2399	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	-1,8061	157	0,07282	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,869	157	0,3862	H0
Einstieg Karte	-0,15767	157	0,8749	H0
Optimierung Datenviewer	-0,29877	157	0,7655	H0
Darstellung FAQ	-1,696	157	0,09186	H0
Menge Symbole	-0,69733	157	0,4866	H0
Funktionen Symbole	-2,2199	157	0,02786	H1
Positionierung Suchfunktion	-1,4798	157	0,1409	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,13051	157	0,8963	H0
Erkennbarkeit Links	-0,9696	157	0,3337	H0
Schriftgröße	0,74112	157	0,4597	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	-0,92641	157	0,3557	H0
Kontaktinformationen	-0,16473	157	0,8694	H0
Aufteilung Inhalte	-1,1018	157	0,2723	H0

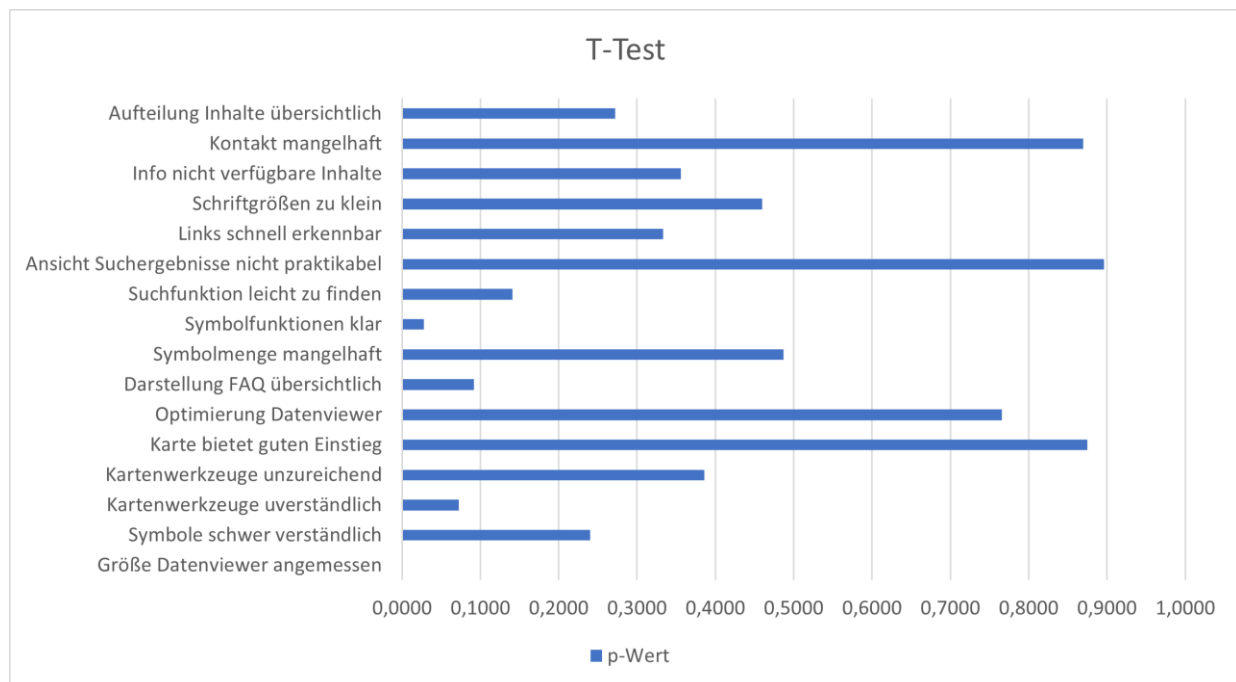


Abbildung 24: Darstellung p-Werte T-Test

Fazit: Die Variablen „Größe Datenviewer“ sowie „Verständlichkeit Symbole“ werden auf dem Signifikanzniveau α signifikant. Demnach sind die Mittelwerte der beiden untersuchten Gruppen bestehend aus Prototyp I und II signifikant unterschiedlich hinsichtlich ihrer Bewertungen. Alle anderen untersuchten Variablen erreichen einen p-Wert der deutlich über dem Signifikanzniveau liegt, weshalb die Nullhypothese beibehalten wird.

Allerdings kann die Signifikanz der Variablen „Größe Datenviewer“ sowie „Verständlichkeit Symbole“ auf einen Zufallsfehler zurückzuführen sein. Demnach wird mittels Bonferroni-Holm-Korrektur geprüft, ob hier eine Kumulation des α -Fehlers vorliegt. Diese Art der Korrektur des Alphaniveaus sortiert die p-Werte in eine Rangfolge und vergleicht die gleichzeitig mit steigenden Grenzwerte (Hemmerich 2020). Mit einer Gesamtwahrscheinlichkeit von höchstens 0,05 einen Typ-I-Fehler zu begehen, wird insgesamt durch diese Methode auch das Risiko für Typ-II-Fehler minimiert (Hemmerich 2020), weshalb sich für diese Art der Korrektur entschieden wurde.

In Tabelle 16 werden die unadjustierten den adjustierten Werten gegenübergestellt und ein neues Fazit daraus gezogen. Der korrigierte p-Wert der Variable „Größe Datenviewer“ bleibt weiterhin deutlich unter dem Signifikanzniveau und tritt damit signifikant in den Vordergrund. Der korrigierte p-Wert der Variable „Verständlichkeit Symbole“ liegt nun über dem Signifikanzniveau, weshalb hier die Nullhypothese nicht abgelehnt wird.

Tabelle 16: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte T-Test

Variablen	Unadjust. p-Wert	p-Wert nach B.-H.-Korr.	Fazit nach B.-H.-Korr.
Größe Datenviewer	2,20E-16	3,52E-15	H1
Verständlichkeit Symbole	0,2401	1,00	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,07258	1,00	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,386	1,00	H0
Einstieg Karte	0,8748	1,00	H0
Optimierung Datenviewer	0,7655	1,00	H0
Darstellung FAQ	0,09161	1,00	H0
Menge Symbole	0,4868	1,00	H0
Funktionen Symbole	0,02773	0,4179	H0
Positionierung Suchfunktion	0,141	1,00	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,8963	1,00	H0
Erkennbarkeit Links	0,3335	1,00	H0
Schriftgröße	0,4595	1,00	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	0,3558	1,00	H0
Kontaktinformationen	0,8695	1,00	H0
Aufteilung Inhalte	0,2723	1,00	H0

4.3.5 Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben

H0 = Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Prototypen.

H1 = Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwert der beiden Prototypen.

Tabelle 17: Ergebnisübersicht U-Test

Variablen	W	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	24372	2,20E-16	H1
Verständlichkeit Symbole	3525	0,193	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	2731,5	0,1189	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	3396,5	0,404	H0
Einstieg Karte	3139	0,9325	H0
Optimierung Datenviewer	3083,5	0,7834	H0
Darstellung FAQ	2742	0,1305	H0
Menge Symbole	2950	0,4481	H0
Funktionen Symbole	2647	0,05702	H0
Positionierung Suchfunktion	2604,5	0,0348	H1
Ansicht Suchergebnisse	3181,5	0,9397	H0
Erkennbarkeit Links	2916	0,3853	H0
Schriftgröße	3346	0,4972	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	2885	0,3147	H0
Kontaktinformationen	3168	0,9782	H0
Aufteilung Inhalte	2823	0,2182	H0

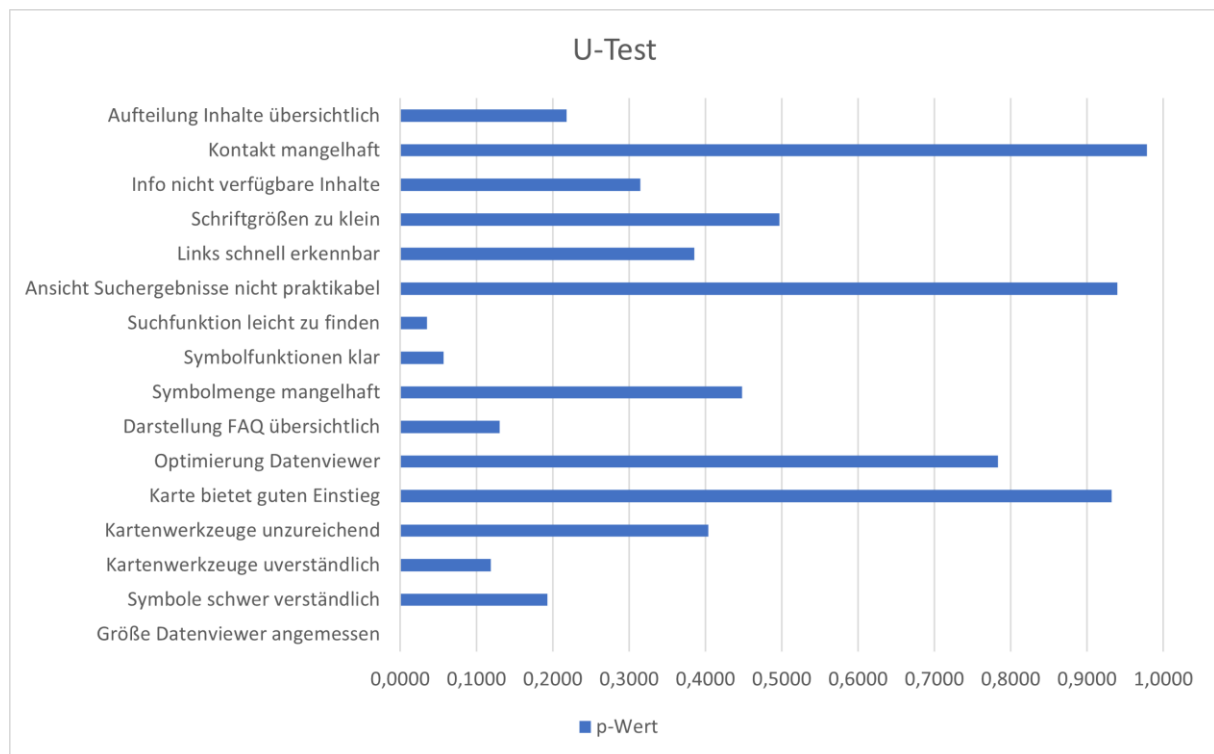


Abbildung 25: Darstellung p-Werte U-Test

Fazit: Die Variablen „Größe Datenviewer“ sowie „Positionierung Suchfunktion“ werden auf dem Signifikanzniveau α signifikant. Alle anderen untersuchten Variablen erreichen einen p-Wert, der teilweise deutlich über dem Signifikanzniveau liegt, weshalb die Nullhypothese bei diesen Variablen beibehalten wird.

Die Ergebnisse der Berechnung ist in Tabelle 17 und die Darstellung der geringen p-Werte in Abbildung 25 zu sehen. Allerdings kann auch hier die Signifikanz der beiden Variablen auf einen Zufallsfehler zurückzuführen sein. Demnach wird mittels Bonferroni-Holm-Korrektur geprüft, ob die Signifikanz auf einen Zufallsfehler zurückzuführen ist. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse ist in Tabelle 18 zu sehen.

Tabelle 18: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte U-Test

Variablen	Unadjust. p-Wert	p-Wert nach B.-H.-Korr.	Fazit nach B.-H.-Korr.
Größe Datenviewer	2,20E-16	3,52E-15	H1
Verständlichkeit Symbole	0,193	1,00	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,1189	1,00	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,404	1,00	H0
Einstieg Karte	0,9325	1,00	H0
Optimierung Datenviewer	0,7834	1,00	H0
Darstellung FAQ	0,1305	1,00	H0
Menge Symbole	0,4481	1,00	H0
Funktionen Symbole	0,05702	0,79828	H0
Positionierung Suchfunktion	0,0348	0,522	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,9397	1,00	H0
Erkennbarkeit Links	0,3853	1,00	H0
Schriftgröße	0,4972	1,00	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	0,3147	1,00	H0
Kontaktinformationen	0,9782	1,00	H0
Aufteilung Inhalte	0,2182	1,00	H0

Der korrigierte p-Wert der Variable „Größe Datenviewer“ bleibt weiterhin deutlich unter dem Signifikanzniveau und tritt damit wie in Kapitel 4.3.4 signifikant in den Vordergrund. Der korrigierte p-Wert der Variable „Positionierung Suchfunktion“ liegt über dem Signifikanzniveau, weshalb hier die Nullhypothese nicht abgelehnt wird.

4.3.6 Zweifaktorielle ANOVA

Bei der zweifaktoriellen ANOVA werden mehrere Null- und Alternativhypothesen gegenübergestellt. Diese werden jeweils für Prototyp I und II untersucht und sind in Tabelle 19 aufgelistet. Für alle durchgeführten Berechnungen wurde anschließend ein Post-hoc-Test mittels TukeyHSD bzw. Bonferroni-Holm-Korrektur durchgeführt. Die Ergebnisse sind jedoch sehr kritisch zu betrachten, da die Stichprobenumfänge in den jeweiligen Gruppen sehr klein sind und damit das Erkennen von echten Effekten erschweren.

Tabelle 19: Übersicht Hypothesen Zweifaktorielle ANOVA

Nullhypothesen	Alternativhypothesen
H0 ₁ : Es gibt keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte für die Variable Alter.	H1 ₁ : Es gibt signifikante Unterschiede der Mittelwerte für die Variable Alter.
H0 ₂ : Es gibt keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte für die Variable Geschlecht.	H1 ₂ : Es gibt signifikante Unterschiede der Mittelwerte für die Variable Geschlecht.
H0 ₃ : Alter und Geschlecht beeinflussen sich nicht gegenseitig.	H1 ₃ : Alter und Geschlecht beeinflussen sich gegenseitig.

Vor Beginn der ANOVA-Testungen wurde mit Hilfe von Levene-Tests geprüft, ob die zu untersuchenden Variablen und deren mögliche Wechselwirkungen Varianzhomogenität aufweisen. Dies gilt als Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung der ANOVA-Testungen. Jeder Levene-Test ergab Varianzhomogenität. Da im Folgenden jedoch die Ergebnisse der ANOVA herausgestellt werden, wird auf eine ausführliche Darlegung der Ergebnisse der vorangestellten Levene-Tests verzichtet. Weiterhin werden lediglich signifikante Ergebnisse vorgestellt.

Prototyp I

Tabelle 20: Ergebnisübersicht Variable "Größe Datenviewer" Prototyp I

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)	Fazit
Alter	4	6,96	1,739	1,425	0,2348	H0 ₁
Geschlecht	1	2,40	2,395	1,962	0,1657	H0 ₂
Alter:Geschlecht	4	13,69	3,422	2,803	0,0322	H1 ₃
Residuals	70	85,45	1,221			

Wie in Tabelle 20 ersichtlich, wird bei der Berechnung zur Variable „Größe Datenviewer“ die Interaktion zwischen den Variablen „Alter“ und „Geschlecht“ signifikant. Demnach wird die dritte Alternativhypothese angenommen. Bei den anschließend paarweisen Gruppenvergleichen kam als einziges signifikantes Ergebnis der Vergleich „50 - 60:Männlich“ – „30 - 40:Männlich“ mit einem p-Wert von $p=0,0135$ heraus. Die Bonferroni-Holm-Korrektur erwirkt einen p-Wert von $p=0,6060$, was kein signifikantes Ergebnis mehr ist.

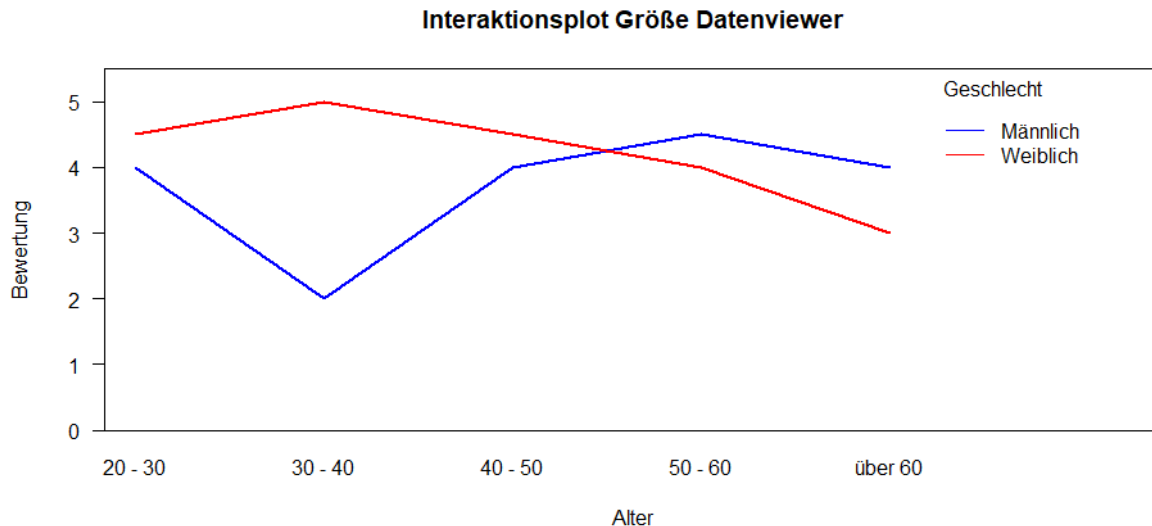


Abbildung 26: Interaktionsplot Variable "Größe Datenviewer" Prototyp I

In Abbildung 26 wird der Interaktionsplot der Variablen „Alter“ und „Geschlecht“ in Bezug auf die Bewertung der Variable „Größe Datenviewer“ ersichtlich. Hierbei zeigt sich vor allem der große Bewertungsunterschied von Frauen und Männern der Altersgruppe „30 – 40“. Die Bewertungen von Frauen und Männern in der Altersgruppe „40 – 50“ weichen nur in geringem Maße voneinander ab, was auf eine geringe Interaktion zwischen Alter und Geschlecht in dieser Altersgruppe hinweist. Ab der Altersgruppe „50 – 60“ bewerten Männer die Größe des Datenviewers etwas besser als Frauen.

