

Alternative Techniken und Methoden zur barrierefreien Website-Navigation und Steuerung

PRAXISPROJEKT

ausgearbeitet von

Lisa Marie Fuhrmann

Studienleistung im Rahmen des
BACHELORSTUDIUMS (B.Sc.)

vorgelegt an der

TECHNISCHEN HOCHSCHULE KÖLN
CAMPUS GUMMERSBACH
FAKULTÄT FÜR INFORMATIK UND
INGENIEURWISSENSCHAFTEN

im Studiengang

Medieninformatik

Prüfer: Prof. Christian Noss
Technische Hochschule Köln

Köln, im Juli 2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
1. Einleitung	8
1.1. Einführung in das Thema: Barrierefreiheit und alternative Steuerungsmethoden für Websites	8
1.2. Ziele und Herausforderungen	8
1.2.1. Sprachsteuerung	8
1.2.2. Gestensteuerung	8
1.2.3. Eye-Tracking	9
1.2.4. Brain-Computer-Interfaces (BCIs)	9
1.3. Relevante Literatur und Forschungsstand	9
2. Problemraum	10
2.1. Barrierefreiheit im Web	10
2.1.1. Motorische Barrieren	10
2.1.2. Sensorische Barrieren	10
2.1.3. Kognitive Barrieren	10
2.1.4. Technologische Herausforderungen	11
2.1.5. Soziale und rechtliche Rahmenbedingungen	11
2.1.6. Praktische Herausforderungen und wirtschaftlicher Nutzen	11
3. Zielsetzung und Anforderungen	12
3.1. Analyse des aktuellen Stands der Barrierefreiheit	12
3.2. Entwicklung von Domänenmodellen und Stakeholder-Analysen	12
3.3. Festlegung der Erfordernisse und Anforderungen	12
3.4. Ausarbeitung einer Zielhierarchie und Risikobewertung	12
3.5. Technologieauswahl und Implementierung	13
3.6. Evaluation	13
3.7. Erstellung einer umfassenden Projektdokumentation	13
3.8. Präsentation der Ergebnisse	13
4. Domänenmodelle und Stakeholder-Analysen	14
4.1. Deskriptives Domänenmodell	14
4.2. Präskriptives Domänenmodell	15
4.3. Stakeholder	16
5. Erfordernisse und Anforderungen	18
5.1. Einführung	18

5.2.	Erfordernisse	18
5.3.	Anforderungen	20
6.	Anwendungsfälle und Anwendungslogik	22
6.1.	Anwendungsfälle	22
7.	Zielhierarchie und Risikomanagement	24
7.1.	Zielhierarchie	24
7.1.1.	Strategische Ziele (Langfristig)	24
7.1.2.	Taktische Ziele (Mittelfristig)	24
7.1.3.	Operative Ziele (Kurzfristig)	24
7.2.	Risikomanagement	25
7.2.1.	Architekturelle Risiken	25
7.2.2.	Technische Risiken	25
7.2.3.	Kompetenzorientierte Risiken	25
7.2.4.	Projektspezifische Risiken	25
7.2.5.	Maßnahmen zur Risikoadressierung durch einen Proof of Concept (PoC)	26
7.3.	Schlussfolgerung	26
8.	Grundlagen der barrierefreien Webgestaltung und alternative Steuerungsmethoden	27
8.1.	Barrierefreie Gestaltung von Websites	27
8.1.1.	Prinzipien der Barrierefreiheit nach WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)	27
8.1.2.	Best Practices für barrierefreies Webdesign	28
8.1.3.	Tools zur Evaluation der Barrierefreiheit	28
8.1.4.	Implementierung	29
8.2.	Analyse und Auswahl alternativer Steuerungsmethoden	29
8.2.1.	Sprachsteuerung	29
8.2.2.	Gestensteuerung	30
8.2.3.	Eye-Tracking	30
8.2.4.	Brain-Computer Interfaces	30
8.2.5.	Vergleich der Steuerungsmethoden	31
8.2.6.	Fokussierung auf einen Teilbereich der Website	31
9.	Technologieauswahl	32
9.1.	Sprachsteuerungstechnologien	32
9.1.1.	Web Speech API	32
9.1.2.	Twilio Voice API	32
9.1.3.	Google Cloud Speech-to-Text	33
9.1.4.	Microsoft Azure Cognitive Services - Speech	33
9.1.5.	IBM Watson Speech to Text	34
9.2.	Gestensteuerungstechnologien	34
9.2.1.	Handtrack.js	34
9.2.2.	TensorFlow.js	34

Inhaltsverzeichnis

9.2.3. Leap Motion Controller	35
9.2.4. Microsoft Kinect	35
9.3. Fazit	36
10. Proof of Concept (PoC)	37
10.1. Einleitung	37
10.2. Vorgehen	37
10.2.1. Planung und Anforderungsanalyse	37
10.2.2. Implementierung	37
10.2.3. Testen und Validierung	37
10.3. Implementierungsdetails	38
10.3.1. Barrierefreiheit	38
10.3.2. Integration der Web Speech API	38
10.3.3. Integration von Handtrack.js	38
10.3.4. Magnetische Ankerpunkte	38
10.4. Herausforderungen und Lösungen	38
10.5. Ergebnisse und Erkenntnisse	39
11. Fazit	40
11.1. Zusammenfassung der Arbeit	40
11.2. Hauptziele und deren Erreichung	40
11.3. Herausforderungen und Lösungen	40
11.4. Ergebnisse und Erkenntnisse	41
11.5. Zukunftsperspektiven	41
11.6. Schlussfolgerung	41
Literaturverzeichnis	43
Anhang	44
A. Personas	44
A.1. Einführung	44
A.2. Persona 1: Maria Becker	44
A.3. Persona 2: Peter Schmidt	45
A.4. Persona 3: Lisa Weber	45
B. Detaillierte Erfordernisse und Anforderungen	46
B.1. Ergänzende Erfordernisse	46
B.2. Ergänzende Anforderungen	49

Glossar

Accessibility Die Fähigkeit, dass Websites, Werkzeuge und Technologien so gestaltet sind, dass sie von Menschen mit einer Vielzahl von Fähigkeiten genutzt werden können. (World Wide Web Consortium (W3C), 2018). 5, 29

ADA Americans with Disabilities Act. 5, 11, 16

Assistive Technology Technologie, die Menschen mit Behinderungen dabei hilft, Aufgaben durchzuführen, die sie sonst möglicherweise nicht in der Lage wären zu erledigen, wie z.B. Screenreader oder Sprachsteuerungen. (Hersh u. Johnson, 2008). 5, 42

BGG Behindertengleichstellungsgesetz. 5, 11, 16

Google Speech-to-Text Eine Technologie von Google, die gesprochene Sprache in geschriebenen Text umwandelt.. 5, 11, 13

HTML Hypertext Markup Language. 5, 10, 28, 29, 38, 40

PoC Proof of Concept. 3–5, 13, 24–26, 37–41

Screenreader Eine Software, die blinden oder sehbehinderten Menschen den Zugang zu Computern ermöglicht, indem sie den auf dem Bildschirm angezeigten Text vorliest. (Hersh u. Johnson, 2008). 5, 10, 18, 20, 29, 38

WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) Richtlinien, die vom World Wide Web Consortium (W3C) entwickelt wurden, um Webinhalte für Menschen mit Behinderungen zugänglicher zu machen. (World Wide Web Consortium (W3C), 2018). 3, 5, 8, 10–12, 14, 15, 27, 38, 40

Abbildungsverzeichnis

4.1. Deskriptives Domänenmodell	14
4.2. Präskriptives Domänenmodell	15

Tabellenverzeichnis

4.1. Stakeholder-Analyse	16
------------------------------------	----

1. Einleitung

1.1. Einführung in das Thema: Barrierefreiheit und alternative Steuerungsmethoden für Websites

In der heutigen digitalen Welt ist der Zugang zu Informationen und Diensten über das Internet von zentraler Bedeutung für die Teilhabe am sozialen Leben und die Chancengleichheit. Barrierefreiheit spielt dabei eine entscheidende Rolle. Ziel ist es, Websites so zu gestalten, dass sie für alle Menschen zugänglich sind, einschließlich Personen mit Beeinträchtigungen. Menschen mit motorischen Einschränkungen stehen jedoch vor erheblichen Herausforderungen bei der Nutzung herkömmlicher Eingabegeräte. Um diesen Nutzern einen gleichberechtigten Zugang zu ermöglichen, ist es entscheidend, alternative Steuerungsmethoden zu entwickeln und in barrierefreie Websites zu integrieren.