Tabelle 21: Ergebnisübersicht Variable "Positionierung Suchfunktion" Prototyp I

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)	Fazit
Alter	4	7,52	1,8802	2,624	0,0418	H1 ₁
Geschlecht	1	0,07	0,0653	0,091	0,7637	H0 ₂
Alter:Geschlecht	4	1,06	0,2646	0,369	0,8297	H0 ₃
Residuals	70	50,16	0,6921			

Bei der Variable „Positionierung Suchfunktion“ wird die Variable „Alter“ signifikant. In Tabelle 21 werden die Ergebnisse der ANOVA dargestellt. Demnach hat das Alter einen signifikanten Einfluss drauf, wie gut die Suchfunktion gefunden wurde. Mittels Post-hoc-Test wurde ein signifikanter Unterschied der Bewertungen der Altersgruppen „50 – 60“ – „20 – 30“ mit $p=0,0164$ nachgewiesen. Die Bonferroni-Holm-Korrektur bewirkt einen p-Wert von $p=0,164$ und ergibt damit keine Signifikanz mehr.

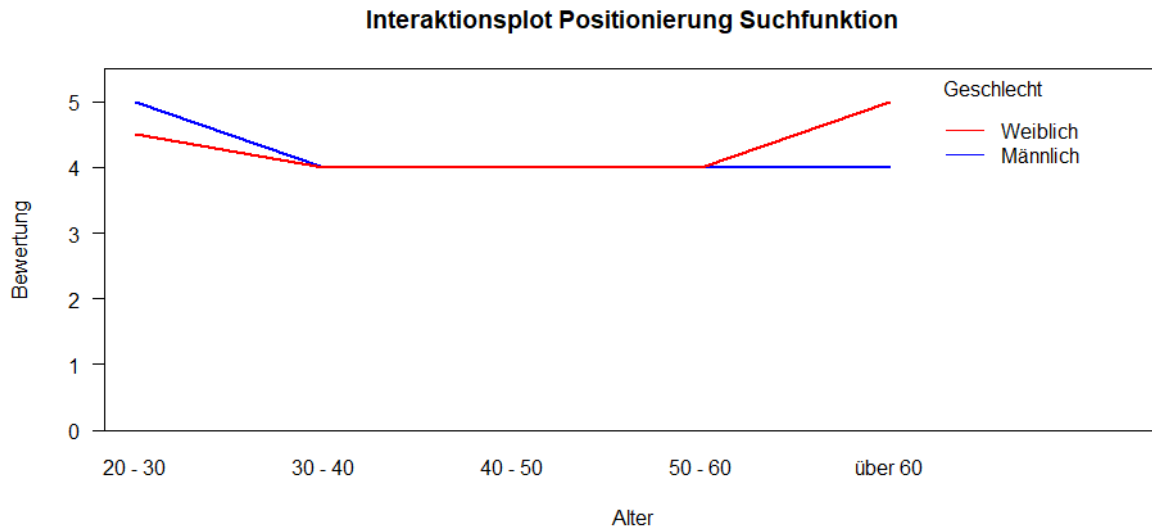


Abbildung 27: Interaktionsplot Variable "Positionierung Suchfunktion" Prototyp I

In Abbildung 27 wird im Interaktionsplot bei den Altersgruppen „30 – 40“ und „40 – 50“ ersichtlich, dass es keinen Unterschied in der Bewertung durch das Geschlecht gibt. Die Abweichungen bei den Altersgruppen „20 – 30“ und „über 60“ sind jedoch zu gering, um signifikant zu werden.

Tabelle 22: Ergebnisübersicht Variable "Schriftgröße" Prototyp I

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)	Fazit
Alter	4	14,65	3,664	3,160	0,0191	H1 ₁
Geschlecht	1	0,01	0,011	0,009	0,9228	H0 ₂
Alter:Geschlecht	4	2,12	0,530	0,457	0,7671	H0 ₃
Residuals	70	81,17	1,160			

In Tabelle 22 werden die Ergebnisse der berechneten ANOVA für die Variable „Schriftgröße“ dargestellt. Hier wird das Alter signifikant bei einem α von 0,05. Der anschließende Post-hoc-Test zeigt ein signifikantes Ergebnis bei der Prüfung der Altersgruppen „40 – 50“ – „20 – 30“ mit $p=0,0340$ sowie „über 60“ – „20 – 30“ mit einem p -Wert $p=0,0418$. Die Bonferroni-Holm-Korrektur ergibt für den paarweisen Vergleich der Altersgruppen „40 – 50“ – „20 – 30“ einen p -Wert von $p=0,3399$ und für „über 60“ – „20 – 30“ einen p -Wert von 0,4177.

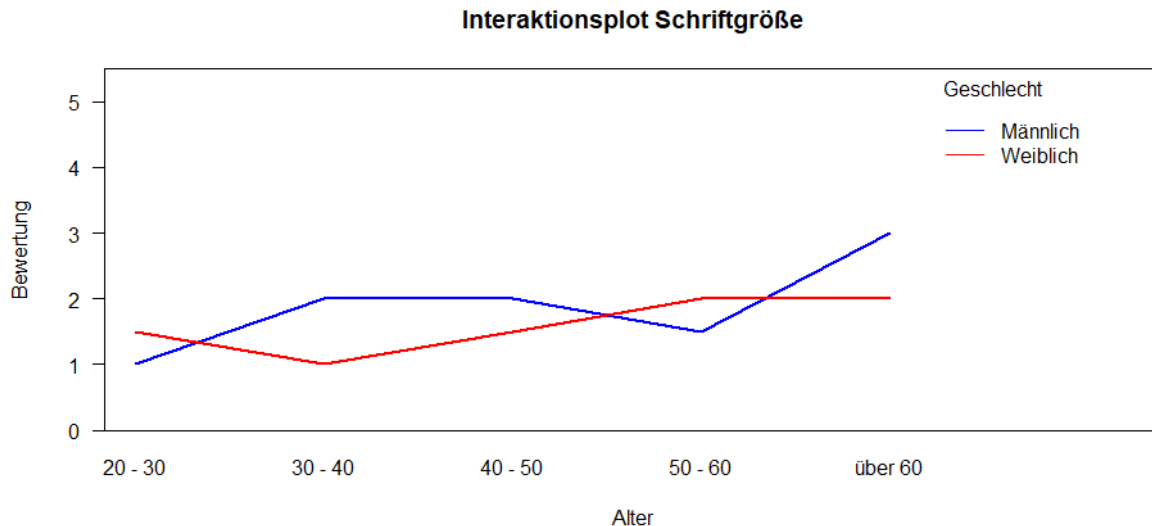


Abbildung 28: Interaktionsplot Variable "Schriftgröße" Prototyp I

In Abbildung 28 ist der Interaktionsplot für die Variable „Schriftgröße“ dargestellt. In der Altersgruppe „30 – 40“ bewerten Männer die Schriftgröße besser als Frauen, obwohl in der ANOVA kein Interaktionseffekt zwischen Alter und Geschlecht berechnet wird. Insgesamt lässt sich erkennen, dass die Schriftgröße mit steigendem Alter eine leicht bessere Bewertung erzielt.

Prototyp II

Tabelle 23: Ergebnisübersicht Variable "Größe Datenviewer" Prototyp II

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)	Fazit
Alter	4	9,16	2,2900	3,331	0,0149	H1 ₁
Geschlecht	1	0,32	0,3178	0,462	0,4988	H0 ₂
Alter:Geschlecht	4	1,44	0,3611	0,525	0,7175	H0 ₃
Residuals	69	47,43	0,6874			

Im Gegensatz zu Prototyp I wird bei der Variable „Größe Datenviewer“ das Alter signifikant. Die Ergebnisse sind in Tabelle 23 zu sehen. Der durchgeführte Post-hoc-Test zeigt für die Untersuchung der Altersgruppen „50 – 60“ - „20 – 30“ einen p-Wert $p=0,0053$. Dieser liegt deutlich unter dem Signifikanzniveau α . Die Bonferroni-Holm-Korrektur ergibt einen p-Wert mit $p=0,0529$. Damit wird das Alter nach der Alpha-Korrektur knapp nicht mehr signifikant.

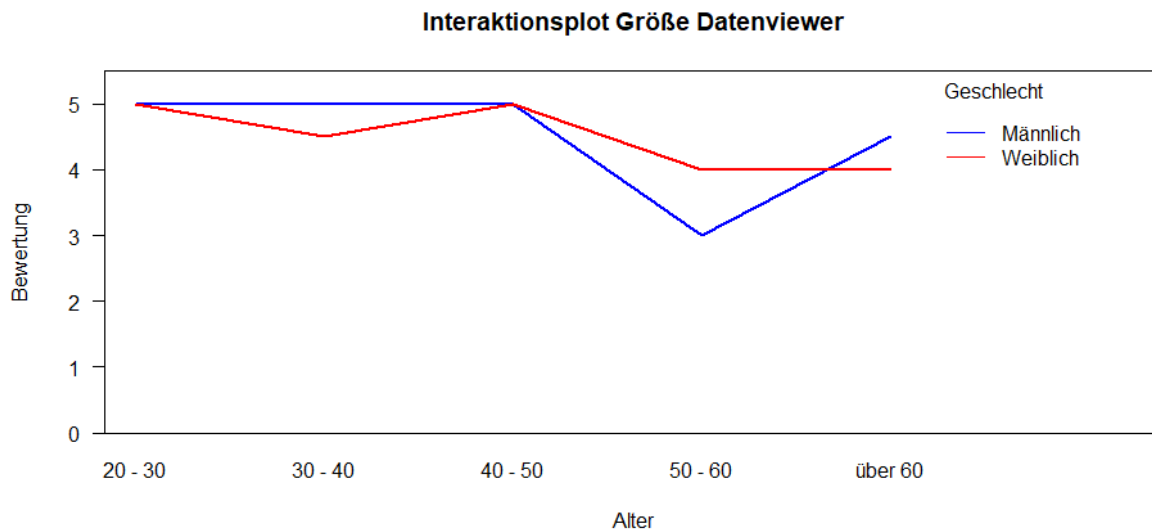


Abbildung 29: Interaktionsplot Variable "Größe Datenviewer" Prototyp II

Der Interaktionsplot in Abbildung 29 zeigt den Einfluss des Alters auf die Bewertung der Größe des Datenviewers. Demnach bewerten Mitarbeitende im Alter von 50 – 60 die Größe des Datenviewers schlechter als beispielsweise 20 - 30-jährige. Kurz gesagt, mit steigendem Alter verschlechtert sich die Bewertung für diese Variable.

Tabelle 24: Ergebnisübersicht Variable "Bedienung Kartenwerkzeuge" Prototyp II

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)	Fazit
Alter	4	3,87	0,9675	1,386	0,2478	H0 ₁
Geschlecht	1	0,28	0,2833	0,406	0,5261	H0 ₂
Alter:Geschlecht	4	7,16	1,7903	2,565	0,0457	H1 ₃
Residuals	69	48,15	0,6979			

Bei der Variable „Bedienung Kartenwerkzeuge“ tritt eine Signifikanz der Interaktion von Alter und Geschlecht auf. Die Ergebnisse der Berechnung sind in Tabelle 24 dargestellt. Bei der Prüfung der p-Werte der paarweisen Vergleiche fällt allerdings auf, dass kein Paar signifikant wird. Auch die anschließende Bonferroni-Holm-Korrektur bestätigt dieses Ergebnis, da alle p-Werte bei 1,00 liegen.

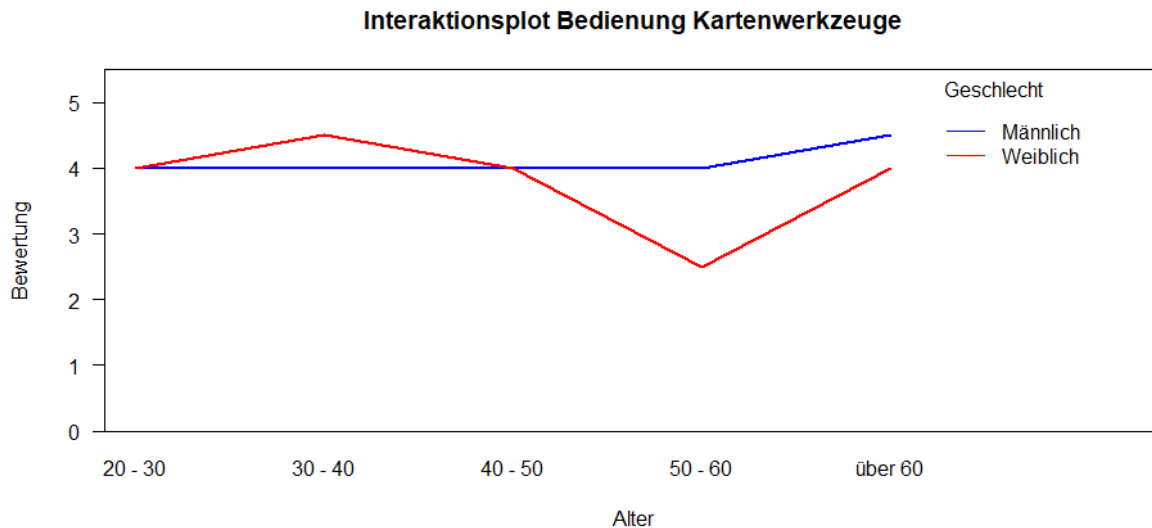


Abbildung 30: Interaktionsplot Variable "Bedienung Kartenwerkzeuge" Prototyp II

Im Interaktionsplot in Abbildung 30 ist allerdings ersichtlich, dass Frauen im Alter von 50 – 60 Jahren weniger Verständnis für die Bedienung der Kartenwerkzeuge haben als Männer. Insgesamt zeigt sich bei den Frauen, dass mit steigendem Alter das Verständnis für die Bedienung der Kartenwerkzeuge eher abnimmt. Bei den Männern zeigt sich, dass es über fast alle Altersgruppen hinweg keine Unterschiede in der Bewertung der Variable gibt. Der leichte Anstieg bei den über 60-jährigen könnte auf die zu kleinen Stichproben zurückzuführen sein.

Tabelle 25: Ergebnisübersicht Variable "Menge Symbole" Prototyp II

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)	Fazit
Alter	4	3,19	0,7975	0,941	0,445	H0 ₁
Geschlecht	1	0,23	0,2332	0,275	0,602	H0 ₂
Alter:Geschlecht	4	10,00	2,4995	2,950	0,026	H1 ₃
Residuals	69	58,45	0,8471			

In Tabelle 25 sind die Ergebnisse für die Variable „Menge Symbole“ dargestellt. In diesem Fall tritt eine Signifikanz bei der Interaktion zwischen Alter und Geschlecht auf. Jedoch zeigen die paarweisen Gruppenvergleiche und die Bonferroni-Holm-Korrektur keine explizite Signifikanz.

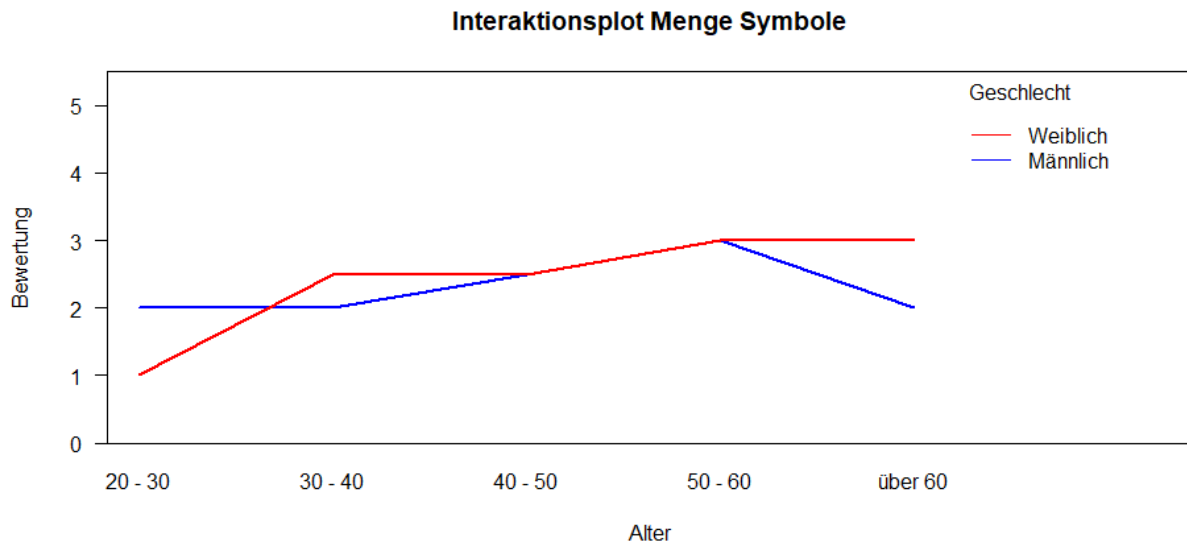


Abbildung 31: Interaktionsplot Variable "Menge Symbole" Prototyp II

In Abbildung 31 wird der Interaktionsplot der Variablen „Alter“, „Geschlecht“ und „Menge Symbole“ dargestellt. Darin wird ersichtlich, dass die Abweichungen der beiden Graphen sehr gering sind, was das nicht signifikante Ergebnis der ANOVA unterstützt. Insgesamt lässt sich schlussfolgern, dass mit steigendem Alter die Bewertung der Symbolmenge leicht ansteigt.

Tabelle 26: Ergebnisübersicht Variable "Ansicht Suchergebnisse" Prototyp II

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)	Fazit
Alter	4	4,72	1,181	1,080	0,37304	H0 ₁
Geschlecht	1	0,78	0,779	0,713	0,40141	H0 ₂
Alter:Geschlecht	4	15,83	3,958	3,622	0,00974	H1 ₃
Residuals	69	75,40	1,093			

Bei der Untersuchung der Variable „Ansicht Suchergebnisse“ wird die Interaktion zwischen den Variablen „Alter“ und „Geschlecht“ signifikant. Dies ist in der Ergebnisübersicht zur Variable „Ansicht Suchergebnisse“ in Tabelle 26 ersichtlich. Auch hier zeigt sich beim Post-hoc-Test bzw. der Bonferroni-Holm-Korrektur wieder der gleiche Effekt wie bei den beiden Variablen zuvor. Es gibt keine spezifischen Interaktionen zwischen den paarweisen Alters- und Geschlechtsgruppen, obwohl die ANOVA zuvor eine Signifikanz ausgibt.

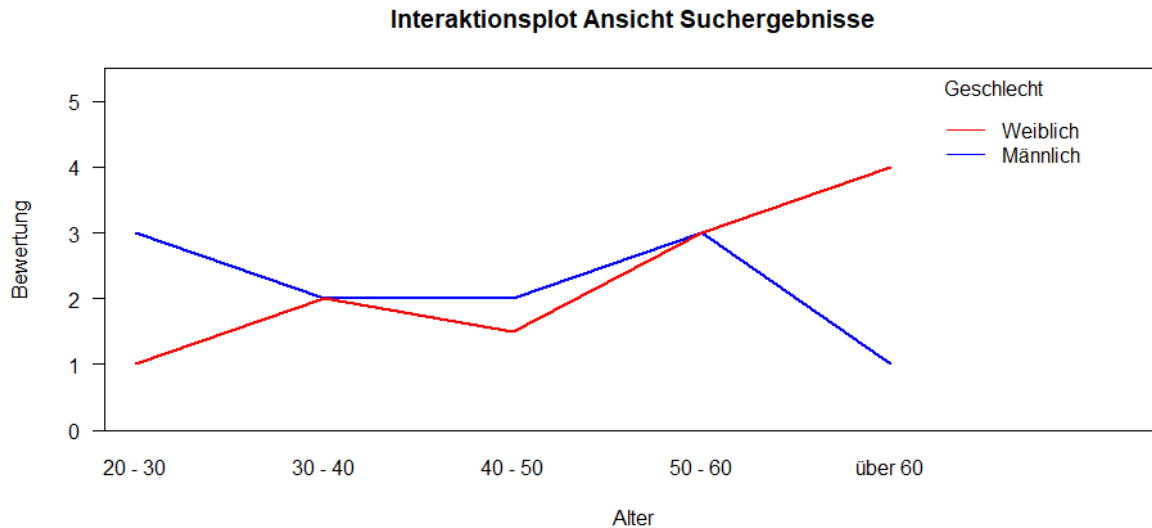


Abbildung 32: Interaktionsplot Variable "Ansicht Suchergebnisse" Prototyp II

Im Interaktionsplot in Abbildung 32 fällt die unterschiedliche Bewertung von Frauen und Männern in der Altersgruppe „über 60“ auf. Der p-Wert liegt nach dem Post-hoc-Test allerdings bei $p=0,2533$ und ist damit nicht signifikant. Auch die Altersgruppe „20 – 30“ weist im Plot einen größeren Unterschied zwischen den Geschlechtern auf. Der p-Wert des paarweisen Vergleichs liegt bei $0,1528$ und ist damit höher als das Signifikanzniveau α . Die Bonferroni-Holm-Korrektur führt auch zu keiner Änderung mit $p=1,00$ bei beiden Gruppenvergleichen. Die Altersgruppen „30 – 40“ bis „50 – 60“ deuten darauf hin, dass mit steigendem Alter die Ansicht der Suchergebnisse besser bewertet werden.

Tabelle 27: Ergebnisübersicht Variable "Info nicht verfügbare Inhalte" Prototyp II

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)	Fazit
Alter	4	15,28	3,820	3,439	0,0127	H1 ₁
Geschlecht	1	1,12	1,116	1,004	0,3198	H0 ₂
Alter:Geschlecht	4	0,63	0,157	0,141	0,9662	H0 ₃
Residuals	69	76,65	1,111			

Die Ergebnisse der Untersuchung zur Variable "Info nicht verfügbare Inhalte" werden in Tabelle 27 dargestellt. In diesem Fall wird nur die Variable „Alter“ signifikant, weshalb für diese Variable die erste Alternativhypothese angenommen wird. Der p-Wert des Vergleichs der Altersgruppen „über 60“ - „20 – 30“ liegt bei $p=0,0087$ und wird damit signifikant. Die anschließende Bonferroni-Holm-Korrektur bringt einen p-Wert von $p=0,0867$ hervor und ist damit knapp nicht mehr signifikant. Dies könnte jedoch auf die zu kleinen Stichprobengrößen der paarweisen Vergleiche zurückzuführen sein.

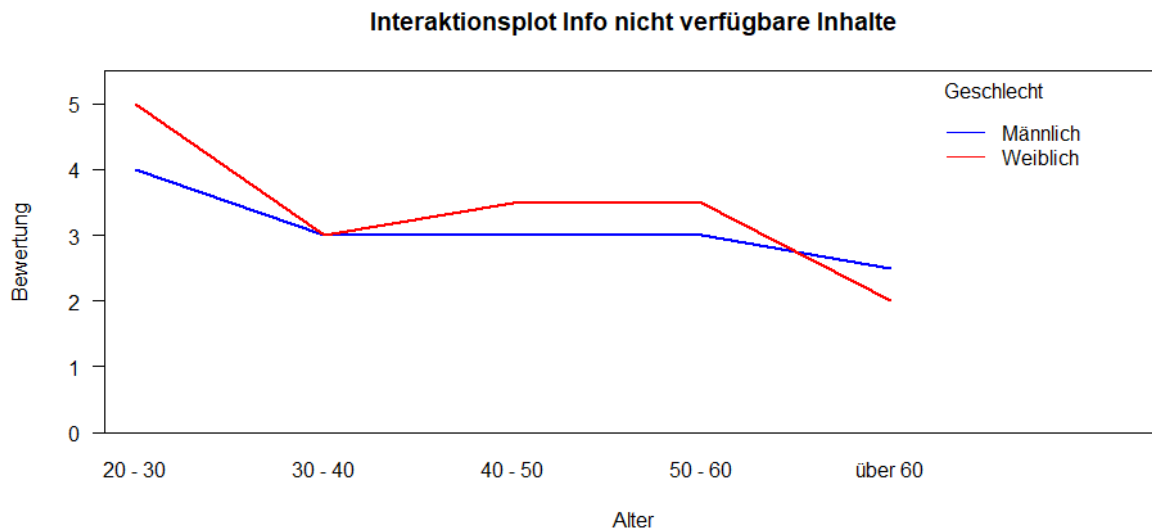


Abbildung 33: Interaktionsplot Variable "Info nicht verfügbare Inhalte" Prototyp II

Im Interaktionsplot in Abbildung 33 wird ersichtlich, dass jüngere Mitarbeiter die angezeigten Informationen zu nicht verfügbaren Inhalten besser bewerten als ältere. Daraus lässt sich schließen, dass das Alter einen Einfluss auf die Bewertung der Variable "Info nicht verfügbare Inhalte" hat.

Fazit: Die Ergebnisse der ANOVA zeigen für beide Prototypen verschiedene signifikante Variablen. Nur die Variable „Größe Datenviewer“ wird in beiden Prototypen signifikant. Weiterhin wird bei allen Berechnungen entweder das Alter oder die Interaktion signifikant. Daraus lässt sich schließen, dass das Geschlecht keinen alleinigen Einfluss auf die Bewertungen hat. Jedoch müssen alle Ergebnisse sehr kritisch betrachtet werden aufgrund zu kleiner Stichprobengrößen in den einzelnen Gruppen.

4.3.7 Pearson-Korrelation

Prototyp I

Um im Allgemeinen einen Überblick über die Nutzungshäufigkeit von Geoportalen unter den Probanden zu erhalten, wurde ein Interaktionsplot der Nutzungshäufigkeit nach Alter und Geschlecht erstellt. Wie in Abbildung 34 ersichtlich, gibt es zwischen den Altersgruppen und den Geschlechtern einige sichtbare Unterschiede.

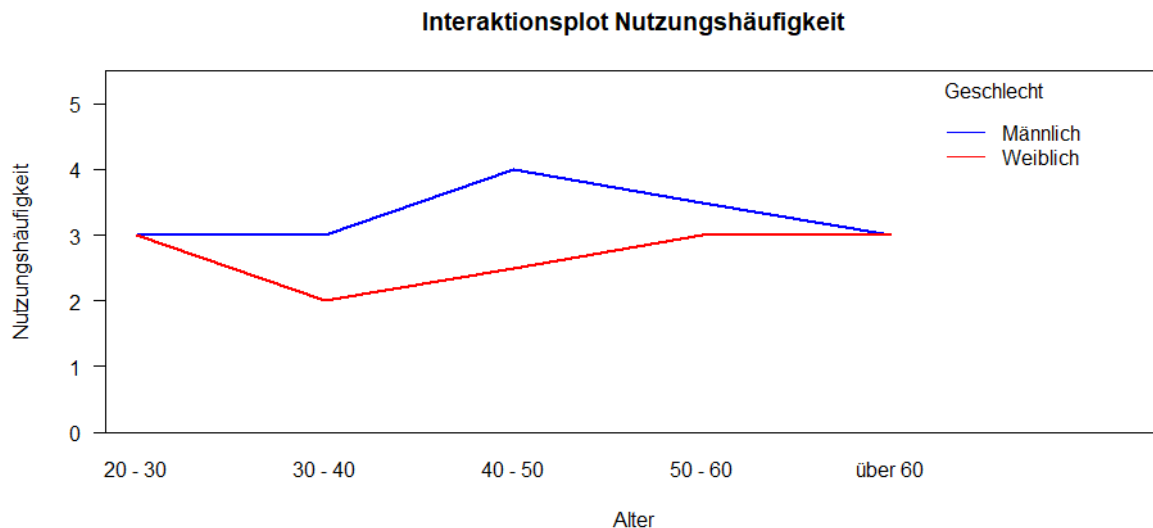


Abbildung 34: Interaktionsplot Nutzungshäufigkeit - Alter – Geschlecht Prototyp I

H0 = Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und der abhängigen Variable.

H1 = Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und abhängigen Variable.

Tabelle 28: Ergebnisübersicht Pearson-Korrelation Prototyp I

Variablen	cor	t	df	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	-0,1561159	-1,39590	78	0,1667	H0
Verständlichkeit Symbole	-0,1328228	-1,18350	78	0,2402	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,1536939	1,37370	78	0,1735	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,00146	0,012895	78	0,9897	H0
Einstieg Karte	0,0017156	0,015152	78	0,9879	H0
Optimierung Datenviewer	0,041361	0,3656	78	0,7157	H0
Darstellung FAQ	0,0207296	0,17312	78	0,8552	H0
Menge Symbole	0,2856054	2,632	78	0,01023	H1
Funktionen Symbole	-0,156999	-1,404	78	0,1643	H0
Positionierung Suchfunktion	-0,064503	-0,57087	78	0,5697	H0
Ansicht Suchergebnisse	-0,012114	-0,10699	78	0,9151	H0
Erkennbarkeit Links	0,0703948	0,62326	78	0,5349	H0
Schriftgröße	0,0362332	0,32021	78	0,7497	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	0,0362665	0,32051	78	0,7494	H0
Kontaktinformationen	0,1045688	0,92865	78	0,356	H0
Aufteilung Inhalte	-0,060426	-0,53465	78	0,5944	H0

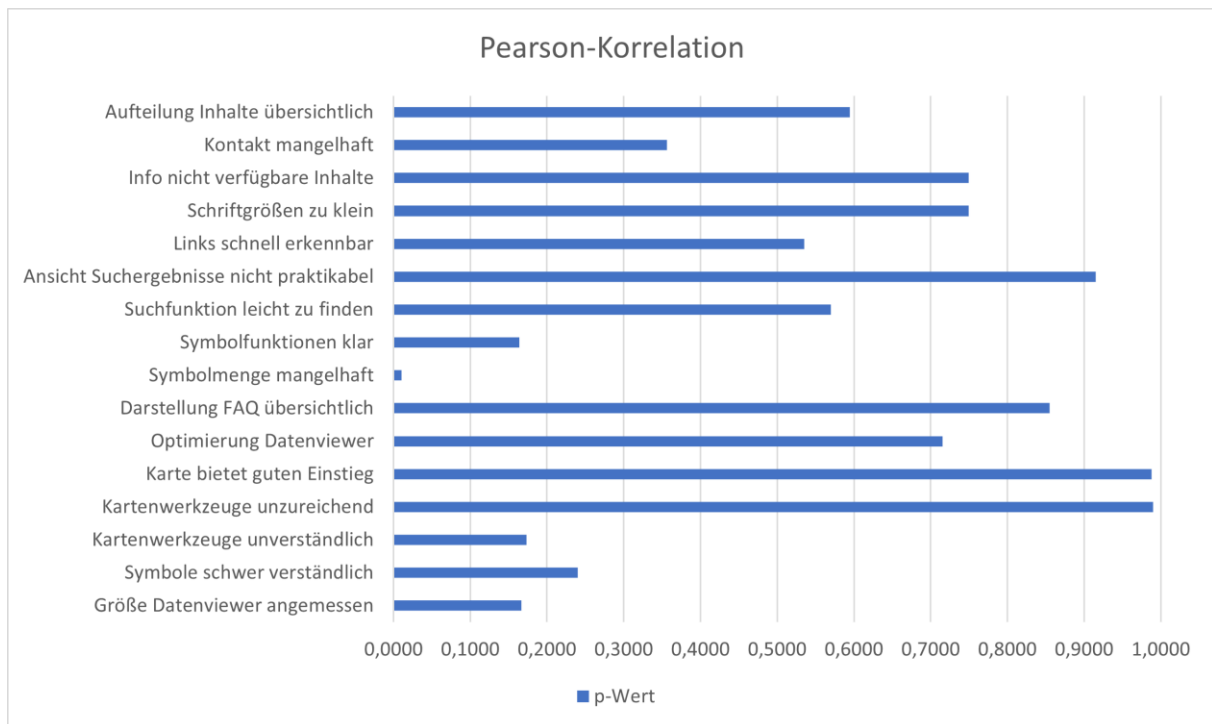


Abbildung 35: Darstellung p-Werte Pearson-Korrelation Prototyp I

Fazit: Lediglich die Variable „Menge Symbole“ wird signifikant auf dem Signifikanzniveau α . Alle anderen untersuchten Variablen weisen einen höheren p-Wert als 0,05 auf, weshalb hier jeweils die Nullhypothese beibehalten wird. Die Ergebnisse der Korrelation sind in Tabelle 28 dargestellt. Abbildung 35 zeigt die unterschiedlichen Größen der berechneten p-Werte. Die aufgetretene Signifikanz der Variable „Menge Symbole“ kann auf einen Zufallsfehler zurückzuführen sein. Demnach wird mittels Bonferroni-Holm-Korrektur geprüft, ob hier eine Kumulation des α -Fehlers vorliegt. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse sind in Tabelle 29 zu sehen. Der korrigierte p-Wert der Variable „Menge Symbole“ ist nicht mehr signifikant. Daher kann die zuvor aufgetretene Signifikanz tatsächlich auf einen Zufallsfehler zurückgeführt werden. Die Korrelation zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und der abgegebenen Bewertung der untersuchten Variablen.

Tabelle 29: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte

Variablen	Unadjust. p-Wert	p-Wert nach B.-H.-Korr.	Fazit nach B.-H.-Korr.
Größe Datenviewer	0,1667	1,00	H0
Verständlichkeit Symbole	0,2402	1,00	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,1735	1,00	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,9897	1,00	H0
Einstieg Karte	0,9879	1,00	H0
Optimierung Datenviewer	0,7157	1,00	H0
Darstellung FAQ	0,8552	1,00	H0
Menge Symbole	0,01023	0,16368	H0
Funktionen Symbole	0,1643	1,00	H0
Positionierung Suchfunktion	0,5697	1,00	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,9151	1,00	H0
Erkennbarkeit Links	0,5349	1,00	H0
Schriftgröße	0,7497	1,00	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	0,7494	1,00	H0
Kontaktinformationen	0,356	1,00	H0
Aufteilung Inhalte	0,5944	1,00	H0

Prototyp II

Wie für Prototyp I wurde ein Interaktionsplot zwischen der Nutzungshäufigkeit nach Alter und Geschlecht erstellt. In Abbildung 36 zeigt sich, dass eine Interaktion zwischen den drei unabhängigen Variablen existiert.