Die (WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)) bieten einen umfassenden Rahmen für die Entwicklung barrierefreier Websites und stellen sicher, dass digitale Inhalte für alle Menschen, unabhängig von ihren körperlichen Fähigkeiten, zugänglich sind (World Wide Web Consortium (W3C), 2018). Diese Richtlinien fordern die Implementierung alternativer Eingabemethoden, um die Barrierefreiheit zu verbessern und die Nutzung von Websites zu erleichtern.

1.2. Ziele und Herausforderungen

Alternative Steuerungsmethoden wie Sprachsteuerung, Gestensteuerung, Eye-Tracking und Brain-Computer-Interfaces (BCI) bieten innovative Möglichkeiten, die Nutzung von Websites für Menschen mit Einschränkungen zu vereinfachen. Diese Technologien ermöglichen es Nutzern, Websites ohne haptische Interaktion zu bedienen, was insbesondere für Menschen mit schwerwiegenden körperlichen Beeinträchtigungen von großem Vorteil ist (Sasse u. Hilliges, 2018; Wobbrock u. a., 2008).

1.2.1. Sprachsteuerung

Sprachsteuerung ermöglicht es Nutzern, durch Sprachbefehle zu navigieren und Aktionen auszuführen, was besonders nützlich für Personen ist, die aufgrund von körperlichen Einschränkungen keine Maus oder Tastatur bedienen können (Begnum).

1.2.2. Gestensteuerung

Gestensteuerung nutzt Bewegungssensoren oder Kameras, um Hand- und Körperbewegungen in Befehle umzusetzen, wodurch eine berührungslose Interaktion mit digitalen Inhalten ermöglicht wird (Heim u. a., 2012).

1.2.3. Eye-Tracking

Eye-Tracking-Technologien verfolgen die Augenbewegungen der Nutzer und ermöglichen es, diese zur Navigation und Interaktion mit Websites zu verwenden, was eine intuitive Bedienung ermöglicht (Jacob u. Karn, 2003).

1.2.4. Brain-Computer-Interfaces (BCIs)

BCIs ermöglichen es Nutzern, durch direkte Gedankenkontrolle mit Websites zu interagieren, was insbesondere für Menschen mit schwersten körperlichen Einschränkungen eine revolutionäre Entwicklung darstellen kann (Wolpaw u. a., 2002).

1.3. Relevante Literatur und Forschungsstand

Die Forschung zu alternativen Steuerungsmethoden hat in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Studien zeigen, dass die Technologien das Potenzial haben, die Webzugänglichkeit für Menschen mit motorischen Einschränkungen signifikant zu verbessern (Hersh u. Johnson, 2008; Newell u. a., 2006). Die Implementierung solcher Technologien stellt jedoch auch technische und ethische Herausforderungen dar, wie die Notwendigkeit präziser Erkennung und Verarbeitung von Eingaben sowie die Gewährleistung der Privatsphäre und Datensicherheit der Nutzer (Kane u. a., 2008).

Die Integration von Gestensteuerung in Webanwendungen wird als vielversprechende Methode angesehen, um die Benutzerfreundlichkeit und Zugänglichkeit zu erhöhen (Heim u. a., 2012). Eye-Tracking bietet eine intuitive und effiziente Möglichkeit, Websites zu navigieren (Jacob u. Karn, 2003). Die Erforschung und Implementierung alternativer Steuerungsmethoden ist ein wichtiger Schritt zur Schaffung einer inklusiveren digitalen Welt. Es ist daher entscheidend, die Entwicklungen in diesem Bereich weiter voranzutreiben und die Erkenntnisse in die Praxis umzusetzen, um die Barrierefreiheit von Websites für alle Menschen zu gewährleisten.

2. Problemraum

Dieses Projekt zielt darauf ab, alternative Steuerungsmethoden zu implementieren und zu evaluieren, um die Barrierefreiheit und Nutzbarkeit von Websites zu verbessern.

2.1. Barrierefreiheit im Web

Die Barrierefreiheit im Web ist ein umfassendes Problemfeld, das verschiedene Aspekte der Zugänglichkeit und Nutzbarkeit von Websites für Menschen mit unterschiedlichen Einschränkungen umfasst. Trotz bestehender Richtlinien und Standards, wie den (WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)), gibt es immer noch erhebliche Herausforderungen bei der Umsetzung barrierefreier Webanwendungen. Diese Einschränkungen betreffen nicht nur Menschen mit Behinderungen, sondern auch ältere Menschen, Personen mit vorübergehenden Einschränkungen oder andere Menschen in speziellen Nutzungssituationen (World Wide Web Consortium (W3C), 2018).

2.1.1. Motorische Barrieren

Ein wesentliches Problem besteht darin, dass viele Menschen mit motorischen Einschränkungen Schwierigkeiten haben, Eingabegeräte wie Maus und Tastatur zu verwenden. Dazu gehören nicht nur Menschen mit Behinderungen wie Muskeldystrophie oder Querschnittslähmungen, sondern auch ältere Menschen, deren Feinmotorik möglicherweise nachgelassen hat. Die Implementierung von beispielsweise Sprach- und Gestensteuerung bietet hier eine alternative und benutzerfreundliche Möglichkeit zur Navigation und Interaktion (Sasse u. Hilliges, 2018; Wobbrock u. a., 2008).

2.1.2. Sensorische Barrieren

Auch sensorische Barrieren sind ein bedeutendes Hindernis. Menschen mit Sehbehinderungen, aber auch ältere Personen, die möglicherweise eine nachlassende Sehkraft haben, benötigen Technologien wie Screenreader und Textvergrößerung, um auf Inhalte zugreifen zu können. Die Verwendung von semantischem Hypertext Markup Language (HTML) und ARIA-Rollen kann sicherstellen, dass Inhalte korrekt von assistiven Technologien interpretiert werden (Jacob u. Karn, 2003).

2.1.3. Kognitive Barrieren

Darüber hinaus gibt es kognitive Barrieren, die Menschen mit z.B. Dyslexie oder Lernschwierigkeiten betreffen können. Klare, einfache und gut strukturierte Inhalte sind hier essenziell. Aber auch Nutzer, die aufgrund von Stress, Müdigkeit oder einer ungewohnten Umgebung Schwierigkeiten haben, komplexe Webseiten zu bedienen, profitieren von einfachen und intuitiven Benutzeroberflächen. Diese Oberflächen können

durch alternative Steuerungsmethoden ergänzt werden, die die Bedienung zusätzlich erleichtern (Heim u. a., 2012).

2.1.4. Technologische Herausforderungen

Technologisch gesehen gibt es erhebliche Herausforderungen bei der Integration von Sprach- und Gestensteuerung in bestehende Webanwendungen. Dies erfordert fundierte Kenntnisse in verschiedenen Technologien und deren Kompatibilität mit aktuellen Webstandards. Die Auswahl geeigneter Technologien wie Google Speech-to-Text für die Sprachsteuerung und Handtrack.js für die Gestensteuerung ist entscheidend, um eine reibungslose Implementierung zu gewährleisten. Ein weiteres technisches Problem sind Datenschutz und Sicherheit (Wolpaw u. a., 2002).

2.1.5. Soziale und rechtliche Rahmenbedingungen

Auch gibt es soziale und rechtliche Rahmenbedingungen, die berücksichtigt werden müssen. In vielen Ländern gibt es gesetzliche Vorschriften, die die Barrierefreiheit von Websites vorschreiben, wie der Americans with Disabilities Act (ADA) in den USA oder das Behindertengleichstellungsgesetz (BGG) in Deutschland. Die Einhaltung dieser Vorschriften durch die Implementierung der WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)-Richtlinien und die Berücksichtigung lokaler Gesetze ist zwingend erforderlich. Darüber hinaus ist Barrierefreiheit im Web nicht nur eine rechtliche Verpflichtung, sondern auch eine gesellschaftliche Verantwortung, die Chancengleichheit und Inklusion fördert (Hersh u. Johnson, 2008).

2.1.6. Praktische Herausforderungen und wirtschaftlicher Nutzen

Praktische Herausforderungen bestehen in der Benutzerfreundlichkeit und Akzeptanz der neuen Steuerungsmethoden. Diese hängt stark von der Handhabbarkeit und der Lernkurve ab. Iterative Entwicklung und Tests sind daher notwendig, um sicherzustellen, dass die implementierten Lösungen intuitiv und benutzerfreundlich sind. Ein weiterer Aspekt ist der wirtschaftliche Nutzen. Unternehmen profitieren von barrierefreien Websites durch eine größere Reichweite und Zufriedenheit der Nutzer, was sich positiv auf die Kundenbindung und den Umsatz auswirken kann. Die Darstellung des wirtschaftlichen Nutzens barrierefreier Webanwendungen in Geschäftsberichten und Marketingstrategien kann Unternehmen motivieren, in Barrierefreiheit zu investieren (Newell u. a., 2006).

3. Zielsetzung und Anforderungen

Die Zielsetzung dieses Projektes besteht darin, durch die Implementierung und Evaluierung alternativer Steuerungsmethoden wie Sprach- und Gestensteuerung die Barrierefreiheit und Nutzbarkeit von Websites zu verbessern. Dieses Vorhaben richtet sich nicht nur an Menschen mit Behinderungen, sondern auch an ältere Personen und andere Nutzer. Das Projekt soll die folgenden spezifischen Ziele erreichen:

3.1. Analyse des aktuellen Stands der Barrierefreiheit

- Untersuchung der bestehenden WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) und deren Umsetzung in einer aktuellen Webanwendung.
- Identifikation von Lücken und Schwachstellen in der Barrierefreiheit, insbesondere in Bezug auf motorische, sensorische und kognitive Einschränkungen sowie altersbedingte Nutzungsbarrieren (World Wide Web Consortium (W3C), 2018).

3.2. Entwicklung von Domänenmodellen und Stakeholder-Analysen

- Erstellung von Domänenmodellen, die die relevanten Konzepte und Beziehungen innerhalb des Projekts visualisieren.
- Identifikation und Analyse der wichtigsten Stakeholder, einschließlich ihrer Bedürfnisse und Anforderungen (Sasse u. Hilliges, 2018).

3.3. Festlegung der Erfordernisse und Anforderungen

- Sammlung und Dokumentation der grundlegenden Erfordernisse und spezifischen Anforderungen, die das Projekt erfüllen muss, um die Barrierefreiheit zu verbessern.

3.4. Ausarbeitung einer Zielhierarchie und Risikobewertung

- Strukturierung der Projektziele in einer klaren Hierarchie, um Prioritäten zu setzen und den Fokus zu behalten.
- Identifikation potenzieller Risiken und Entwicklung von Strategien zu deren Vermeidung (Heim u. a., 2012).

3.5. Technologieauswahl und Implementierung

- Auswahl geeigneter Technologien zur Implementierung der Sprach- und Gestensteuerung, wie Google Speech-to-Text und Handtrack.js.
- Entwicklung eines Proof of Concept (PoC), der die Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit der gewählten Technologien demonstriert (Jacob u. Karn, 2003).

3.6. Evaluation

- Evaluation zur kontinuierlichen Verbesserung (Wolpaw u. a., 2002).

3.7. Erstellung einer umfassenden Projektdokumentation

- Detaillierte Dokumentation aller Projektphasen
- Zukünftig: Erstellung von Schulungsmaterialien und Anleitungen zur Nutzung der entwickelten Lösungen (Hersh u. Johnson, 2008).

3.8. Präsentation der Ergebnisse

Durch die Erreichung dieser Ziele wird das Projekt nicht nur die Barrierefreiheit und Nutzbarkeit von Websites für eine breite Nutzergruppe verbessern, sondern auch wertvolle Erkenntnisse und praktische Lösungen zur Integration alternativer Steuerungsmethoden in Webanwendungen liefern.

4. Domänenmodelle und Stakeholder-Analysen

4.1. Deskriptives Domänenmodell

Das deskriptive Domänenmodell zeigt den aktuellen Zustand der Barrierefreiheit von Websites mit klassischen Steuerungsmethoden, einschließlich der Beziehungen zwischen den Benutzern und den verschiedenen Stakeholdern. Es stellt dar, wie die aktuellen Einschränkungen die Nutzung von Websites beeinflussen und welche assistiven Technologien derzeit verwendet werden, um diese Barrieren zu überwinden.

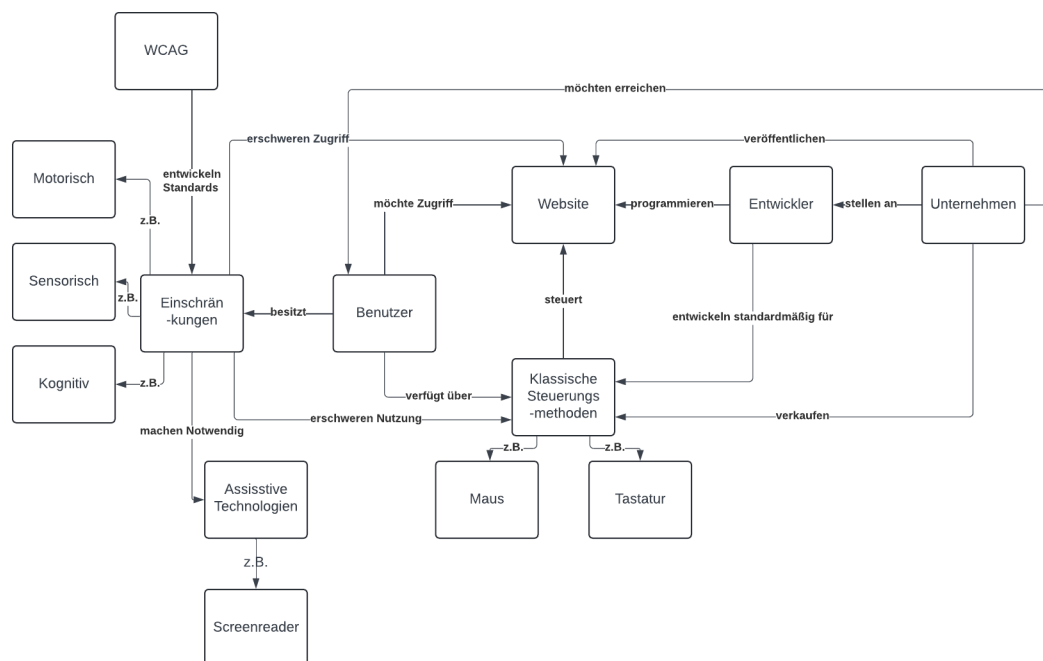


Abbildung 4.1.: Deskriptives Domänenmodell: Aktueller Zustand des Systems

Wie in Abbildung 4.1 dargestellt, gibt es mehrere Einschränkungen (motorisch, sensorisch und kognitiv), die die Nutzung klassischer Steuerungsmethoden wie Maus und Tastatur erschweren. Die WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) entwickeln Standards, um diese Barrieren zu minimieren und assistive Technologien wie Screenreader zu fördern. Entwickler und Designer programmieren und gestalten die Websites gemäß diesen Standards, die dann von Unternehmen veröffentlicht werden. Nutzer mit

Einschränkungen benötigen assistive Technologien, um auf die Inhalte zugreifen zu können.