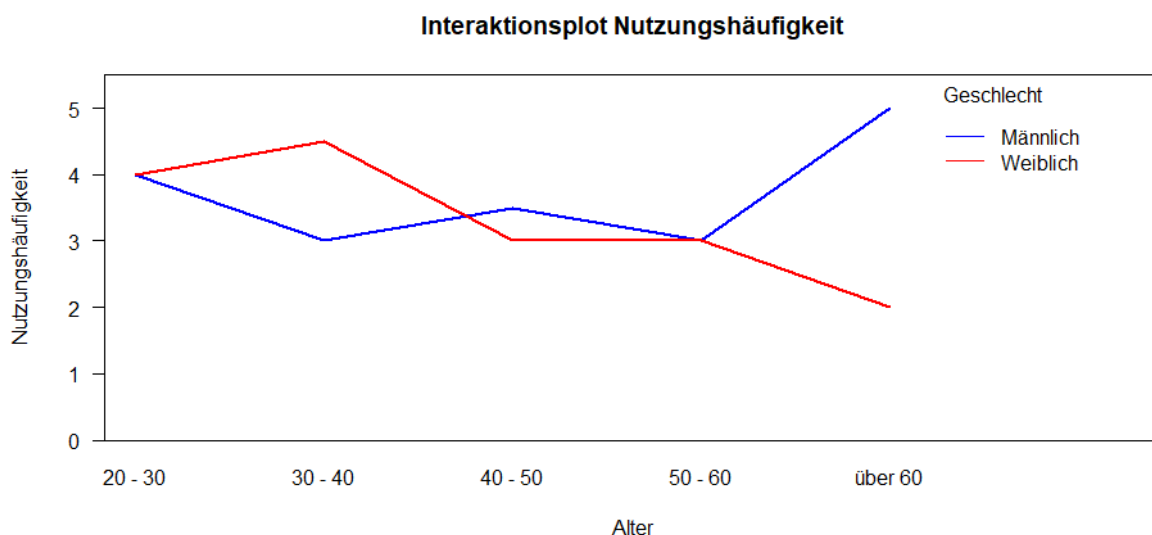


Abbildung 36: Interaktionsplot Nutzungshäufigkeit - Alter – Geschlecht Prototyp II

H0 = Es besteht kein Zusammenhang zwischen Nutzungshäufigkeit und abhängiger Variable.

H1 = Es besteht ein Zusammenhang zwischen Nutzungshäufigkeit und abhängiger Variable.

Tabelle 30: Ergebnisübersicht Pearson-Korrelation Prototyp II

Variablen	cor	t	df	p-Wert	Fazit
Größe Datenviewer	0,0894421	0,78801	77	0,4331	H0
Verständlichkeit Symbole	-0,1110671	-0,98068	77	0,3298	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,0394258	0,34623	77	0,7301	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,2039828	1,82840	77	0,0714	H0
Einstieg Karte	0,1271962	1,12530	77	0,2640	H0
Optimierung Datenviewer	0,0882655	0,77756	77	0,4392	H0
Darstellung FAQ	0,0436704	0,38357	77	0,7024	H0
Menge Symbole	0,0519026	0,45606	77	0,6496	H0
Funktionen Symbole	0,0388043	0,34076	77	0,7342	H0
Positionierung Suchfunktion	0,1103786	0,97452	77	0,3328	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,0695811	0,61205	77	0,5423	H0
Erkennbarkeit Links	-0,0882053	-0,77703	77	0,4395	H0
Schriftgröße	-0,0140609	-0,12340	77	0,9021	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	-0,2011627	-1,80200	77	0,0755	H0
Kontaktinformationen	0,0344870	0,30280	77	0,7629	H0
Aufteilung Inhalte	-0,0160825	-0,14114	77	0,8881	H0

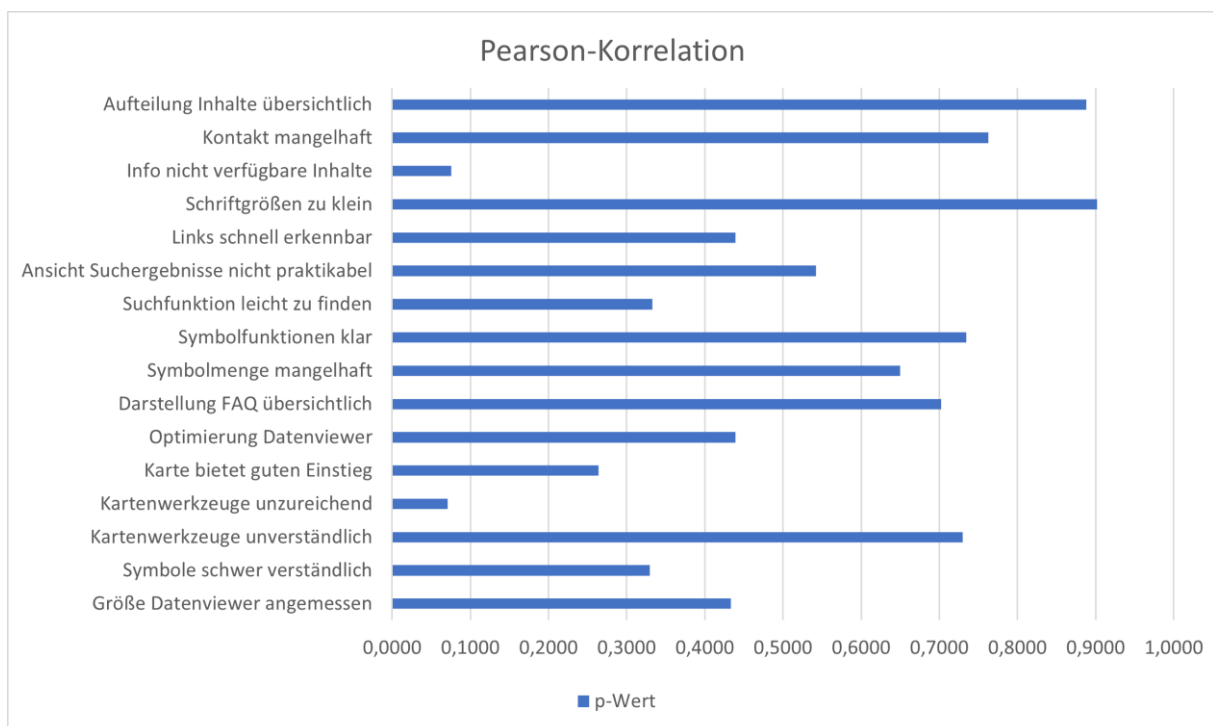


Abbildung 37: Darstellung p-Werte Pearson-Korrelation Prototyp II

Fazit: Alle untersuchten Variablen weisen einen höheren p-Wert als das Signifikanzniveau auf, weshalb hier jeweils die Nullhypothese beibehalten wird. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 30 und die Darstellung der p-Werte in Abbildung 37 ersichtlich.

Tabelle 31: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte

Variablen	Unadjust. p-Wert	p-Wert nach B.-H.-Korr.	Fazit nach B.-H.-Korr.
Größe Datenviewer	0,4331	1,00	H0
Verständlichkeit Symbole	0,3298	1,00	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,7301	1,00	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,0714	1,00	H0
Einstieg Karte	0,2640	1,00	H0
Optimierung Datenviewer	0,4392	1,00	H0
Darstellung FAQ	0,7024	1,00	H0
Menge Symbole	0,6496	1,00	H0
Funktionen Symbole	0,7342	1,00	H0
Positionierung Suchfunktion	0,3328	1,00	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,5423	1,00	H0
Erkennbarkeit Links	0,4395	1,00	H0
Schriftgröße	0,9021	1,00	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	0,0755	1,00	H0
Kontaktinformationen	0,7629	1,00	H0
Aufteilung Inhalte	0,8881	1,00	H0

Die Bonferroni-Holm-Korrektur hat keine Veränderungen hinsichtlich der Signifikanz hervorgebracht. Die Ergebnisse der korrigierten p-Werte sind in Tabelle 31 ersichtlich. Die Korrelation zeigt auch hier keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und den untersuchten Variablen.

4.3.8 Spearman-Korrelation

Prototyp I

H0 = Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und der jeweils abhängigen Variable.

H1 = Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und der jeweils abhängigen Variable.

Tabelle 32: Ergebnisübersicht Spearman-Korrelation Prototyp I

Variablen	rho	s	p	Fazit P1
Größe Datenviewer	-0,1554201	98580	0,0169	H1
Verständlichkeit Symbole	-0,1112759	94814	0,3258	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,1523147	72325	0,1774	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,0055781	84844	0,9608	H0
Einstieg Karte	0,0026419	85095	0,9814	H0
Optimierung Datenviewer	0,0397954	81925	0,7260	H0
Darstellung FAQ	0,0147618	84426	0,9265	H0
Menge Symbole	0,2590762	63216	0,0203	H1
Funktionen Symbole	-0,1465884	97827	0,1945	H0
Positionierung Suchfunktion	-0,0908109	93068	0,4231	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,0475640	81262	0,6752	H0
Erkennbarkeit Links	0,0547562	80648	0,6295	H0
Schriftgröße	0,0722204	79158	0,5244	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	0,0177794	83803	0,8756	H0
Kontaktinformationen	0,1063734	76244	0,3477	H0
Aufteilung Inhalte	-0,0872187	92762	0,4417	H0

Fazit: Lediglich die Variablen „Größe Datenviewer“ und „Menge Symbole“ werden in Tabelle 32 signifikant. Alle anderen untersuchten Variablen weisen einen höheren p-Wert als 0,05 auf, weshalb hier jeweils die Nullhypothese beibehalten wird. Dies wird auch in Abbildung 38 ersichtlich.

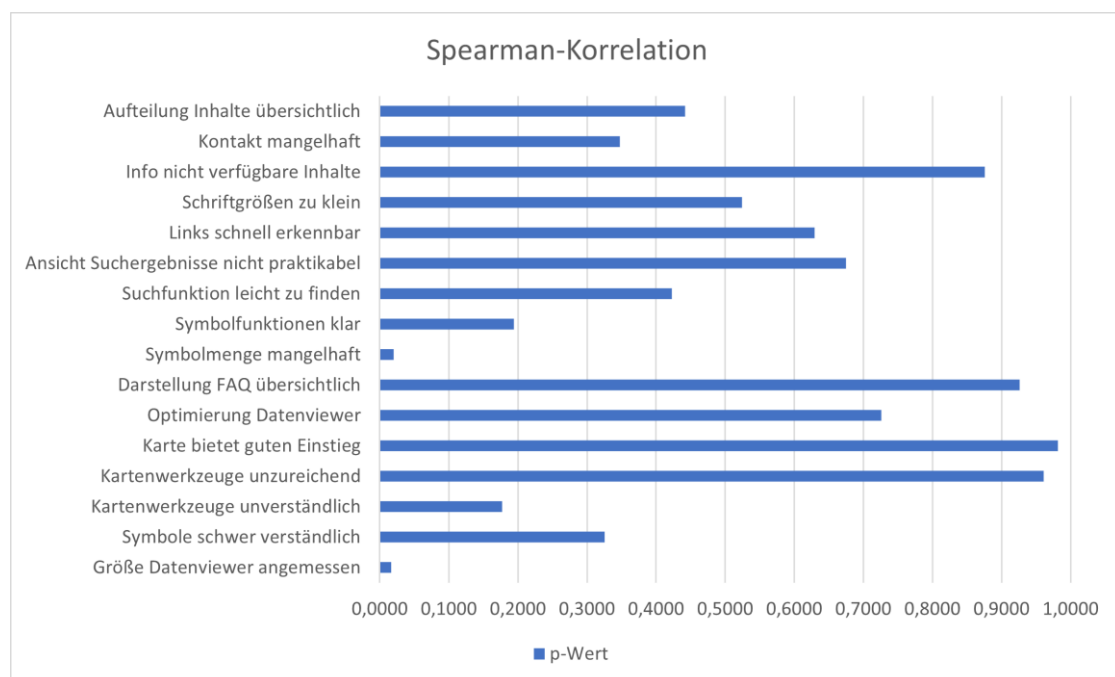


Abbildung 38: Darstellung p-Werte Spearman-Korrelation Prototyp I

Im Anschluss an die Berechnung der Korrelation erfolgt die Korrektur des p-Wertes mit der Bonferroni-Holm-Methode. Im Ergebnis in Tabelle 33 wird ersichtlich, dass die vorher erzielten Signifikanzen auf einen Zufallsfehler zurückzuführen sind. Nach Korrektur der p-Werte werden für alle Variablen die Nullhypothesen angenommen. Daraus erschließt sich, dass die Korrelation keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und den untersuchten Variablen zeigt.

Tabelle 33: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte

Variablen	Unadjust. p-Wert	p-Wert nach B.-H.-Korr.	Fazit nach B.-H.-Korr.
Größe Datenviewer	0,0169	0,26976	H0
Verständlichkeit Symbole	0,3258	1,00	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,1774	1,00	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,9608	1,00	H0
Einstieg Karte	0,9814	1,00	H0
Optimierung Datenviewer	0,7260	1,00	H0
Darstellung FAQ	0,9265	1,00	H0
Menge Symbole	0,0203	0,30465	H0
Funktionen Symbole	0,1945	1,00	H0
Positionierung Suchfunktion	0,4231	1,00	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,6752	1,00	H0
Erkennbarkeit Links	0,6295	1,00	H0
Schriftgröße	0,5244	1,00	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	0,8756	1,00	H0
Kontaktinformationen	0,3477	1,00	H0
Aufteilung Inhalte	0,4417	1,00	H0

Prototyp II

H0 = Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und der jeweils abhängigen Variable.

H1 = Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und der jeweils abhängigen Variable.

Tabelle 34: Ergebnisübersicht Spearman-Korrelation Prototyp II

Variablen	rho	s	p	Fazit
Größe Datenviewer	0,1321861	71300	0,2455	H0
Verständlichkeit Symbole	-0,1406133	93713	0,2164	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,0745219	76037	0,5139	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,2118708	64753	0,0609	H0
Einstieg Karte	0,1271962	71813	0,2688	H0
Optimierung Datenviewer	0,0882655	76752	0,5644	H0
Darstellung FAQ	0,0648399	76833	0,5702	H0
Menge Symbole	0,0290311	79775	0,7995	H0
Funktionen Symbole	0,0871492	75000	0,445	H0
Positionierung Suchfunktion	0,1279858	71645	0,261	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,0225450	80308	0,8437	H0
Erkennbarkeit Links	-0,0827467	88958	0,4685	H0
Schriftgröße	-0,0497942	86251	0,663	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	-0,1811395	97042	0,1101	H0
Kontaktinformationen	0,0106310	81287	0,9259	H0
Aufteilung Inhalte	-0,0028880	82397	0,9798	H0

Fazit: Alle untersuchten Variablen weisen einen höheren p-Wert als das Signifikanzniveau auf, weshalb hier die Nullhypothesen beibehalten werden. Die Ergebnisse können in Tabelle 34 eingesehen werden. Die unterschiedlichen p-Werte sind in Abbildung 39 ersichtlich.

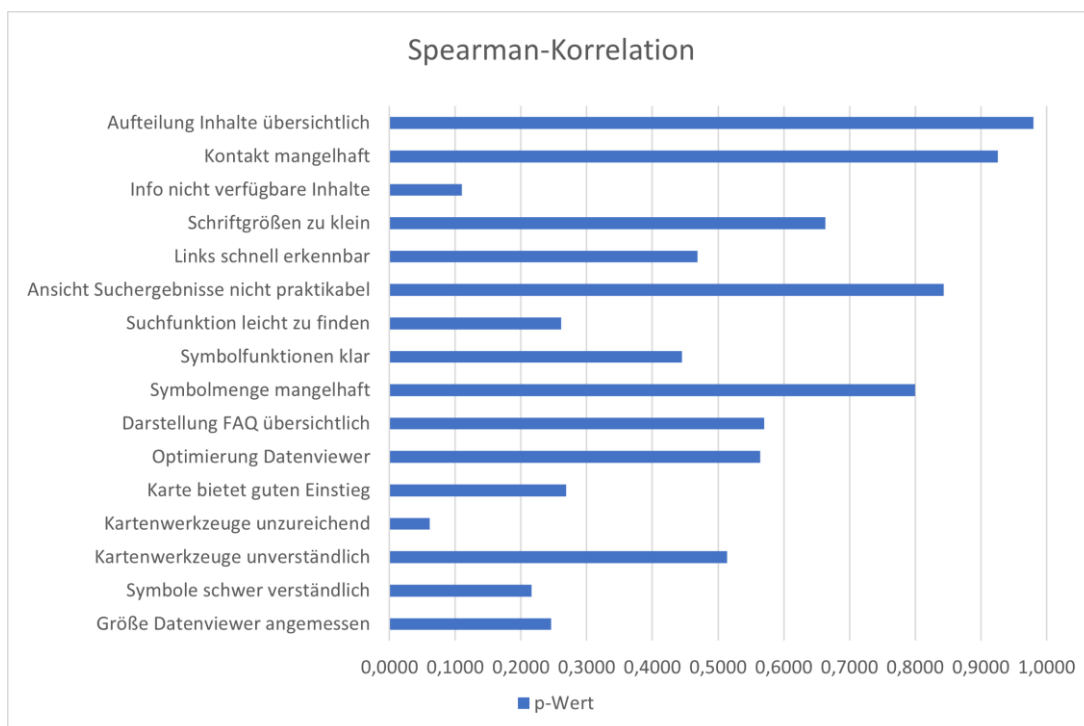


Abbildung 39: Darstellung p-Werte Spearman-Korrelation Prototyp II

In Tabelle 35 werden die Ergebnisse der anschließenden p-Wert-Korrekturen dargestellt. Darin lässt sich erkennen, dass die Korrekturen keine Veränderungen hinsichtlich der Signifikanz hervorbringen. Daher bleibt auch bei allen Variablen die Annahme, dass kein Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und der abgegebenen Bewertung zu den jeweiligen Variablen besteht.