4.2. Präskriptives Domänenmodell

Dieses Modell stellt den geplanten Zustand dar, nachdem die vorgeschlagenen Verbesserungen und Änderungen implementiert wurden. Es umfasst die Einführung erweiterter Steuerungsmethoden wie Sprachsteuerung, Gestensteuerung und Eye-Tracking, um die Barrierefreiheit und Nutzbarkeit von Websites zu verbessern.

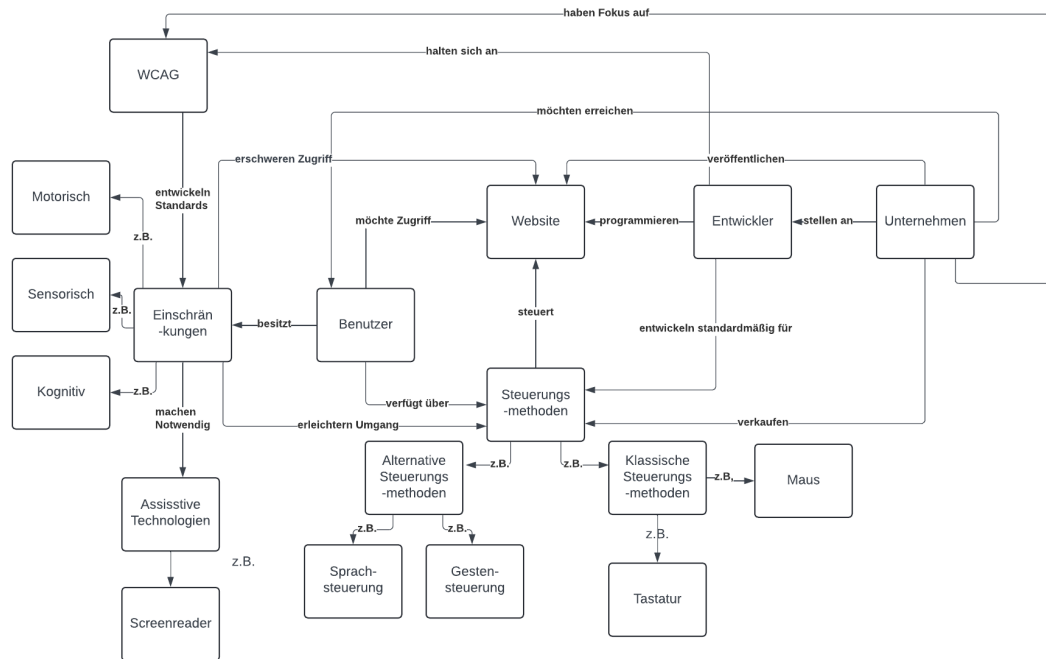


Abbildung 4.2.: Präskriptives Domänenmodell: Geplanter Zustand des Systems

Abbildung 4.2 zeigt die geplanten Verbesserungen, die eine erweiterte Nutzung der Website durch alternative Steuerungsmethoden ermöglichen sollen. Diese umfassen Sprachsteuerung und Gestensteuerung, die speziell auf die Bedürfnisse von Benutzern mit motorischen, sensorischen und kognitiven Einschränkungen zugeschnitten sind. Entwickler und Designer arbeiten zusammen, um diese Technologien zu integrieren und sicherzustellen, dass sie mit den bestehenden Webstandards und den Anforderungen der WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) kompatibel sind. Unternehmen profitieren von einer größeren Reichweite und einer höheren Nutzerzufriedenheit, während Gesetzgeber neue Richtlinien entwickeln, um die Barrierefreiheit weiter zu fördern.

4.3. Stakeholder

Dieser Abschnitt veranschaulicht die verschiedenen Stakeholder, die an der Barrierefreiheit von Webseiten interessiert sind oder davon betroffen sind.

Tabelle 4.1.: Stakeholder-Analyse

Stakeholder	Kategorie	Details
Menschen mit Behinderungen	Anrecht	Recht auf gleichberechtigten Zugang zu Informationen und Dienstleistungen gemäß Gesetzen wie dem ADA und BGG.
Ältere Menschen	Anteil	Ihre Nutzungserfahrung trägt zur allgemeinen Benutzerfreundlichkeit von Webseiten bei.
Webentwickler und Designer	Anspruch	Anspruch auf klare Richtlinien und Standards, die sie bei der Erstellung barrierefreier Webseiten unterstützen.
Regulierungsbehörden	Anrecht	Recht, die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben zu überwachen und durchzusetzen.
Unternehmen und Organisationen	Anspruch	Anspruch auf Werkzeuge und Unterstützung zur Einhaltung der Barrierefreiheitsstandards.
Technologieanbieter	Interesse	Interesse an der Weiterentwicklung und Verbreitung ihrer Technologien zur Barrierefreiheit.
Nutzer mit temporären Einschränkungen	Anteil	Ihre Nutzungserfahrung hilft, vorübergehende Barrieren zu identifizieren und zu beseitigen.
Bildungseinrichtungen	Anspruch	Anspruch auf zugängliche Bildungsressourcen und Tools für alle Schüler und Studenten.
Barrierefreiheits-Experten	Interesse	Interesse an der Verbreitung und Implementierung von Best Practices und Standards für Barrierefreiheit.
Eltern und Betreuer	Anspruch	Anspruch auf zugängliche und benutzerfreundliche Webseiten für die von ihnen betreuten Personen.
Open-Source-Community	Interesse	Interesse an der Entwicklung und Verbreitung von Open-Source-Lösungen zur Verbesserung der Barrierefreiheit.
Marketingagenturen	Interesse	Interesse an der Erstellung barrierefreier Inhalte, um ein breiteres Publikum zu erreichen.

4. Domänenmodelle und Stakeholder-Analysen

Stakeholder	Kategorie	Details
E-Commerce-Plattformen	Anspruch	Anspruch auf barrierefreie Webseiten, um den Zugang zu ihren Angeboten für alle Nutzer zu gewährleisten.
Patienten und medizinische Einrichtungen	Anteil	Ihre Erfahrungen tragen zur Entwicklung barrierefreier Gesundheitsdienste bei.
Software-Entwicklungsunternehmen	Interesse	Interesse an der Weiterentwicklung und Verbreitung ihrer Softwarelösungen.
Gewerkschaften und Berufsverbände	Anspruch	Anspruch auf zugängliche Informationen und Dienstleistungen für ihre Mitglieder.
Öffentlichkeitsarbeitsorganisationen	Interesse	Interesse daran, die Barrierefreiheit in ihren Kampagnen und Informationen zu fördern.
IT-Support	Anteil	Ihr Beitrag ist entscheidend für die Lösung technischer Probleme und die Unterstützung der Nutzer.
Entwickler von assistiven Technologien	Interesse	Interesse an der Integration ihrer Technologien in Webseiten und an deren Verbesserung.
Kultur- und Bildungseinrichtungen	Anspruch	Anspruch auf zugängliche Informationen und Buchungssysteme für alle Nutzer.
Journalisten und Blogger	Anteil	Ihre Nutzungserfahrung beeinflusst die Reichweite und Akzeptanz ihrer Inhalte.
Grafikdesigner und UI/UX-Designer	Anspruch	Anspruch auf Zugang zu Best Practices und Standards für barrierefreies Design.
Verlage und Autoren	Anspruch	Anspruch auf barrierefreie digitale Veröffentlichungen für alle Leser.

5. Erfordernisse und Anforderungen

5.1. Einführung

Dieses Kapitel dokumentiert die grundlegenden und spezifischen Erfordernisse für die verschiedenen Benutzergruppen, die sich unter anderem aus den Personas im Anhang A ergeben haben.

5.2. Erfordernisse

Menschen mit Behinderungen

- Barrierefreie Webseiten zur Verfügung haben, um gleichberechtigt auf Informationen und Dienstleistungen zugreifen zu können.
- Webseiten mit unterstützenden Technologien wie Screenreadern nutzen können, um Inhalte zu verstehen.
- Alternative Eingabemethoden wie Sprachsteuerung oder Gestensteuerung verwenden können, um durch Webseiten zu navigieren und mit ihnen zu interagieren.
- Zugang zu Untertiteln und Transkriptionen für audiovisuelle Inhalte haben, um diese verstehen zu können.
- Klare und leicht verständliche Inhalte vorfinden, um effizient mit der Webseite interagieren zu können.

Ältere Menschen

- Webseiten mit altersgerechten Anpassungen (z.B. größere Schriftarten, einfache Navigation, kontrastreich) verfügbar haben, um eine benutzerfreundliche und zugängliche Nutzung zu gewährleisten.
- Klar strukturierte und leicht verständliche Inhalte haben, um Informationen effizient aufnehmen zu können.

Webentwickler und Designer

- Klare Richtlinien und Standards für Barrierefreiheit zur Verfügung haben, um barrierefreie Webseiten erstellen zu können.

5. Erfordernisse und Anforderungen

- Zugriff auf Infomaterialien und Best Practices haben, um ihre Fähigkeiten im Bereich Barrierefreiheit zu verbessern.
- Tools und Technologien haben, die die Implementierung barrierefreier Features unterstützen, um effizient arbeiten zu können.

Regulierungsbehörden

- Zugang zu barrierefreien Webseiten haben, um die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben zur Barrierefreiheit überwachen und durchsetzen zu können.
- Zugriff auf aktuelle Daten und Berichte über den Status der Barrierefreiheit von Webseiten haben, um fundierte Entscheidungen treffen zu können.

Unternehmen und Organisationen

- Werkzeuge zur Einhaltung der Barrierefreiheitsstandards zur Verfügung haben, um zugängliche Webseiten zu erstellen.
- Schulungsprogramme für ihre Mitarbeiter anbieten können, um die Bedeutung und Umsetzung von Barrierefreiheit zu fördern.
- Feedback-Mechanismen implementieren, um Rückmeldungen von Nutzern bezüglich der Barrierefreiheit ihrer Webseiten zu erhalten und darauf reagieren zu können.

Technologieanbieter

- Über aktuelle Forschung und Entwicklungen im Bereich der Barrierefreiheit informiert sein, um ihre Produkte kontinuierlich verbessern zu können.
- Zugang zu Testumgebungen haben, um die Kompatibilität ihrer Produkte mit verschiedenen assistiven Technologien sicherzustellen.

Nutzer mit temporären Einschränkungen

- Zugang zu Webseiten haben, die alternative Eingabemethoden wie Sprachsteuerung oder Gestensteuerung bieten, um diese trotz ihrer Einschränkungen nutzen zu können.
- Einfache und intuitive Navigationselemente vorfinden, um die Webseite ohne große Anstrengung bedienen zu können.

Bildungseinrichtungen

- Sicherstellen, dass ihre digitalen Bildungsressourcen und -tools barrierefrei sind, um allen Schülern und Studenten einen gleichberechtigten Zugang zu ermöglichen.

5. Erfordernisse und Anforderungen

- Schulungen und Workshops anbieten, um Lehrkräfte im Umgang mit barrierefreien Technologien und Inhalten zu schulen.

Eltern und Betreuer

- Zugang zu benutzerfreundlichen und barrierefreien Webseiten haben, um die von ihnen betreuten Personen effektiv unterstützen zu können.

5.3. Anforderungen

Menschen mit Behinderungen

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Die Webseite muss kompatibel mit Screenreadern sein, um Textinhalte vorzulesen.
 - Die Webseite muss alternative Eingabemethoden wie Sprach- und Gestensteuerung unterstützen.
 - Audiovisuelle Inhalte müssen Untertitel und Transkriptionen bieten.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Webseite muss klar strukturiert und leicht verständlich sein.
 - Inhalte müssen kontrastreich und in gut lesbaren Schriftarten dargestellt werden.
 - Die Navigation muss intuitiv und einfach zu bedienen sein.

Ältere Menschen

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Die Webseite muss größere Schriftarten und einfache Navigationselemente bieten.
 - Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
 - Es müssen Optionen zur Vergrößerung von Text und Bildern vorhanden sein.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Inhalte müssen kontrastreich und gut lesbar sein.
 - Die Benutzeroberfläche muss intuitiv und benutzerfreundlich sein.

Webentwickler und Designer

- **Funktionale Anforderungen:**

5. Erfordernisse und Anforderungen

- Richtlinien und Standards für Barrierefreiheit müssen klar definiert und leicht zugänglich sein.
- Werkzeuge und Technologien zur Erstellung barrierefreier Webseiten müssen bereitgestellt werden.

- **Qualitative Anforderungen:**

- Die Entwicklungswerkzeuge müssen benutzerfreundlich und effizient sein.
- Dokumentationen und Anleitungen müssen klar und verständlich sein.

Regulierungsbehörden

- **Funktionale Anforderungen:**

- Die Webseite muss alle gesetzlichen Vorgaben und Standards zur Barrierefreiheit erfüllen.
- Berichte und Daten über den Status der Barrierefreiheit müssen leicht zugänglich und verständlich sein.

- **Qualitative Anforderungen:**

- Berichte und Daten müssen aktuell und genau sein.
- Kommunikationskanäle müssen effizient und zuverlässig sein.

Unternehmen und Organisationen

- **Funktionale Anforderungen:**

- Werkzeuge zur Einhaltung der Barrierefreiheitsstandards müssen bereitgestellt werden.
- Feedback-Mechanismen zur Überprüfung und Verbesserung der Barrierefreiheit müssen implementiert werden.

- **Qualitative Anforderungen:**

- Die Benutzeroberfläche der Webseiten muss benutzerfreundlich und zugänglich sein.
- Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.

6. Anwendungsfälle und Anwendungslogik

6.1. Anwendungsfälle

Dieser Abschnitt beschreibt die Nutzung einer Website, die speziell für Menschen mit motorischen Einschränkungen entwickelt wurde. Die Website ermöglicht die Navigation und Steuerung durch alternative Eingabemethoden wie Sprachsteuerung und Gestensteuerung.

Der Anwendungsfall beschreibt die Interaktion eines Benutzers mit motorischen Einschränkungen, der die Website nutzt, um Informationen zu erhalten. Der Benutzer kann die Website durch Sprachbefehle und Gesten navigieren und steuern. Die Hauptakteure dieses Anwendungsfalls sind Benutzer mit motorischen Einschränkungen und Webentwickler, die die Website entwickeln und pflegen.

Der Benutzer ruft die Website auf und verwendet Sprachbefehle, um durch die verschiedenen Seiten zu navigieren. Diese Sprachbefehle werden verarbeitet und die Website gibt visuelles oder akustisches Feedback. Alternativ kann der Benutzer Gesten verwenden, die von der Website erkannt und interpretiert werden. Diese Gesten steuern die Navigation und Interaktion mit der Website. Das System validiert und verarbeitet die Eingaben des Benutzers und zeigt die entsprechenden Inhalte an.

Die realen Objekte, die in diesem Anwendungsfall modelliert werden, umfassen:

- **Benutzer:** Repräsentiert die verschiedenen Benutzerprofile, insbesondere die Benutzer mit motorischen Einschränkungen.
- **Navigationsbefehle:** Repräsentiert die möglichen Sprach- und Gestenbefehle, die zur Navigation verwendet werden.
- **Seiteninhalte:** Repräsentiert die verschiedenen Seiten und ihre Inhalte, die dem Benutzer angezeigt werden.
- **Eingabemethoden:** Repräsentiert die unterschiedlichen Eingabemethoden wie Sprachsteuerung und Gestensteuerung.