Tabelle 35: Gegenüberstellung unadjustierte und korrigierte p-Werte

Variablen	Unadjust. p-Wert	p-Wert nach B.-H.-Korr.	Fazit nach B.-H.-Korr.
Größe Datenviewer	0,2455	1,00	H0
Verständlichkeit Symbole	0,2164	1,00	H0
Bedienung Kartenwerkzeuge	0,5139	1,00	H0
Verfügbare Kartenwerkzeuge	0,0609	0,97392	H0
Einstieg Karte	0,2688	1,00	H0
Optimierung Datenviewer	0,5644	1,00	H0
Darstellung FAQ	0,5702	1,00	H0
Menge Symbole	0,7995	1,00	H0
Funktionen Symbole	0,445	1,00	H0
Positionierung Suchfunktion	0,261	1,00	H0
Ansicht Suchergebnisse	0,8437	1,00	H0
Erkennbarkeit Links	0,4685	1,00	H0
Schriftgröße	0,663	1,00	H0
Info nicht verfügbare Inhalte	0,1101	1,00	H0
Kontaktinformationen	0,9259	1,00	H0
Aufteilung Inhalte	0,9798	1,00	H0

5 Diskussion

Die Analyse der erhobenen Daten in der Umfrage hat zu unterschiedlichen Erkenntnissen geführt. Die Überprüfung der Repräsentativität mittels Chi²-Tests in Kapitel 4.1 hat gezeigt, dass die erhobenen Daten einer repräsentativen Stichprobe der festgelegten Grundgesamtheit entsprechen. Damit werden die Eigenschaften der Grundgesamtheit hinsichtlich Alters- und Geschlechtsgruppierungen in der Stichprobe widergespiegelt. Aufgrund dessen ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse eine realistische Abbildung der Grundgesamtheit gewährleisten.

5.1 Auswertung deskriptive Statistiken

Die deskriptive Statistik für Prototyp I in Kapitel 4.2.1 zeigt eine ungleichmäßige Verteilung der Antworten innerhalb der fünfstufigen Likert-Skala. Die Werte der Schiefe und Kurtosis bestätigen daher, dass die Daten nicht normalverteilt sind. Somit liegt eine asymmetrische Datenverteilung für Prototyp I vor. Für die Variablen „Verständlichkeit Symbole“, „Verfügbare Kartenwerkzeuge“, „Menge Symbole“, „Ansicht Suchergebnisse“ und „Schriftgröße“ ist eine positive und damit rechtsschiefe Verteilung zu beobachten. Da die Fragestellungen für alle genannten Variablen negativ formuliert sind, bedeutet eine rechtsschiefe Verteilung, dass die Probanden diese Aspekte eher positiv bewerten. Alle übrigen Variablen weisen negative Schiefe-Werte und damit eine linksschiefe Verteilung auf. Die Fragestellungen der Variablen „Optimierung Datenviewer“ und „Kontaktinformationen“ sind negativ formuliert. Daher ist bei diesen Variablen davon auszugehen, dass die Probanden mit diesen Aspekten eher unzufrieden waren. Bei den Variablen mit positiv formulierten Fragestellungen ist davon auszugehen, dass die Mitarbeiter in diesen Fällen höhere Bewertungen mit einigen Ausreißern abgegeben haben und somit überwiegend zufrieden waren.

Bei den Variablen „Einstieg Karte“ und „Positionierung Suchfunktion“ kann eine hohe Kurtosis und negative Schiefe beobachtet werden, was auf eine steilgipflige Verteilung hindeutet. Bei den anderen Variablen lässt sich eine niedrigere Kurtosis feststellen, was auf eine flachgipflige Verteilung und damit größere Streuung der Antworten hinweist. In Kombination der beiden Faktoren lässt sich daraus schließen, dass die negative Schiefe und hohe Kurtosis der Variablen „Einstieg Karte“ und „Positionierung Suchfunktion“ auf eine hohe Zufriedenheit der Probanden hindeuten. Eine positive Schiefe in Kombination mit einer niedrigen Kurtosis weist auf überwiegende Zustimmung hin, allerdings gehen die Meinungen der Probanden teilweise auch weit auseinander. Hier können z.B. die Variablen „Verständlichkeit Symbole“, „Verfügbare Kartenwerkzeuge“ und „Menge Symbole“ angeführt werden.

Bei allen anderen Variablen mit jeweils nur geringen positiven oder negativen Werten für Schiefe und Kurtosis gehen die Meinungen weit auseinander. Somit zeigt sich für viele der untersuchten Variablen, dass es Optimierungsbedarf hinsichtlich der Usability gibt.

Für Prototyp II in Kapitel 4.2.2 zeigt sich ebenso eine ungleichmäßige Verteilung der Daten. Die Schiefe und Kurtosis weisen auf eine asymmetrische Verteilung der Daten hin. Bei den Variablen „Verständlichkeit Symbole“, „Menge Symbole“, „Ansicht Suchergebnisse“ und „Kontaktinformationen“ ist eine positive Schiefe zu beobachten. Die Fragestellungen dieser Variablen sind negativ formuliert, weshalb hier eine geringe Bewertung positiv anzusehen ist. Alle anderen Variablen weisen eine linksschiefe negative Verteilung der Daten auf, was aufgrund positiver Formulierung der Fragestellungen grundsätzlich für Unzufriedenheit steht. Die Variablen „Einstieg Karte“, „Positionierung Suchfunktion“ und „Aufteilung Inhalte“ weisen eine hohe Kurtosis auf. Bei Betrachtung der zugehörigen Mittelwerte und in Kombination mit der negativen Schiefe kann daraus geschlossen werden, dass dieses Ergebnis für eine hohe Zustimmung der Probanden für diese Variablen spricht. Dagegen stehen die positive Schiefe und negative Kurtosis bei den Variablen „Verständlichkeit Symbole“, „Menge Symbole“, „Ansicht Suchergebnisse“ und „Kontaktinformationen“ nur für eine mäßige Zustimmung unter den Befragten, da die Streuung der Antworten auf größere Meinungsverschiedenheiten hindeutet.

Bei beiden Prototypen werden „Einstieg Karte“ und „Positionierung Suchfunktion“ positiv bewertet. Trotz der unterschiedlichen Gestaltung der Kartenansicht (kleines im Gegensatz zu großem Layout) und die Art der Suchfunktion (Lupensymbol gegenüber Suchleiste) werden damit die Anforderungen FA01 und FA04 entsprechend belegt. Bei Betrachtung der Mittelwerte zur Variable „Positionierung Suchfunktion“ fällt auf, dass $\mu = 4,41$ bei Prototyp II etwas höher ist als $\mu = 4,20$ bei Prototyp I. Daraus lässt sich ableiten, dass der zweite Prototyp leicht besser bewertet wurde als der erste. Damit kann auch die Anforderung QA02 bestätigt werden. Die positive Bewertung der Variable „Aufteilung Inhalte“ im Gegensatz zu Prototyp I belegt die Anforderung QA08. Die Variablen „Verständlichkeit Symbole“ und „Menge Symbole“ werden in beiden Prototypen nur mäßig gut bewertet. Bei Betrachtung der Mittelwerte der Variable „Menge Symbole“ fällt auf, dass $\mu = 2,28$ bei Prototyp II leicht höher ist als $\mu = 2,18$ bei Prototyp I. In der Folge kann daraus abgeleitet werden, dass der zweite Prototyp etwas schlechter beurteilt wurde als der erste. Da außerhalb der Kartenanwendung im zweiten Prototyp nur ein paar Buttons zur Navigation hinzugefügt wurden, ist die Menge der Symbole in beiden Prototypen gleich. Auch die Kennzeichnung der Symbole in der Kartenanwendung sind identisch.

Die mäßige Bewertung der beiden Variablen lässt darauf schließen, dass vielen Nutzern die Funktionen ohne Erläuterung nicht klar bzw. die Symbole der Werkzeuge nicht intuitiv genug sind. Damit konnte die Anforderung QA05 nicht erfüllt werden. Die Implementierungen zu den Variablen „Verfügbare Kartenwerkzeuge“, „Ansicht Suchergebnisse“ sowie „Kontaktinformationen“ wurden für beide Prototypen identisch umgesetzt. Die Bewertungen für „Verfügbare Kartenwerkzeuge“ und „Ansicht Suchergebnisse“ fallen in Prototyp I insgesamt etwas besser aus als für Prototyp II, bei „Kontaktinformationen“ ist es umgekehrt. Dennoch sollte in Bezug auf die Anforderungen FA03 und FA06 sowie die Darstellung der Suchergebnisse über Optimierungen nachgedacht werden, um zukünftig eine klare Zustimmung zu erzielen.

5.2 Kolmogorov-Smirnov-Test

Die Kolmogorov-Smirnov-Tests wurden durchgeführt um zu überprüfen, ob die Variablen der Stichproben einer Normalverteilung entsprechen. Wie in der Analyse ersichtlich wird, weichen in Prototyp I alle Variablen signifikant von einer Normalverteilung ab. Somit werden auch die Erkenntnisse der deskriptiven Kennzahlen in Kapitel 4.2.1 gestützt. Die fünfstufige Likert-Skala wurde eingesetzt, um entweder eine hohe Zustimmung oder hohe Ablehnung für einen Aspekt zu erzielen, was von vornherein asymmetrisch verteilte Daten erwarten lässt. Die Probanden haben verschiedene Meinungen, die auf Grundlage unterschiedlichster Erwartungen oder Vorerfahrungen beruhen können. In der Folge führt dies zu Ausreißern in der Bewertung. Im Hinblick auf die Usability sollten diese Ausreißer je nach Auffälligkeit weiter untersucht werden, um spezifischere Informationen zu sammeln und entsprechende Anpassungen des Geoportals vornehmen zu können.

Für Prototyp II sehen die Ergebnisse sehr ähnlich aus. Nahezu alle Variablen werden signifikant, sodass davon auszugehen ist, dass keine Normalverteilung vorliegt. Lediglich die Variable „Optimierung Datenviewer“ wird nicht signifikant, weshalb hier von Normalverteilung auszugehen ist. Die Interpretation der deskriptiven Statistik hat jedoch gezeigt, dass die Schiefe und die Kurtosis für eine asymmetrische Verteilung sprechen. Dies bestätigt auch das Histogramm in Kapitel 4.3.1. Aufgrund dessen wird sich trotz theoretischer Nullhypothese für die Annahme der Alternativhypothese bei dieser Variable entschieden.

Die meisten Nutzer haben „3 – neutral“ auf der Likert-Skala gewählt. Dieses Ergebnis lässt sich von zwei Seiten betrachten: Zum einen kann es darauf hindeuten, dass es keine schwerwiegenden Missstände bzw. überragenden Funktionen gibt, die die Nutzer zu einer sehr guten oder sehr schlechten Bewertung gebracht hätten.

Dies spricht nicht dafür, dass es spezifische Usability-Probleme gibt, die eine Optimierung des Datenviewers zwingend erfordern. Mit dem Wissen aus Kapitel 5.1 in Bezug auf die Variable „Verfügbare Kartenwerkzeuge“, ist es allerdings auch möglich, dass sich die Nutzer nicht wirklich für oder gegen eine Optimierung aussprechen und daher eine neutrale Bewertung abgegeben haben.

5.3 Shapiro-Wilk-Test

Der Shapiro-Wilk-Test ist ein weiterer Test zur Prüfung der Normalverteilung der vorliegenden Daten. Bei einem Signifikanzniveau unter 5% zeigt sich, dass alle Variablen von Prototyp I signifikant werden und damit keine Normalverteilung aufweisen. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahmen der deskriptiven Kennzahlen in Kapitel 5.1 sowie des Kolmogorov-Smirnov-Tests in Kapitel 5.2.

Bei Prototyp II werden ebenfalls alle Variablen signifikant, was sich zum Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov-Tests grundsätzlich unterscheidet. Es bestätigt eher die Schlussfolgerung, dass im Hinblick auf die Variable „Optimierung Datenviewer“ die Alternativhypothese anzunehmen ist. Demnach haben alle Variablen den Shapiro-Wilk-Test nicht bestanden, weshalb in den folgenden Tests keine Normalverteilung angenommen werden kann. Dies ist ein weiterer Grund, weshalb zur Prüfung parametrische sowie nicht-parametrische Tests zur Auswertung der Ergebnisse genutzt werden.

5.4 Levene-Test

Der Levene-Test dient zur Prüfung der Varianzhomogenität, was für nachfolgende Tests als wichtige Voraussetzung gilt. Die Variable „Größe Datenviewer“ unterscheidet sich signifikant von den anderen Variablen. Dies deutet darauf hin, dass die abgegebenen Bewertungen der Probanden zwischen Prototyp I und II variieren. Bei den anderen Variablen gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Prototypen. Daraus lässt sich schließen, dass sich die Wahrnehmung der Nutzer zu diesen Aspekten nicht wirklich zwischen Prototyp I und II unterscheiden. Die Erkenntnisse zur Variable „Größe Datenviewer“ werden z.B. bei der Interpretation der ANOVA eine entsprechende Rolle einnehmen.

5.5 T-Test für unabhängige Stichproben

Durch die Erkenntnis bezüglich der Varianzheterogenität aus Kapitel 4.3.3 wurde für die Variable „Größe Datenviewer“ ein Welch-T-Test durchgeführt.

Der p-Wert dieser Variable bleibt sowohl vor der Bonferroni-Holm-Korrektur als auch danach deutlich unter dem Signifikanzniveau α und tritt so in den Vordergrund. Aus diesem Ergebnis lässt sich schließen, dass es einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Beurteilung der beiden Prototypen gibt. Um zu bewerten, welcher Prototyp besser abschneidet, werden die deskriptiven Statistiken aus Kapitel 4.2 zur Unterstützung herangezogen. Bei Betrachtung der beiden Mittelwerte lässt sich klar erkennen, dass Prototyp II mit $\mu=4,37$ im Gegensatz zu Prototyp I mit $\mu=3,76$ besser beurteilt wurde. Dadurch wird eindeutig belegt, dass eine große Karte in einem Geoportal zu einer signifikant besseren Usability führt, was Anforderung QA01 bestätigt.

Für alle anderen Variablen wurden zweiseitige T-Tests durchgeführt. Dabei konnte nur für die Variable „Funktionen Symbole“ signifikante Unterschiede zwischen den beiden Prototypen festgestellt werden. Die anschließend durchgeführte Bonferroni-Holm-Korrektur hat gezeigt, dass der korrigierte p-Wert über dem Signifikanzniveau liegt, sodass dies vermutlich nur eine Folge eines Zufallsfehlers war und die Nullhypothese auch bei dieser Variable beibehalten wird. Alle anderen Variablen zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Prototypen. So kann keine Präferenz eines bestimmten Prototypens bei einer der Variablen ausgemacht werden, was keine klaren Rückschlüsse zur Benutzerfreundlichkeit der Systeme zulässt.

5.6 Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben

Der Mann-Whitney-U-Test ist ein nicht-parametrischer Test und hat weniger Voraussetzungen zu erfüllen als beispielsweise der T-Test. Dieser Test ist zur Auswertung der vorliegenden Ergebnisse dahingehend gut geeignet, da Normalverteilung bei diesem Test keine Voraussetzung ist.

Genau wie beim T-Test in Kapitel 4.3.4 zeigt die Variable „Größe Datenviewer“ sehr niedrige p-Werte vor und nach der Bonferroni-Holm-Korrektur und tritt damit signifikant in den Vordergrund. Auch hier bedeutet dies, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Prototypen besteht. Der Vergleich der Mittelwerte lässt darauf schließen, dass wie beim T-Test der zweite Prototyp besser von den Probanden bewertet wurde. Damit lässt sich Anforderung QA01 nun sicher belegen.

Die Variable „Funktionen Symbole“ zeigt im Vergleich zum T-Test nur sehr knapp mit $p=0,05702$ vor der Bonferroni-Holm-Korrektur keine Signifikanz. Dafür ist allerdings die Variable „Positionierung Suchfunktion“ vor der Korrektur signifikant geworden.

Der adjustierte p-Wert hingegen liegt über dem Signifikanzniveau, sodass hier die Nullhypothese beibehalten wird. Daraus lässt sich schließen, dass der zunächst entdeckte Unterschied vermutlich auf die Alpha-Fehler-Kumulierung zurückzuführen ist. Allerdings wurde in der Auswertung der deskriptiven statistischen Kennzahlen in Kapitel 5.1 herausgefunden, dass der zweite Prototyp etwas besser durch die Probanden beurteilt wurde. Aus der Kombination beider Ergebnisse lässt sich schließen, dass hier doch ein Unterschied zwischen den beiden Prototypen zu beobachten ist, wenn auch kein signifikanter. Dies spricht wiederum dafür, dass eine zentrale Positionierung der Suchleiste durchaus zur Usability der Anwendung beigetragen hat. Dadurch wird Anforderung QA02 nochmals bestärkt.