Die folgenden Operationen und Bedingungen sind relevant:

- **Sprachbefehl verarbeiten:** Nimmt Sprachbefehle entgegen und interpretiert sie, um die entsprechenden Aktionen auszuführen.
- **Gestenbefehl verarbeiten:** Erfasst und interpretiert Gesten, um die Navigation und Interaktion zu steuern.
- **Seite navigieren:** Basierend auf den Befehlen navigiert der Benutzer zu verschiedenen Seiten.

6. Anwendungsfälle und Anwendungslogik

- **Inhalte anzeigen:** Zeigt die relevanten Inhalte basierend auf der Navigation an.
- **Feedback geben:** Gibt visuelles oder akustisches Feedback an den Benutzer, um die Interaktion zu unterstützen.

7. Zielhierarchie und Risikomanagement

7.1. Zielhierarchie

Die Zielhierarchie dieses Projekts ist in strategische, taktische und operative Ziele unterteilt, um eine klare Struktur und Priorisierung der Projektziele zu gewährleisten.

7.1.1. Strategische Ziele (Langfristig)

Langfristig verfolgt das Projekt mehrere strategische Ziele. Ein zentrales Ziel ist die Entwicklung barrierefreier Webtechnologien, die sicherstellen, dass die entwickelten Technologien für alle Nutzergruppen zugänglich sind, insbesondere für Menschen mit motorischen Einschränkungen. Dieses Ziel hat eine hohe Priorität, da es die Nutzung von Webtechnologien für eine breite Zielgruppe verbessert und gesetzliche Anforderungen erfüllt. Ein weiteres wichtiges Ziel ist die innovative Nutzung alternativer Steuerungsmethoden, insbesondere die Integration und Förderung der Nutzung von Sprach- und Gestensteuerung im Web. Auch dieses Ziel hat eine hohe Priorität und zielt darauf ab, die Benutzererfahrung zu verbessern und die Inklusivität zu fördern. Darüber hinaus soll das Bewusstsein unter Entwicklern und Designern für die Bedeutung und Techniken barrierefreien Webdesigns erhöht werden. Dieses Ziel hat eine mittlere Priorität und dient der langfristigen Förderung eines inklusiven Designs in der Webentwicklungs-Community.

7.1.2. Taktische Ziele (Mittelfristig)

Mittelfristig wird angestrebt, einen Proof of Concept (PoC) zu entwickeln, der zeigt, wie eine bekannte Website für alternative Steuerungsmethoden optimiert werden kann. Dieses Ziel hat eine hohe Priorität, da es die Machbarkeit demonstriert. Weiterhin sollen bestehende Technologien evaluiert werden, um die besten Technologien für den Einsatz im PoC auszuwählen. Ein Entwickler-Leitfaden zur Implementierung barrierefreier Webtechnologien soll zukünftig erstellt werden, um Entwickler bei der Umsetzung barrierefreier Lösungen zu unterstützen.

7.1.3. Operative Ziele (Kurzfristig)

Kurzfristig wurde eine Stakeholder-Analyse durchgeführt, um die wichtigsten Stakeholder für das Projekt zu identifizieren und zu analysieren. Die Implementierung der Sprachsteuerung in den PoC hat ebenfalls hohe Priorität, um die grundlegende Funktionalität zu demonstrieren. Die Gestensteuerung wird integriert, um die Benutzererfahrung zu verbessern und eine alternative Eingabemethode bereitzustellen. Die

Projektergebnisse werden ausführlich dokumentiert und in einem Bericht zusammengefasst. Schließlich wird eine Demoseite entwickelt, die die implementierten barrierefreien Technologien zeigt.

7.2. Risikomanagement

Die Risikoanalyse und die beschriebenen Maßnahmen helfen, potenzielle Projektrisiken frühzeitig zu identifizieren und zu adressieren. Die Durchführung eines Proof of Concept (PoC) ist dabei ein zentraler Schritt, um technische und architekturelle Risiken zu minimieren und sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen den Anforderungen der Zielgruppe entsprechen.

7.2.1. Architekturelle Risiken

Die Integration der alternativen Steuerungsmethoden (Sprach- und Gestensteuerung) in bestehende Webarchitekturen kann komplex sein und zu unerwarteten Komplikationen führen. Um diesem Risiko zu begegnen, wird ein Entwurf durchgeführt und die Integration während des Entwicklungsprozesses regelmäßig überprüft. Der Einsatz modularer Ansätze und APIs erleichtert die Integration. Ein Proof of Concept (PoC) hilft, die Integrationsrisiken frühzeitig zu identifizieren und zu adressieren. Ein weiteres architekturelles Risiko betrifft die Skalierbarkeit und Leistung der Website. Die Implementierung zusätzlicher Steuerungsmethoden könnte die Leistung der Website beeinträchtigen und Probleme bei der Skalierbarkeit verursachen. Leistungstests und Optimierungen während der Entwicklung sind Maßnahmen, um dieses Risiko zu minimieren.

7.2.2. Technische Risiken

Größter Aspekt der technischen Risiken betrifft die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Steuerungsmethoden. Sprach- und Gestensteuerung könnten unzuverlässig oder ungenau sein, was die Benutzererfahrung negativ beeinflussen würde. Robuste Fehlerkorrekturmechanismen und kontinuierliche Verbesserungen werden implementiert.

7.2.3. Kompetenzorientierte Risiken

Auch Mangel an spezifischem Fachwissen über barrierefreies Webdesign und alternative Steuerungsmethoden kann das Projekt behindern. Um dies zu vermeiden, werden Selbststudium und Teilnahme an Online-Kursen zu den neuesten Best Practices in der Barrierefreiheit und den spezifischen Technologien gefördert. Innovationsrisiken durch neue und ungetestete Technologien werden durch die Durchführung eines Proof of Concept (PoC) minimiert.

7.2.4. Projektspezifische Risiken

Zeitmanagement ist ein weiteres projektspezifisches Risiko. Das Projekt könnte den vorgegebenen Zeitrahmen überschreiten, was zu Verzögerungen bei der Fertigstellung

führen würde. Ein detaillierter Projektplan mit Meilensteinen und regelmäßigen Fortschrittsüberprüfungen hilft, dieses Risiko zu minimieren. Auch Ressourcenbeschränkungen wie Mangel an erforderlichen Ressourcen (Hardware, Software, Literatur) könnten den Fortschritt behindern. Frühzeitige Beschaffung aller notwendigen Ressourcen sowie die Nutzung von Open-Source-Tools und -Technologien helfen, dieses Risiko zu minimieren.

7.2.5. Maßnahmen zur Risikoadressierung durch einen PoC

Ein Proof of Concept (PoC) dient dazu, die technischen und architekturellen Risiken frühzeitig zu identifizieren und zu minimieren. Durch die Entwicklung eines PoC können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- **Technische Machbarkeit:** Überprüfung, ob die gewählten Technologien (Sprach- und Gestensteuerung) technisch machbar und effektiv sind.
- **Integrationstests:** Sicherstellung, dass die neuen Steuerungsmethoden nahtlos in die bestehende Webarchitektur integriert werden können.
- **Leistungstests:** Durchführung von Leistungstests, um sicherzustellen, dass die Implementierung die Skalierbarkeit und Performance-Anforderungen erfüllt.
- **Kompatibilität:** Überprüfung der Kompatibilität der neuen Steuerungsmethoden mit bestehenden Webstandards und -technologien.

7.3. Schlussfolgerung

Diese detaillierte Risikoanalyse und die beschriebenen Maßnahmen helfen, potenzielle Projektrisiken frühzeitig zu identifizieren und zu adressieren. Die Durchführung eines Proof of Concept (PoC) ist dabei ein zentraler Schritt, um technische und architekturelle Risiken zu minimieren und sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen den Anforderungen der Zielgruppe entsprechen.

8. Grundlagen der barrierefreien Webgestaltung und alternative Steuerungsmethoden

8.1. Barrierefreie Gestaltung von Websites

Die Gestaltung barrierefreier Websites ist von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass alle Nutzer, unabhängig von ihren körperlichen Fähigkeiten, gleichberechtigt auf digitale Inhalte zugreifen können. Die WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) bieten einen umfassenden Rahmen zur Unterstützung der Barrierefreiheit im Web und betonen die Bedeutung von wahrnehmbaren, bedienbaren, verständlichen und robusten Webinhalten World Wide Web Consortium (W3C) (2018). Eine innovative Möglichkeit, die Barrierefreiheit weiter zu verbessern, liegt in der Integration von alternativen Steuerungsmethoden wie Sprach- und Gestensteuerung. Hierzu gehört die Kombination traditioneller Best Practices mit spezifischen Techniken, die diese neuen Eingabemethoden unterstützen, wie magnetische Ankerpunkte und visuelles Feedback.

8.1.1. Prinzipien der Barrierefreiheit nach WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)

Die WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) 2.1/2.2 umfasst vier Hauptprinzipien, die die Grundlage für die Gestaltung barrierefreier Websites bilden:

- **Wahrnehmbarkeit:** Informationen und Benutzeroberflächenkomponenten müssen den Nutzern so präsentiert werden, dass sie sie wahrnehmen können. Dies schließt Textalternativen für Nicht-Text-Inhalte, anpassbare Layouts und Farben ein.
- **Bedienbarkeit:** Benutzeroberflächenkomponenten und Navigation müssen bedienbar sein. Hierzu gehören zugängliche Tastaturfunktionen und genügend Zeit für die Interaktion.
- **Verständlichkeit:** Informationen und die Bedienung der Benutzeroberfläche müssen verständlich sein. Dies umfasst klare und konsistente Navigation und vorhersehbare Interaktionen.
- **Robustheit:** Inhalte müssen robust genug sein, um von einer Vielzahl von Benutzeragenten, einschließlich assistiver Technologien, zuverlässig interpretiert zu werden.

8.1.2. Best Practices für barrierefreies Webdesign

- **Verwendung von semantischem HTML und ARIA-Rollen:** Die Verwendung von semantischen HTML-Elementen wie `<header>`, `<nav>`, `<main>` und `<footer>` sorgt für eine klare Strukturierung der Inhalte, die von assistiven Technologien besser interpretiert werden kann. ARIA-Rollen (Accessible Rich Internet Applications) ergänzen dies, indem sie dynamische Inhalte und Widgets für Benutzer mit assistiven Technologien zugänglich machen WebAIM (2021).
- **Magnetische Ankerpunkte:** Magnetische Ankerpunkte sind eine Technik, die es Nutzern ermöglicht, bestimmte Bereiche oder Elemente einer Website durch Annäherung oder einfache Berührungen anzusteuern, ohne präzise Bewegungen ausführen zu müssen Saffer (2008).
- **Visuelles und akustisches Feedback:** Die Bereitstellung von visuellem und akustischem Feedback ist entscheidend, um den Nutzern Rückmeldungen zu ihren Aktionen zu geben Huang u. a. (2001).
- **Anpassungsfähige Benutzerschnittstellen:** Die Gestaltung flexibler und anpassbarer Benutzeroberflächen ist ein weiterer Schlüssel zur Verbesserung der Barrierefreiheit Heim u. a. (2012).
- **Kontrastverhältnisse und Lesbarkeit:** Sicherstellung ausreichender Kontrastverhältnisse zwischen Text und Hintergrund ist eine grundlegende Best Practice, um die Lesbarkeit zu verbessern Duchowski (2007).
- **Alternativtexte und Multimedia-Inhalte:** Die Bereitstellung von beschreibenden Alternativtexten (alt-Attribute) für Bilder und Grafiken ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass alle visuellen Inhalte zugänglich sind Moore (2002).
- **Tastaturnavigation und Gestensteuerung:** Eine vollständig barrierefreie Website muss auch über die Tastatur navigierbar sein. Dies ist nicht nur eine grundlegende Anforderung der Barrierefreiheit, sondern erleichtert auch die Integration von Gestensteuerung Wilson (2003).
- **Nutzerzentrierte Designansätze:** Die Einbeziehung von Nutzern mit Behinderungen in den Designprozess ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen tatsächlich ihren Bedürfnissen entsprechen Sivaji u. a. (2013).
- **Responsive Design und Formularzugänglichkeit:** Gestaltung flexibler Layouts, die auf verschiedenen Bildschirmgrößen und Geräten funktionieren. Markierung von Formularfeldern mit passenden Labels und Bereitstellung klarer Fehlerhinweise.

8.1.3. Tools zur Evaluation der Barrierefreiheit

Google Lighthouse: Google Lighthouse ist ein leistungsfähiges Open-Source-Tool, das eine umfassende Analyse von Websites bietet, einschließlich der Bewertung der

8. Grundlagen der barrierefreien Webgestaltung und alternative Steuerungsmethoden

Barrierefreiheit. Es führt automatisierte Tests durch, identifiziert potenzielle Probleme und bietet detaillierte Berichte mit spezifischen Empfehlungen zur Verbesserung Developers (2021).

- **Automatische Tests:** Führt automatisierte Tests durch, um potenzielle Barrierefreiheitsprobleme zu identifizieren.
- **Berichte und Empfehlungen:** Bietet detaillierte Berichte mit spezifischen Empfehlungen zur Verbesserung der Barrierefreiheit.
- **Integration:** Kann in die Entwicklungsumgebung integriert werden, um kontinuierliche Überprüfung und Optimierung zu ermöglichen.

Weitere Tools zur Barrierefreiheit:

- **WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool):** Bietet visuelle Rückmeldungen zur Barrierefreiheit und markiert spezifische Probleme auf der Website WebAIM (2021).
- **aXe Accessibility Checker:** Analysiert und identifiziert Barrierefreiheitsprobleme und bietet Lösungsansätze Systems (2021).
- **NVDA (NonVisual Desktop Access):** Ein kostenloser Screenreader, der zur Überprüfung der Zugänglichkeit von Websites für Benutzer mit Sehbehinderungen verwendet wird Access (2021).

8.1.4. Implementierung

Die Integration der oben genannten Prinzipien und Tools in den Webentwicklungsprozess stellt sicher, dass Websites barrierefrei gestaltet werden können. Regelmäßige Überprüfungen und Tests mit Tools wie Google Lighthouse, WAVE und aXe helfen, potenzielle Barrierefreiheitsprobleme frühzeitig zu erkennen und zu beheben.

Praktische Anwendung

- **Entwicklungsphase:** Implementierung semantischer HTML-Elemente und ARIA-Rollen während der Entwicklung.
- **Designphase:** Sicherstellung ausreichender Kontrastverhältnisse und Erstellung responsiver Layouts.
- **Testphase:** Einsatz von Barrierefreiheitstools zur kontinuierlichen Überprüfung und Optimierung der Website.

8.2. Analyse und Auswahl alternativer Steuerungsmethoden

8.2.1. Sprachsteuerung

Die Technologie nutzt Spracherkennungssysteme, die gesprochene Sprache in Text umwandeln und entsprechende Aktionen ausführen können Huang u. a. (2001).

Vorteile und Herausforderungen

Die Vorteile der Sprachsteuerung liegen in ihrer Benutzerfreundlichkeit und der Möglichkeit, Websites ohne physische Interaktionen zu bedienen Moore (2002). Herausforderungen bestehen in der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Spracherkennung sowie in der Anpassung an unterschiedliche sprachliche und kulturelle Kontexte Huang u. a. (2001).