5.7 Zweifaktorielle ANOVA

Durch die Verwendung der ANOVA wird ein möglicher Zusammenhang zwischen Alter, Geschlecht und den abhängigen Variablen untersucht. Dadurch soll geprüft werden, ob bestimmte Altersgruppen oder das Geschlecht unterschiedlicher Auffassung einer bestimmten Variable sind und ob sich hierzu spezifische Usability-Probleme herausstellen lassen. Es gilt zu beachten, dass eine niedrige Bewertung bei negativ formulierten Fragen positiv zu interpretieren ist.

Die Ergebnisse von Prototyp I haben Auffälligkeiten bei den Variablen „Größe Datenviewer“, „Positionierung Suchfunktion“ sowie „Schriftgröße“ gezeigt. Bei der Variable „Größe Datenviewer“ hat sich erwiesen, dass die Interaktion, im speziellen die Gruppen „50-60:Männlich“ und „30-40:Männlich“, vor der Bonferroni-Holm-Korrektur signifikant geworden ist. Die Korrektur bewirkt jedoch einen p-Wert über dem Signifikanzniveau, weshalb von einem Zufallsfehler ausgegangen werden kann. Der Interaktionsplot hingegen zeigt eine deutliche Unterscheidung der Beurteilung zwischen Frauen und Männern in der Altersgruppe „30 – 40“. Dies bestärkt die Annahme, dass durchaus eine Interaktion zwischen Alter und Geschlecht zu beobachten ist, auch wenn die Ergebnisse rechnerisch nicht signifikant werden. Für die Benutzerfreundlichkeit innerhalb eines Geoportals kann dies bedeuten, dass Männer eine größere Ansicht des Datenviewers benötigen als Frauen.

Zur Variable „Positionierung Suchfunktion“ lässt sich eine anfängliche Signifikanz der unabhängigen Variable „Alter“ feststellen. Die Auswertung ergab ein signifikantes Ergebnis der Altersgruppen „50 – 60“ und „20 – 30“. Der adjustierte p-Wert kann dies jedoch nicht mehr bestätigen. Im Interaktionsplot lässt sich erkennen, dass jüngere Probanden die Position der Suchfunktion etwas besser bewertet haben als ältere, was auf einen Zusammenhang hindeutet, auch wenn dieser nicht signifikant ist.

Hinsichtlich der Usability lässt sich daraus ableiten, dass die Position der Suchfunktion zu wenig Problemen bei der Lösung der Aufgaben geführt haben muss. Demnach ist die Umsetzung der Suche mittels eines Symbols für die Probanden praktikabel.

Bei der Variable „Schriftgröße“ lässt sich wie zuvor eine Signifikanz beim Alter beobachten. Die paarweisen Vergleiche der Altersgruppen „40 – 50 - 20 – 30“ und „über 60 - 20 – 30“ weisen als Ergebnis der ANOVA einen niedrigeren p-Wert als das Signifikanzniveau α auf. Die Bonferroni-Holm-Korrektur verwirft diese Signifikanz, welche demnach auf einen Zufallsfehler zurückzuführen sein könnte. Der Interaktionsplot zeigt jedoch einige Besonderheiten. Zum einen fällt auf, dass Männer der Altersgruppe 30 – 40 die Schriftgröße schlechter bewerten als gleichaltrige Frauen. Zum anderen lässt sich insgesamt beobachten, dass sich mit steigendem Alter die Bewertung verschlechtert. Diese Erkenntnisse führen zur Annahme, dass doch ein Zusammenhang zwischen dem Alter und der Schriftgröße beobachtet werden kann. Weiterhin lässt sich daraus schließen, dass die Schriftgröße für ältere Probanden angepasst werden muss, um die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen und Anforderung QA07 über alle Altersgruppen hinweg zu verifizieren. In Prototyp II ist diese Variable nicht auffällig geworden, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass die größeren Schriftfonten zu einer besseren Bewertung geführt haben.

Die Untersuchung von Prototyp II hat Auffälligkeiten der Variablen „Größe Datenviewer“, „Bedienung Kartenwerkzeuge“, „Menge Symbole“, „Ansicht Suchergebnisse“ und „Info nicht verfügbare Inhalte“ ergeben. Bis auf „Größe Datenviewer“ unterscheiden sich die Variablen zum ersten Prototyp. Die unabhängige Variable „Alter“ wird bei der Berechnung der ANOVA der Variable „Größe Datenviewer“ signifikant. Insbesondere der Vergleich der Altersgruppen „50 – 60 - 20 – 30“ liegt unterhalb vom Signifikanzniveau. Die Bonferroni-Holm-Korrektur ergibt einen p-Wert von $p=0,0529$ und wird damit nur sehr knapp nicht mehr signifikant. Die Betrachtung des Interaktionsplots dagegen lässt weiterhin einen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Bewertung vermuten. Hierbei zeigt sich, dass Probanden mit steigendem Alter eher zu einer negativen Bewertung neigen. Bei der Altersgruppe 50 – 60 zeigt sich darüber hinaus, dass Frauen eine positivere Einschätzung als Männer abgegeben haben. Wie die Beschreibungen der Implementierung in Kapitel 3.2.3 gezeigt haben, wurde die Größe des Datenviewers im zweiten Prototyp vergrößert, um die Anforderung QA01 zu prüfen. Aufgrund des Forschungsdesigns kann nicht differenziert werden, ob die Probanden den Datenviewer zu klein oder zu groß empfunden haben. Bei Wiederholung der Studie sollte die Frage demnach spezifischer formuliert werden, um diesen Aspekt genauer untersuchen zu können. Ein weiterer möglicher Grund für die schlechtere Bewertung könnten Gewohnheiten sein.

Diese Generation kennt die digitalen Möglichkeiten nicht von Beginn an und könnte daher noch ein Verfechter von großen analogen Karten sein. Daher ist es besonders wichtig, dass die Gestaltung der Karte (Größe, Werkzeuge usw.) den Bedürfnissen möglichst aller Altersgruppen gerecht wird, damit die Akzeptanz dieses Mediums gelingt.

Die Untersuchung der Variable „Bedienung Kartenwerkzeuge“ weist eine Signifikanz zwischen der Interaktion von Alter und Geschlecht auf. Die Prüfung der paarweisen Paare ergab allerdings keine signifikanten Paarungen. Auch die Korrektur des p-Wertes veränderte nichts daran. Der zugehörige Interaktionsplot zeigt allerdings, dass durchaus Unterschiede in der Bewertung vorgenommen wurden. So bewerteten Frauen im Alter von 50 – 60 die Bedienbarkeit der Kartenwerkzeuge schlechter als gleichaltrige Männer. Bei den Männern zeigt sich über nahezu alle Altersgruppen hinweg eine konstante Bewertung. Hieraus lässt sich schließen, dass Frauen mehr Unterstützung bei der Verwendung der Kartenwerkzeuge benötigen als Männer. Dafür könnten verschiedene Maßnahmen umgesetzt werden, wie beispielsweise die ausführliche Beschreibung der einzelnen Werkzeuge in einer Dokumentation, die zum Zeitpunkt der Befragung den Probanden nicht vorlag. Eine zusätzliche Hilfestellung könnte das Einfügen kurzer Video-Tutorials für eine visuelle Komponente bieten.

Bei der Berechnung der ANOVA für die Variable „Menge Symbole“ wurde eine Signifikanz der Interaktion zwischen Alter und Geschlecht beobachtet. Wie zuvor bei der Variable „Bedienung Kartenwerkzeuge“ konnte durch den paarweisen Vergleich keine Signifikanz festgestellt werden, weder vor noch nach der Bonferroni-Holm-Korrektur. Der Interaktionsplot zeigt einige Unterschiede zwischen den Geschlechtern und den Altersgruppen. Die Altersgruppen „20 – 30“, „30 – 40“ und „über 60“ zeigen jeweils unterschiedliche Bewertungen je nach Geschlecht, was die Anfangsvermutung eines Zusammenhangs zwischen Alter und Geschlecht unterstützt. Weiterhin ist erkennbar, dass sich mit steigendem Alter die Bewertung der Symbolmenge verschlechtert. Es sollte daher geprüft werden, ob weitere Funktionalitäten per Schnellklick über ein Symbol in das Geoportal implementiert werden können. Dennoch muss darauf geachtet werden, dass die Symbole selbsterklärend sind, um die Benutzerfreundlichkeit des Systems zu verbessern. Eine denkbare Möglichkeit wäre das Anlegen von Quicklinks durch Symbole. So können Nutzer ihre favorisierten Inhalte deutlich effizienter mit nur wenigen Klicks erreichen.

Die Untersuchung der Variable „Ansicht Suchergebnisse“ hat wie bei den beiden Variablen zuvor eine Interaktion zwischen Alter und Geschlecht ergeben. Allerdings konnten unabhängig von der p-Wert-Korrektur keine signifikanten Paarungen durch die paarweisen Vergleiche hervorgebracht werden.

Bei Betrachtung des Interaktionsplots treten größere Bewertungsunterschiede der Altersgruppen „20 – 30“ und „über 60“ in den Vordergrund. Die Altersgruppen „30 – 40“ bis „50 – 60“ deuten darauf hin, dass mit steigendem Alter die Ansicht der Suchergebnisse schlechter bewertet wird. Demnach kommt die derzeitige Auflistung der Suchergebnisse bei den älteren Probanden nicht gut an. Hier sollte über die Möglichkeit einer anderen Darstellung nachgedacht werden, um die Usability zu verbessern. Möglicherweise würde die Filterung der Suchergebnisse bereits zu einer anderen Einschätzung beitragen. Eine andere Variante wäre auch die Anreicherung der Metadaten mit mehr Informationen in der Ansicht der Suchergebnisse, damit Nutzer besser entscheiden können, welches Suchergebnis am ehesten ihrem Bedarf entspricht.

Aus der Analyse der Variable „Info nicht verfügbare Inhalte“ geht eine Signifikanz der unabhängigen Variable „Alter“ hervor. Der p-Wert liegt mit $p=0,0087$ für die Gruppierung „über 60-20 – 30“ unter dem Signifikanzniveau. Die Bonferroni-Holm-Korrektur erwirkt eine knapp verfehlte Signifikanz mit $p=0,0867$. Die Graphen im Interaktionsplot verlaufen beide in dieselbe Richtung und zeigen, dass mit steigendem Alter eine negativere Bewertung abgegeben wird. Dies deutet darauf hin, dass das Alter einen Einfluss auf die Bewertung der Variable hat. Zur Erreichung einer durchgehend hohen Bewertung über alle Altersgruppen hinweg müssen die bereitgestellten Informationstexte bei nicht verfügbaren Inhalten etwas umfangreicher verfasst werden.

Die Interpretationen der Ergebnisse zur ANOVA müssen insgesamt kritisch betrachtet werden. Aufgrund der geringen Stichprobengrößen der einzelnen Gruppen sowie der fehlenden Normalverteilung können die beobachteten Ergebnisse teilweise stark verzerrt sein. Dies kann besonders bei der Altersgruppe „über 60“ der Fall sein, da sich beispielsweise die insgesamt 11 über 60-jährigen Probanden auf die beiden Prototypen aufteilen. Daher kann es durchaus vorkommen, dass in einer Gruppierung die Stichprobengröße bei 0 liegt. Aus diesen Gründen sollte die Interpretation der Ergebnisse für Rückschlüsse zur Usability nicht ausschließlich auf die ANOVA gestützt werden. Bei Wiederholung der Befragung sollte darüber nachgedacht werden, ob die Frage nach dem Alter in einer anderen Gruppeneinteilung gestellt wird, damit die Stichproben je Gruppe größer sind.

5.8 Pearson-Korrelation

Die Pearson-Korrelation als parametrischer Test wird ebenfalls unter der Annahme von Normalverteilung durchgeführt. Hierbei soll der Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und den abhängigen Variablen geprüft werden.

Die Ergebnisse der Korrelation können mit den Ergebnissen der anderen Kapitel verglichen werden und in Kombination möglicherweise zu neuen Erkenntnissen führen.

Die Untersuchung von Prototyp I mittels Pearson-Korrelation hat zunächst als signifikante Variable „Menge Symbole“ mit einem p-Wert $p=0,01023$ festgestellt. Die Bonferroni-Holm-Korrektur hat jedoch gezeigt, dass dies auf einen Zufallsfehler zurückzuführen sein könnte. Das Ergebnis der deskriptiven Statistik in Kapitel 4.2.1 weist auf, dass diese Variable eher negativ bewertet wurde. Aus der Kombination beider Ergebnisse lässt sich schließen, dass hier doch ein Einfluss der Nutzungshäufigkeit vorliegen könnte. Alle anderen Variablen weisen sowohl vor als auch nach der Korrektur höhere p-Werte als das Signifikanzniveau auf, weshalb hier keine weiteren signifikanten Zusammenhänge erkannt werden können. Beim zweiten Prototyp hat die Untersuchung weder vor noch nach der Korrektur des Signifikanzniveaus ein signifikantes Ergebnis gezeigt.

In Bezug auf die Usability ist die Prüfung der Symbolmenge bereits durch die Auswertung der deskriptiven Kennzahlen ein Punkt, der Potenzial zur Optimierung aufweist. Darüber hinaus konnten jedoch keine neuen Erkenntnisse bezüglich einer Korrelation gezogen werden. Bei Wiederholung der Studie sollten durch mehr oder noch gezieltere Fragen versucht werden, einen signifikanten Unterschied zu erzielen. Dennoch lässt sich festhalten, dass dieses Ergebnis dafür spricht, dass die Nutzer unabhängig ihrer Vorkenntnisse zu Geoportalen keine extremen Erfahrungen bei der Verwendung des Systems gemacht haben, was sie zu einer anderen Bewertung veranlasst hätte. Zusätzlich empfiehlt sich die Durchführung von Post-Interviews mit Nutzern, um die Hintergründe der abgegebenen Bewertung zu erfahren.

5.9 Spearman-Korrelation

Die Spearman-Korrelation wurde als nicht-parametrischer Test dazu verwendet, einen möglichen Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und den verschiedenen abhängigen Variablen analysieren zu können. Dieser Test eignet sich gut zur Auswertung der vorliegenden Daten, da die Normalverteilung keine Grundvoraussetzung für die Durchführung ist.

Die Untersuchung der Daten mit der Spearman-Korrelation hat für Prototyp I zunächst zwei signifikante Variablen hervorgebracht: „Größe Datenviewer“ und „Menge Symbole“. In Verbindung mit dem negativen Rho-Wert könnte daraus geschlossen werden, dass eine hohe Nutzungshäufigkeit zu einer negativen Bewertung dieser Variable führt. Bei der Variable „Menge Symbole“ deutet der positive Rho-Wert bei hoher Nutzungshäufigkeit eher auf eine positive Bewertung hin.

Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erkenntnissen aus der deskriptiven Statistik in Kapitel 5.1 sowie dem T-Test in Kapitel 5.5. Nach durchgeführter Bonferroni-Holm-Korrektur werden beide Variablen allerdings nicht mehr signifikant, weshalb die beobachteten anfänglichen Signifikanzen eine Folge der Alpha-Fehler-Kumulierung sein könnten und damit zufällig aufgetreten sind. Demnach ist abschließend von keinem signifikanten Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit und der Bewertung der abhängigen Variablen auszugehen.

Bei Prototyp II konnten sowohl vor als auch nach der Korrektur keine signifikanten Korrelationen zwischen der Nutzungshäufigkeit und der Bewertung der anderen Variablen festgestellt werden. Am auffälligsten ist wohl noch die Variable „Verfügbare Kartenwerkzeuge“ mit einem unadjustierten p-Wert von $p=0,0609$. Dieser p-Wert reichte bei einem Signifikanzniveau von 0,05 jedoch nicht aus, um einen Zusammenhang anzuzeigen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Spearman-Korrelation keine Abhängigkeit der Nutzungshäufigkeit zur Bewertung der abhängigen Variablen hervorgebracht hat. Dieses Ergebnis muss nicht negativ gesehen werden, denn das zeigt grundsätzlich, dass die Nutzer keine größeren Schwierigkeiten bei der Lösung der Aufgaben hatten und dementsprechend auch keinen Grund hatten, bestimmte Variablen besonders positiv oder negativ zu bewerten. Bei Prototyp I könnte in zukünftigen Studien dennoch hinsichtlich der anfänglich signifikanten Variablen mit anderen Tests geprüft werden, ob eventuell doch eine Korrelation besteht. Bezüglich der Usability kann geschlussfolgert werden, dass mit den erzielten Ergebnissen die Nutzungshäufigkeit als Indikator für mögliche Usability-Probleme ausgeschlossen werden kann. Bei Wiederholung der Untersuchung könnte über gezieltere oder umfänglichere Fragen eine tiefergehende Analyse realisiert werden. Wie bei der Pearson-Korrelation bietet sich auch bei der Spearman-Korrelation die Durchführung von Einzel- oder Gruppeninterviews an, um Details zur abgegebenen Bewertung zu erhalten.

5.10 Ableitung von Designempfehlungen

Bei der Implementation der Prototypen wurden die technischen Anforderungen TA01 und TA02 jeweils berücksichtigt. Die Umsetzung eines Geoportals in einer browserbasierten Webanwendung hat sich als praktisch erwiesen, da so den Mitarbeitern ein Zugang von unterwegs möglich ist und nicht nur ein Desktop-PC genutzt werden muss. Das Portal in ArcGIS Enterprise bietet als Speicherort aller WebGIS-Anwendungen sowie dem Geoportal selbst die Möglichkeit, den Zugang zu bestimmten Inhalten an verschiedene Nutzergruppen zu gewähren. Dadurch können sensible Daten vor unbefugten Zugriffen geschützt werden. In der Befragung wurde der Fokus eher auf funktionale und qualitative Inhalte gelegt, sodass die technischen Anforderungen lediglich praktisch umgesetzt, aber nicht weiter betrachtet wurden.

Die funktionalen Anforderungen wurden ebenfalls in beiden Prototypen implementiert. Dabei wurden teilweise Unterschiede in der inhaltlichen Umsetzung gemacht. Bei der Umsetzung von Anforderung FA01 wurde im Hinblick auf Anforderung QA01 eine Unterscheidung in der Größe vorgenommen. Zur Prüfung, ob der Datenviewer bei den Nutzern positives Interesse erweckt, diente die Variable „Einstieg Karte“. Wie bereits in Kapitel 5.1 geschlussfolgert, konnte in beiden Prototypen eine hohe Bewertung für diese Variable erzielt werden. Dies zeigt, dass eine Basiskarte als Grundlage bzw. Einstieg zur Datenexploration zu einer hohen Zustimmung bei den Probanden geführt hat.

Die in Kapitel 3.2.3 dargestellten Abbildungen zeigen die Umsetzung der Themenübersicht als Einstieg in beide Prototypen. Allerdings wurde Anforderung FA02 nicht spezifisch in der Befragung thematisiert. Einige Nutzer haben jedoch in der Schlussfrage bei Prototyp I kritisiert, dass ein kleiner Hinweis unter den Themengebieten zu den Inhalten wünschenswert wäre. Die Abbildungen verdeutlichen, dass dies bereits bei der Implementierung von Prototyp II z.B. für die Themen „Umweltplanung“ sowie „Daten- und Dokumentenmanagement“ umgesetzt wurde. Daraus erschließt sich, dass ein kurzer Vorschautext zu den verfügbaren Inhalten sinnvoll ist und das Nutzererlebnis verbessern kann.

Zur Überprüfung von Anforderung FA03 wurden die Variablen „Bedienung Kartenwerkzeuge“ und „Verfügbare Kartenwerkzeuge“ genutzt. Die Ergebnisse der ANOVA und der deskriptiven statistischen Kennzahlen demonstrieren, dass die Meinungen zu beiden Variablen unterschiedlich ausgefallen sind. Die ANOVA brachte Probleme bei der Bedienung der Kartenwerkzeuge hauptsächlich bei den weiblichen Probanden hervor, was in einer Folgeforschung tiefer ergründet werden sollte. Die deskriptive Statistik und der Kolmogorov-Smirnov-Test haben gezeigt, dass sich die Probanden keine klare Meinung hierzu bilden konnten, da die meisten Bewertungen neutral und der Rest breit gestreut waren. Demnach kann abschließend festgehalten werden, dass sich die Kartenanwendung zwar mit verschiedenen Tools ausstatten ließ, allerdings die Art und Weise der Darstellung überarbeitet werden muss.

Zur Untersuchung von Anforderung FA04 diente die Frage nach der am häufigsten genutzten Funktion eines Geoportals. Die „Suche nach Daten“ hat dabei die zweithäufigsten Antworten erhalten. Daraus lässt sich ableiten, dass die Nutzer nicht auf die Suchfunktion verzichten können, was für die Anforderung FA04 spricht. Die verfügbaren Metadaten der enthaltenen Anwendungen sind in der Ansicht der Suchergebnisse ersichtlich. Hier konnte festgestellt werden, dass diese darin umfangreichere Informationen zur Verfügung stellen sollten, um die Zufriedenheit der Nutzer zu erhöhen.

Dies deutet darauf hin, dass die Metadaten durchaus von Interesse für die Nutzer sind, was Anforderung FA05 bestärkt. Demnach empfiehlt es sich, eine Suchfunktion sowie umfangreiche Metadaten für die Nutzer bereitzustellen.

Die Variable „Kontaktinformationen“ diente der Überprüfung von Anforderung FA06. Die Auswertung der deskriptiven Kennzahlen zeigte, dass die Probanden insgesamt eher mäßig zufrieden waren, was auf Optimierungsbedarf hindeutet. Als Kontaktinformation wurde eine E-Mail-Adresse für ein Postfach angegeben, auf das mehrere Mitarbeiter Zugriff haben, um die verschiedenen geschilderten Anliegen bearbeiten zu können. Zur Verbesserung dieses Aspekts empfiehlt sich beispielsweise die Benennung von Personen, die hinter dieser Mailadresse zu finden sind. Eine andere Möglichkeit ist die Vorstellung des Teams in einer Art Portrait, welches die Ansprechpartner für die Betreuung der Inhalte, Themenschwerpunkte und des Geoportals im Allgemeinen offenkundig darlegt.

Anforderung FA07 wurde nicht in der Befragung thematisiert. Aus den gewonnenen Erkenntnissen, z.B. in Bezug zur Arbeit mit dem Datenviewer konnte dennoch demonstriert werden, dass eine Dokumentation in Form einer Anwendungsdokumentation sowie eines Nutzerhandbuchs unumgänglich ist.

Mit Hilfe der Variable „Darstellung FAQ“ ließ sich die Anforderung FA08 überprüfen. Die Signifikanztests haben dazu keine Auffälligkeiten festgestellt. Daher wird das Ergebnis mittels deskriptiver Statistiken interpretiert. Die Bewertungen des Hilfebereichs fallen für Prototyp II insgesamt besser aus. Sowohl der höhere Mittelwert, die geringere Streuung als auch die geringere Verzerrung führen zu dieser Annahme. Demnach zeigt sich, dass die Art und Weise, wie die Hilfe zur Verfügung gestellt wird, einen Einfluss auf die Zufriedenheit der Nutzer hat. Es empfiehlt sich daher, den Hilfebereich übersichtlich zu gestalten. Dazu gehört unter anderem die Sortierung der Fragen nach Themen. Als Vorschlag wurde von einigen Nutzern die Möglichkeit der Suche von Begriffen erwähnt, damit bei Zunahme der aufgelisteten Fragen die passende Antwort schneller zu finden ist.

Die qualitativen Anforderungen wurden nur in Prototyp II berücksichtigt, um aus den Ergebnissen zu schließen, ob diese Entwicklungen zur Usability des Systems beigetragen haben und damit das Nutzererlebnis verbessern konnten. Die statistische Auswertung hat gezeigt, dass die Umsetzung von Anforderung QA01 als einzige einen signifikanten Einfluss auf das Nutzererlebnis bewirken konnte. Demnach ließ sich die von Çöltekin et al. (2009), Skarlatidou und Haklay (2009), Panchaud und Hurni (2018) sowie Kellenberger et al. (2016) betonte Notwendigkeit einer großen Karte signifikant nachweisen.

Die Untersuchung hat jedoch aufgezeigt, dass es benutzergruppenspezifische Anforderungen an die Kartengröße geben kann, was bei der Umsetzung eines Geoportals zu berücksichtigen ist. Hierfür empfiehlt es sich vorab eine ausführliche Anforderungsanalyse unter Einbeziehung der Nutzer durchzuführen.

Die Variable „Positionierung Suchfunktion“ diente dazu, Anforderung QA02 zu überprüfen. Die Ergebnisse belegen, dass die zentrale Positionierung der Suchfunktion als Suchleiste bei den Probanden besser angekommen ist, als die Suche über das kleine Lupensymbol in der Kopfzeile aufzurufen. Damit wird ersichtlich, dass wie von Henzen und Bernard (2013) beschrieben, die Positionierung der Suche von nicht zu vernachlässigender Bedeutung ist. Bei Umsetzung der Suchfunktion als Suchzeile, sollte die Größe entsprechend dem Seitenverhältnis angepasst werden. Anforderung QA03 wurde in der Befragung nicht explizit bezüglich leerer Trefferlisten analysiert, sondern die Ansicht der Suchergebnisse im Allgemeinen. Dabei hat sich ebenfalls eine benutzergruppenabhängige Bewertung gezeigt. Hier sollten die technischen Möglichkeiten bezüglich einer veränderten Darstellung oder die Anreicherung der Metadaten geprüft werden.

Die Untersuchung der Variable „Info nicht verfügbare Inhalte“ zielte zur Überprüfung von Anforderung QA04 ab. Ohne die Anzeige der Information bezüglich der Bearbeitung der Seite wäre mit Klick auf die Themenkachel nichts passiert. Daher zeigt sich, dass die von Panchaud und Hurni (2018) sowie Quiñones Otey et al. (2022) vorgestellten Hinweise zu Fehlermeldungen essentiell sind, um den Nutzer nicht zu verunsichern. Im direkten Vergleich zu Prototyp I kann anhand der deskriptiven statistischen Kennzahlen in Kapitel 4.2.2 entnommen werden, dass die Bewertung von Prototyp II besser ausgefallen ist, obwohl die Informationstexte identisch sind. Die Ergebnisse der ANOVA in Kapitel 4.3.6 zeigen eine altersabhängige Beurteilung. Wie in diesem konkreten Beispiel zu sehen, sollten die anzuzeigenden Informationstexte ausführlicher formuliert werden, damit alle Nutzer zufriedener sind. Eventuell könnte eine kurze Themenvorschau für zu erwartende Inhalte für die Nutzer skizziert werden.

Die Untersuchung von Anforderung QA05 wurde mit Hilfe der Variable „Menge Symbole“ vorgenommen. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung zeigen, dass die Bewertungen der Nutzer eher mäßig ausfallen und weit auseinander gehen. Somit konnten die von Resch und Zimmer (2013) sowie Panchaud und Hurni (2018) geforderten Aspekte bezüglich Klarheit und leichtem Verständnis nicht erreicht werden.

Dies zeigt allerdings, dass durch Optimierung der genannten Aspekte bei erneuter Befragung ein besseres Ergebnis erzielt werden könnte, sodass die vollständige Umsetzung der Usability-Anforderung zu einem besseren Nutzererlebnis beitragen kann.

Die Variable „Erkennbarkeit Links“ diente der Prüfung von Anforderung QA06. Die Signifikanztests haben keinerlei Auffälligkeiten gezeigt, weshalb das Ergebnis der deskriptiven Statistik herangezogen wurde.

Der Vergleich der beiden Prototypen demonstriert, dass Prototyp II trotz breiter Streuung der Beurteilungen bei Betrachtung der Mittelwerte besser abschneidet als Prototyp I. Damit wird belegt, dass sich die von Blake et al. (2017) und Panchaud und Hurni (2018) empfohlene Gestaltung interaktiver Inhalte und Links vom Hintergrund abheben und klar erkennbar sein müssen. Für die Gestaltung innerhalb eines Geoportals empfiehlt es sich daher, mit verschiedenen Stilmitteln wie Fettdruck, Unterstreichung und verschiedenen Farben zu arbeiten, um die schnelle Erkennbarkeit von Links und interaktiven Inhalten zu fördern.

Mit Hilfe der Variable „Schriftgröße“ soll die Anforderung QA07 überprüft werden. Auch hier konnten sich keinerlei Auffälligkeiten bei der Durchführung der Signifikanztests feststellen lassen, weshalb die deskriptiven Statistiken zur Beurteilung genutzt werden. Dabei wird ersichtlich, dass Prototyp II schlechter abschneidet, obwohl die Schriftgrößen größer gewählt wurden als in Prototyp I. Damit konnte die von Resch und Zimmer (2013) beschriebene Anforderung nicht zur vollsten Zufriedenheit der Nutzer umgesetzt werden und hat in seiner derzeitigen Umsetzung nicht zur Verbesserung des Nutzererlebnisses beigetragen. An dieser Stelle zeigt sich ein erweiterter Forschungsbedarf zur Spezifizierung der geeigneten Schriftgrößen.

Zur Untersuchung von Anforderung QA08 diente die Variable „Aufteilung Inhalte“. Die Ergebnisse der deskriptiven Kennzahlen ließen erkennen, dass den Nutzern die Aufteilung der Inhalte des Geoportals in Prototyp II besser gefallen hat. Somit konnten die Erkenntnisse von Resch und Zimmer (2013) nachgewiesen werden. Die Aufteilung der Inhalte auf mehrere Haupt- und Nebenseiten trägt demnach zur Usability der Anwendung bei.

Die letzte Anforderung QA09 wurde in der Befragung nicht thematisiert. In Prototyp II wurde allerdings ein Formular mittels ArcGIS Survey123 umgesetzt, dass zur Übermittlung von Nutzerfeedback genutzt werden kann.

In Tabelle 36 werden nachfolgend alle Designempfehlungen entsprechend der aufgestellten Anforderung an ein nutzerfreundliches Geoportal kurz zusammengefasst.

Tabelle 36: Designempfehlungen zur Gestaltung eines nutzerfreundlichen Geoportals

Variablen	Empfehlung
TA01	In Befragung nicht thematisiert.
TA02	In Befragung nicht thematisiert.
FA01	Implementierung einer Kartenanwendung.
FA02	In Befragung nicht explizit thematisiert. Nutzerkommentare zeigen, dass Vorschautexte zu verfügbaren Inhalten je Themenkachel (wie in Prototyp II) gewünscht werden.
FA03	Kartenanwendung mit verschiedenen Tools ausstatten. Dabei auf intuitive Bedienbarkeit achten.
FA04	Implementierung einer Suchfunktion.
FA05	Umfangreichere Metadaten als nur Typ, Aktualisierungsdatum, Tags und Kategorien.
FA06	Mehr Kontaktinformationen als nur die Angabe einer E-Mail-Adresse. Denkbar wäre z.B. Team-Portrait, wurde jedoch nicht explizit untersucht.
FA07	In Befragung nicht explizit thematisiert. Erkenntnisse aus Bewertungen des Datenviewers zeigen Notwendigkeit von Anwendungsdokumentation sowie Nutzerhandbuch.
FA08	FAQ nach Themen übersichtlich sortieren. Nutzerkommentare zeigen Wunsch nach Suche von Fragen.
QA01	Kartengröße idealerweise im Vollbildmodus.
QA02	Zentrale Position z.B. auf Startseite als Suchleiste.
QA03	In Befragung wurde Ansicht der Suchergebnisse im Allgemeinen thematisiert. Ergebnisse zeigen benutzergruppenabhängige Bewertung. Keine spezifische Empfehlung möglich, Folgeforschung erforderlich.
QA04	Thematisiertes Beispiel: Seiteninhalt noch nicht verfügbar. Minimum Anzeige einer Meldung, dass Inhalt noch nicht verfügbar ist. Möglich wäre Kurzvorschau zu erwartbaren Inhalten, wurde jedoch nicht explizit untersucht.
QA05	Klarheit und leichtes Verständnis von Symbolen gewährleisten, z.B. durch Info-Text bei Mouseover.
QA06	Anwendung verschiedener Stilmittel wie Fettdruck, Unterstreichung und/oder andere Farbe als Hintergrund zur besseren Erkennbarkeit von Links.
QA07	Keine spezifische Empfehlung möglich, Folgeforschung erforderlich.
QA08	Aufteilung der Inhalte auf mehrere Haupt- und Nebenseiten.
QA09	In Befragung nicht thematisiert.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die statistischen Auswertungen insgesamt den Effekt der Usability im direkten Vergleich beider Prototypen gezeigt haben, auch wenn lediglich ein Ergebnis signifikant wurde. Dadurch kann bewiesen werden, dass sich die zu Beginn ermittelten Designempfehlungen zur Nutzerfreundlichkeit eines Geoportals tatsächlich positiv auf das Nutzererlebnis auswirken können. Allerdings haben die Ergebnisse Verbesserungspotenzial aufgezeigt, welches in nachfolgenden Forschungen untersucht werden sollte.

6 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit konnte erfolgreich nachgewiesen werden, dass sich literarische Gestaltungsempfehlungen zur nutzerzentrierten Implementierung von Geoportalen positiv auf das Nutzererlebnis auswirken. Zu diesem Zwecke wurden diverse technische, funktionale und qualitative Merkmale aus der Literatur abgeleitet. Die Benutzeroberflächen beider Geoportal-Prototypen wurden auf dieser Grundlage erstellt. Prototyp I enthält alle technischen und funktionalen Anforderungen, Prototyp II wurde um die qualitativen ergänzt. Zur Überprüfung der Anforderungen in der Praxis wurde eine empirische Nutzerstudie im Unternehmen durchgeführt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse verdeutlichen die enorme Bedeutung von Usability bei der Entwicklung von Geoportalen.

Weiterhin hat sich gezeigt, dass sich zur detaillierteren Ergründung einzelner Aspekte eine weiterführende Forschung anbietet. Dabei sollen die negativ beurteilten Variablen gleichermaßen spezifischer untersucht werden wie Variablen, bei denen sich der positive Einfluss hinsichtlich Usability gezeigt hat, aber dennoch Optimierungsbedarf erkannt wurde. Dies umfasst insbesondere die Variablen „Größe Datenviewer“, „Bedienung Kartenwerkzeuge“, „Verfügbare Kartenwerkzeuge“, „Ansicht Suchergebnisse“, „Info nicht verfügbare Inhalte“, „Menge Symbole“ sowie „Schriftgröße“. Zur Unterstützung könnten weitere qualitative Forschungsmethoden wie beispielsweise die Einteilung in Fokusgruppen oder ergänzende Interviews vor bzw. nach der Bearbeitung des Fragebogens dienen. Auch ein Test unter Laborbedingungen wäre denkbar, um bei möglichen Verständnisschwierigkeiten der Aufgaben- oder Fragestellungen beratend zur Seite zu stehen. Sollte ein ähnliches Forschungsdesign wie in dieser Arbeit angedacht sein, sollten die Vorschläge bezüglich größerer Stichprobengruppen der paarweisen Vergleiche berücksichtigt werden.

Da die Stichprobengröße im Vergleich zur Anzahl der Mitarbeiter bei der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH zumindest repräsentativ, jedoch wie sich bei der Berechnung der ANOVA gezeigt hat zu klein ist, sollten die Ergebnisse, insbesondere der ANOVA, nicht grundsätzlich verallgemeinert werden. An dieser Stelle sollte eine Folgeforschung in Betracht gezogen werden, um verlässliche Ergebnisse zu erzielen und den aufgezeigten Verbesserungsbedarf zu optimieren. Beispielsweise sah das Forschungsvorhaben ursprünglich vor, das exakte Alter der Mitarbeiter zu erfassen. Dies wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen vom Unternehmen nicht gestattet, woraus in der Folge die Einteilung in Altersgruppen erfolgt ist. Aus diesem Grund ließen sich die geringen Stichprobengrößen bei der ANOVA nur schwer verhindern.

In einer möglichen Folgeforschung sollte das Alter in anderen Gruppengrößen erfasst werden. Ein weiterer Grund für die geringe Stichprobengröße findet sich bei Betrachtung der hohen Abbruchquote von 53%. Als Ursache können hier viele Faktoren in Betracht gezogen werden, beispielsweise die Bewältigung der Aufgaben, die je nach Erfahrung schneller oder länger dauern können, das Design der Umfrage (doppelte Verneinung irritierte) oder zeitliche Gründe.

Die Prototypen wurden mit der Software ArcGIS Enterprise Sites von ESRI umgesetzt. Hier kann der Entwickler verschiedene „Bausätze“ in Form von Drag&Drop Funktionen in seine Webseite ziehen. Diese lassen sich anschließend mit entsprechendem Inhalt befüllen. Da diese Funktionen teilweise als sehr starr erkannt wurden, sind beispielsweise die Themenkacheln als Textbaustein in die Seite gezogen und per HTML-Codierung hinsichtlich Schriftgrößen, Textfarben und Aussehen individualisiert worden.

Die Ergebnisse haben darüber hinaus gezeigt, dass nicht alle Nutzer mit den angebotenen Kartenwerkzeugen oder der Ansicht der Suchergebnisse zufrieden waren. Der Datenviewer wurde als WebGIS mit dem ArcGIS Experience Builder erstellt, bei dem eine große Auswahl an Kartenwerkzeugen für Nutzer zugelassen werden können. Auch hier zeigen sich beschränkte Möglichkeiten zur Individualisierung, denn beispielsweise bei der Anordnung der Kartenwerkzeuge sind lediglich zwei verschiedenen Formen wählbar. Die manuelle Zuordnung der einzelnen Icons in einer Reihe an einem bestimmten Platz in der Karte ist nicht möglich. Weiterhin erhält der Nutzer bei einigen Kartenwerkzeugen keine Funktions-Informationen per Mouseover, was in der offenen Schlussfrage öfter kritisiert wurde. Die Veränderung der durch die Nutzer kritisch beurteilten Aspekte stellt mit den ArcGIS-Produkten eine größere Herausforderung dar.

Da als Zeithorizont für die unternehmensweite Etablierung des Geoportals Januar 2025 angedacht ist, sollen die ersten Erkenntnisse der Befragung bis dahin umgesetzt worden sein. Dies umfasst hauptsächlich die Bearbeitung des Datenviewers inklusive der Kartenwerkzeuge. Darüber hinaus soll parallel das Nutzerhandbuch sowie die Anwendungsdokumentation mit Inhalt gefüllt werden. Die Größe von Kopf- und Fußzeile sowie die zur Verfügung stehenden Kontaktinformationen sollen ebenfalls vor dem Release überarbeitet werden. Hier ist eine Art Team-Portrait, wie in Kapitel 5.10 diskutiert, denkbar, damit die Mitarbeiter sich mit ihren Anliegen direkt an die entsprechenden Fachkollegen wenden können. Weiterhin sollen mehr fachspezifische Themenkarten bzw. WebGIS-Anwendungen implementiert werden, um das inhaltliche Angebot zu vergrößern.

Nach der Veröffentlichung innerhalb des Unternehmens soll auch langfristig der Download von Daten aus dem Geoportal heraus möglich sein. Die Suche soll dahingehend optimiert werden, dass bei der Eingabe von Schlagwörtern nicht nur entsprechende Ergebnisse für Daten aufgelistet, sondern auch Texte z.B. aus der Hilfe angezeigt werden. So soll die Möglichkeit gegeben sein, eine Frage schneller zu finden als sich durch das ganze FAQ lesen zu müssen. Ein weiterer Schritt ist die Optimierung der Anwendung für mobile Geräte wie es beispielsweise Bartling et al. (2021) in ihrer Studie vorstellen. So soll die effiziente Nutzung der Anwendung für Mitarbeiter bei Außeneinsätzen gewährleistet werden.

Literaturverzeichnis

Aditya, T. und M.-J. Kraak (2005). Reengineering the Geoportal: Applying HCI and Geovisualization Disciplines. Proceedings of the 11th EC-GI & GIS Workshop, Alghero, Italy, -.

Agrawal, S. und R. D. Gupta (2020). "Development of SOA-based WebGIS framework for education sector." Arabian Journal of Geosciences **13**(-): 1-20.

Bartling, M., A. C. Robinson, B. Resch, et al. (2021). "The role of user context in the design of mobile map applications." Cartogr Geogr Inf Sci **48**(5): 432-448.

Blake, M., K. Majewicz, A. Tickner, et al. (2017). "Usability analysis of the Big Ten Academic Alliance Geoportal: Findings and recommendations for improvement of the user experience." Code4Lib Journal -(38): -.

Briva-Iglesias, V. und S. O'Brien (2023). Measuring Machine Translation User Experience (MTUX): A Comparison between AttrakDiff and User Experience Questionnaire. Proceedings of the 24th Annual Conference of the European Association for Machine Translation, -.

Brooke, J. (1996). "SUS-A quick and dirty usability scale." Usability evaluation in industry **189**(194): 4-7.

Çöltekin, A., B. Heil, S. Garlandini, et al. (2009). "Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs: a case study integrating usability metrics with eye-movement analysis." Cartography and geographic information science **36**(1): 5-17.

Gkonos, C., I. Iosifescu Enescu und L. Hurni (2019). "Spinning the wheel of design: evaluating geoportal Graphical User Interface adaptations in terms of human-centred design." International Journal of Cartography **5**(1): 23-43.

Hajesmaeel-Gohari, S. und K. Bahaadinbeigy (2021). "The most used questionnaires for evaluating telemedicine services." BMC medical informatics and decision making **21**(1): 1-11.

He, X., H. Persson und A. Östman (2012). "Geoportal usability evaluation." International Journal of Spatial Data Infrastructures Research **7**(-): 88-106.

Heim, E., M. Laska, R. Becker, et al. (2022). "Estimating the Subsurface Thermal Conductivity and Its Uncertainty for Shallow Geothermal Energy Use—A Workflow and Geoportal Based on Publicly Available Data." Energies **15**(10): 2-19.

Hemmerich, W. A. (2020). "Bonferroni–Holm Korrektur." StatistikGuru, from <https://statistikguru.de/lexikon/bonferroni-holm-korrektur.html>.

Henzen, C. und L. Bernard (2013). "Usability für Geoportale am Beispiel der Konzeption des Geoportal Sachsen." KN - Journal of Cartography and Geographic Information **63**(5): 262-269.

Herold, F., C. Henzen und L. Bernard (2016). Using usability test results to create usability patterns for geoportals. The 19th AGILE international conference on geographic information science, Helsinki, Finland, -.

Ismanto, H., A. Doloksaribu und A. Syafrianto (2016). "Webgis-based Irrigation basic Map Model of Merauke Regency Papua." Webgis-based Irrigation basic Map Model of Merauke Regency Papua **152**(3): 21-24.

Kellenberger, B., I. Iosifescu Enescu, R. Nicola, et al. (2016). "The wheel of design: assessing and refining the usability of geoportals." International Journal of Cartography **2**(1): 95-112.

Komarkova, J., P. Sedlak, S. Struska, et al. (2019). Usability Evaluation the Prague Geoportal: Comparison of Methods. 2019 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT), IEEE.

Kostesha, V. A., D. A. Shapovalov, V. K. Barbasov, et al. (2021). "Geoportal for highways as a basic element of spatial data infrastructure." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science **867**(1): 1-6.

Król, K. (2024). "Retrospective Analysis of Municipal Geoportal Usability in the Context of the Evolution of Online Data Presentation Techniques." ISPRS International Journal of Geo-Information **13**(9): 307.

Kuria, E., S. Kimani und A. Mindila (2019). "A framework for web GIS development: a review." International Journal of Computer Applications **178**(16): 6-10.

Lorenzen-Schmidt, O. und S. Nufer (2008). "From a Distance: Usability Testing aus der Ferne." i-com **7**(1): 44-46.

Lücker, M. und C. Schacht (2014). "Das MDI-DE Portal." Die Küste **82**(-): -.

Mahendiran, D. und R. Chandrakasan (2023). User Study and Its Components: An Overview, M/s. Vivekanandha International Book Publishers.

Maramba, I., A. Chatterjee und C. Newman (2019). "Methods of usability testing in the development of eHealth applications: A scoping review." International Journal of Medical Informatics **126**(-): 95-104.

Menegon, S., A. Fadini, L. Perini, et al. (2023). "A geoportal of data and tools for supporting Maritime Spatial Planning in the Adriatic-Ionian Region." Environmental Modelling & Software **160**(-): 1-13.

Michalik, A. und A. Zwirowicz-Rutkowska (2023). "A Geoportal Supporting Spatial Planning in Poland: Concept and Pilot Version." Geomatics and Environmental Engineering **17**(2): 5-30.

Opach, T. R., Jan Ketil, B. E. Munkvold, K. Radianti Jaziar Steen-Tveit, et al. (2020). Map-based Interfaces for Common Operational Picture Conference Proceedings – 17th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management, - -: 506-516.

Panchaud, N. H. und L. Hurni (2018). "Integrating Cartographic Knowledge Within a Geoportal: Interactions and Feedback in the User Interface." Cartographic Perspectives -(89): 5-24.

Peres, S. C., T. Pham und R. Phillips (2013). "Validation of the System Usability Scale (SUS): SUS in the Wild." Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting **57**(1): 192-196.

Quiñones Otey, D., A. Barraza und L. Rojas (2022). User eXperience Heuristics for Geoportals. 13th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2022), -. **39**: 44-50.

Resch, B. und B. Zimmer (2013). "User Experience Design in Professional Map-Based Geo-Portals." ISPRS - International Journal of Geo-Information **2**(4): 1015-1037.

Sari, F. (2020). "Development of a WebGIS based air quality geoportal for monitoring and managing air quality in Istanbul." Konya Journal of Engineering Sciences **8**(2): 354-368.

Skarlatidou, A. und M. Haklay (2009). "Public Web Mapping: Preliminary Usability Evaluation." Geographical Information Science Research Conference 2006 (GISRUK'06), 5 - 7 April, 2006, Nottingham UK (-): -.

Tait, M. G. (2005). "Implementing geoportals: applications of distributed GIS." Computers, Environment and Urban Systems **29**(1): 33-47.

Theobald, A. (2017). "Aufbau einer Online-Befragung." Praxis Online-Marktforschung: Grundlagen–Anwendungsbereiche–Durchführung (-): 37-112.

Turner, R., A. Samaranayaka und C. Cameron (2020). "Parametric vs nonparametric statistical methods: which is better, and why?" New Zealand Medical Student Journal -(30): 61-62.

Yamashkin, S., M. Radovanovic, A. Yamashkin, et al. (2019). "Problems of designing geoportal interfaces." Geojournal of Tourism and Geosites **24**(-): 88-101.

Anhang

A Fragebogen

Personenbezogene Abfragen

Im ersten Schritt werden einige allgemeine Abfragen getätigt.

1. Bitte geben Sie Ihr Alter an:
2. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:
3. Bitte wählen Sie Ihre Organisationseinheit aus: Dropdownliste, gemäß Organigramm FBB
4. Ein Geoportal dient nicht nur dazu, in einer Karte nach einem spezifischen Objekt zu suchen und sich einen Kartenauszug zu erstellen. Es kann Ihnen hilfreiche Webtools zur Verfügung stellen, mit denen Sie unterschiedliche Analysen durchführen können. Unter dieser Annahme:

Wie häufig nutzen Sie Geoportale?

Gar nicht

Sehr häufig

5. Welche Funktionen eines Geoportals nutzen Sie am häufigsten?

- Suche nach Daten
- Themenkarten
- Kartenfunktion
- Analyse
- Keine der genannten
- Sonstiges:

Aufgabenstellungen

Im Folgenden erwarten Sie Aufgaben, die es mit dem Prototyp zu lösen gilt. Sollten Sie eine Aufgabe nicht lösen können, versuchen Sie einfach die nächste zu lösen. Notieren Sie sich ggf. kurz, was Ihnen Probleme bereitet hat, um eine entsprechende Bewertung im anschließenden Fragebogen vornehmen zu können.

1. Öffnen Sie den Prototyp mit Klick auf den nachfolgenden Link: Sie sehen nun die Startseite.
2. Navigieren Sie zum Bereich „Datenviewer“.
3. Geben Sie in die Suche die Objektnummer 3010 ein und suchen Sie danach.

- Die Karte zoomt automatisch zum gesuchten Objekt.
4. Verwenden Sie anschließend das Messwerkzeug und messen Sie die Entfernung von der Feuerwache zur Winterdiensthalle. Schließen Sie danach das Mess-Werkzeug.
 5. Zoomen Sie ein Stück aus der Karte heraus, um mehr von der Umgebung des gesuchten Objekts zu sehen.
 6. Legen Sie ein Lesezeichen für diesen Bereich an und benennen Sie es gemäß dem gesuchten Objekt. Schließen Sie danach das Lesezeichen-Werkzeug.
 7. Stellen Sie die Standardausdehnung der Karte wieder her (Ursprungs-Ansicht vor der Suche).
 8. Zoomen Sie nun in einen Bereich Ihrer Wahl.
 9. Verwenden Sie das Zeichnen-Werkzeug. Setzen Sie je einen Punkt, eine Linie und ein Polygon an eine Stelle Ihrer Wahl.
 10. Drucken Sie die aktuelle Kartenansicht mit dem Drucker-Werkzeug im Datenviewer. Stellen Sie als Blattformat A4 Querformat und Dateiformat PDF ein. Schauen Sie sich das Druckergebnis an.
 11. Navigieren Sie zum Seitenende. Folgen Sie dem beschriebenen Link zur Hilfe/FAQ.
 12. Suchen Sie nach der Antwort auf die Frage: „Ich verwende das Zeichnen-Tool und kann die Polygone nicht schließen. Woran liegt das?“
 13. Navigieren Sie zurück zur Startseite.
 14. Geben Sie in die Suche den Begriff „Luftbild“ ein und suchen Sie danach.
 15. Ändern Sie den Suchbegriff in der Ergebnisansicht. Geben Sie als neuen Suchbegriff „Übersichtsplan BER“ ein und suchen Sie danach.
 16. Navigieren Sie zurück zur Startseite.
 17. Wählen Sie unter Themen „Daten- und Dokumentenmanagement“ aus.
 18. Navigieren Sie zurück zur Startseite.

Fragebogen

Nachfolgend werden Ihnen Aussagen aufgelistet, die Sie bitte anhand der Skala einschätzen sollen. **Kleiner Hinweis:** Bitte lesen Sie sich die Aussagen gründlich durch.

Bitte bewerten Sie nachfolgende Aussagen.

Aussage	Stimme überhaupt nicht zu	neutral	Stimme voll und ganz zu
Die Größe des Datenviewers ist für die Lösung der Aufgaben angemessen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Symbole innerhalb des Datenviewers, die verschiedene Funktionen bereitstellen, sind nur schwer verständlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Bedienung der Kartenwerkzeuge ist einfach und verständlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die verfügbaren Kartenwerkzeuge sind für meine tägliche Arbeit vollkommen unzureichend.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Karte bietet mir einen guten Einstieg, um schnell Objekte zu finden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Datenviewer muss optimiert werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Darstellung der Hilfe/FAQs ist praktikabel und übersichtlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Menge an Symbolen im Geoportal ist mangelhaft.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Funktionen der Symbole im Geoportal sind klar und verständlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Suchfunktion ist schnell und leicht zu finden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Ansicht der Suchergebnisse ist nicht praktikabel.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich konnte Links bzw. interaktive Inhalte auf einen Blick erkennen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die verwendeten Schriftgrößen erschweren die Lesbarkeit der Texte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Informationen zu nicht verfügbaren Inhalten sind ausreichend und verständlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Angabe der Kontaktinformationen ist mangelhaft.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aufteilung der Inhalte des Geoportals ist übersichtlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abschluss der Befragung

Vielen Dank für Ihre Zeit! Sie haben jetzt die Möglichkeit, optional weitere Anmerkungen bzw. Hinweise abzugeben.

Haben Sie weitere Anmerkungen oder Hinweise? - Offene Frage