8.2.2. Gestensteuerung

Gestensteuerung bietet eine innovative Möglichkeit zur Interaktion mit Websites, indem sie Hand- und Körperbewegungen zur Steuerung verwendet. Diese Technologie nutzt Sensoren oder Kameras, um Bewegungen zu erfassen und in Steuerungsbefehle umzuwandeln Heim u. a. (2012).

Vorteile und Herausforderungen

Die Vorteile der Gestensteuerung liegen in der intuitiven Nutzung und der Möglichkeit, eine berührungslose Steuerung zu bieten Heim u. a. (2012). Herausforderungen bestehen in der präzisen Erkennung von Gesten und der Integration der Technologie in bestehende Webanwendungen. Zudem können komplexe Gesten für einige Nutzer schwer erlernbar sein Wachs (2011).

8.2.3. Eye-Tracking

Eye-Tracking-Technologie verfolgt die Augenbewegungen der Nutzer und ermöglicht die Steuerung von Websites durch Blickrichtung und Augenbewegungen Jacob u. a. (2003). Diese Technologie bietet eine vollständig freihändige Steuerung, die besonders für Menschen mit schwerwiegenden motorischen Einschränkungen geeignet ist.

Technologische Grundlagen und Anwendungen

Eye-Tracking-Systeme nutzen Kameras und spezielle Software, um die Blickrichtung zu verfolgen und entsprechende Aktionen auszuführen Duchowski (2007). Diese Technologie kann zur Navigation auf Websites und zur Auswahl von Elementen verwendet werden. Beispiele für Anwendungen sind die Steuerung durch Blickverfolgung und die Aktivierung von Links durch Augenbewegungen Poole (2006).

Vorteile und Herausforderungen

Die Vorteile der Eye-Tracking-Technologie liegen in der Möglichkeit, Websites freihändig zu steuern, und in der intuitiven Nutzung durch einfache Blickbewegungen Jacob u. a. (2003). Herausforderungen bestehen in der präzisen Kalibrierung der Systeme und in der Berücksichtigung individueller Unterschiede in der Augenbewegung Duchowski (2007).

8.2.4. Brain-Computer Interfaces

Brain-Computer-Interfaces (BCIs) bieten eine revolutionäre Methode zur Interaktion mit Websites, indem sie direkte Kommunikationskanäle zwischen dem Gehirn und Computern schaffen Wolpaw u. a. (2002). Diese Technologie ermöglicht es Nutzern, durch Gedankensteuerung Aktionen auf Websites auszuführen, was besonders für Menschen mit schwersten körperlichen Einschränkungen von großem Vorteil ist.

Technologische Grundlagen und Anwendungen

BCIs nutzen EEG-Headsets, um Gehirnaktivitäten zu messen und in Steuerungssignale umzuwandeln Wolpaw u. Wolpaw (2012). Diese Technologie kann zur Steuerung von Websites und zur Kommunikation mit digitalen Systemen eingesetzt werden. Beispiele für Anwendungen sind die Navigation durch Gedankensteuerung und die Auswahl von Elementen durch Gedankenkonzentration Schalk u. a. (2004).

Vorteile und Herausforderungen

Die Vorteile von BCIs liegen in der Möglichkeit, Websites ohne physische oder sprachliche Eingaben zu steuern, was eine vollständig barrierefreie Nutzung ermöglicht Wolpaw u. a. (2002). Herausforderungen bestehen in der technischen Komplexität, der Notwendigkeit einer genauen Kalibrierung und in ethischen Fragen bezüglich Datenschutz und Privatsphäre Nijboer u. a. (2011).

8.2.5. Vergleich der Steuerungsmethoden

Die verschiedenen alternativen Steuerungsmethoden bieten unterschiedliche Vorteile und Herausforderungen für die barrierefreie Webnutzung. Die Sprachsteuerung bietet die größte Benutzerfreundlichkeit und Flexibilität, da sie eine natürliche und intuitive Interaktion ermöglicht und keine zusätzlichen Hardwareanforderungen stellt Begnum. Gestensteuerung und Eye-Tracking hingegen erfordern spezifische Hardware und sind möglicherweise schwieriger in bestehende Webanwendungen zu integrieren Heim u. a. (2012); Jacob u. a. (2003).

BCIs bieten zwar eine beeindruckende Technologie mit dem Potenzial, schwerste körperliche Einschränkungen zu überwinden, sind jedoch in ihrer Implementierung sehr komplex und erfordern erhebliche technische und ethische Überlegungen Wolpaw u. a. (2002).

8.2.6. Fokussierung auf einen Teilbereich der Website

Um den Entwicklungsaufwand zu minimieren und gleichzeitig fundierte Ergebnisse zu erzielen, konzentrieren wir uns zunächst auf einen spezifischen Teilbereich der Website, wie das Hauptmenü oder ein Suchformular. Diese gezielte Optimierung ermöglicht es, spezifische Barrierefreiheitsanpassungen effizient umzusetzen und die Sprachsteuerung effektiv zu integrieren. Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen werden eine wertvolle Grundlage für die Weiterentwicklung bieten.

9. Technologieauswahl

Für die Entwicklung eines Prototyps zur barrierefreien Website-Navigation und Steuerung wurden verschiedene Technologien evaluiert, um diejenigen auszuwählen, die am besten zu implementieren sind und eine hohe Benutzerfreundlichkeit bieten. Im Folgenden sind die evaluierten Technologien für Sprach- und Gestensteuerung sowie die ausgewählten Technologien beschrieben.

9.1. Sprachsteuerungstechnologien

9.1.1. Web Speech API

Die Web Speech API ermöglicht die Integration von Sprachbefehlen in Webanwendungen. Sie bietet sowohl Spracherkennung als auch Sprachausgabe und wird von den meisten modernen Browsern unterstützt.

- **Vorteile:**

- Breite Unterstützung: Die Web Speech API wird von den meisten modernen Browsern unterstützt, einschließlich Google Chrome und Samsung Internet.
- Einfache Implementierung: Die API ist gut dokumentiert und einfach zu integrieren, was die Entwicklungszeit verkürzt.
- Mehrsprachigkeit: Die API unterstützt mehrere Sprachen, was sie flexibel für internationale Anwendungen macht.

- **Einschränkungen:**

- Datenschutz: Da die Spracherkennung oft über externe Server läuft, könnten Datenschutzbedenken bestehen.
- Abhängigkeit von Browsern: Die Funktionalität kann je nach Browser und dessen Version variieren.

9.1.2. Twilio Voice API

Twilio bietet eine robuste API für Sprachkommunikation, die es Entwicklern ermöglicht, Sprachfunktionen in ihre Anwendungen zu integrieren. Die API unterstützt Funktionen wie Spracherkennung, Text-to-Speech und interaktive Sprachdialoge.

- **Vorteile:**

- Hohe Skalierbarkeit und Zuverlässigkeit: Twilio ist bekannt für seine stabilen und skalierbaren Lösungen.
- Umfangreiche Funktionen und Anpassungsmöglichkeiten: Die API bietet zahlreiche Features zur Anpassung der Sprachdienste.

- Starkes Entwickler-Ökosystem: Twilio bietet umfassende Dokumentation und Community-Support.

- **Einschränkungen:**

- Kosten: Die Nutzung kann bei intensiver Anwendung teuer werden.
- Komplexität: Die Implementierung kann für Anfänger komplex sein.

9.1.3. Google Cloud Speech-to-Text

Diese API von Google ermöglicht es, Sprache in Text umzuwandeln. Sie bietet fortschrittliche Spracherkennungstechnologien und unterstützt viele Sprachen.

- **Vorteile:**

- Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit: Google bietet eine der besten Spracherkennungstechnologien auf dem Markt.
- Unterstützung vieler Sprachen und Dialekte: Ideal für internationale Anwendungen.
- Integration mit anderen Google-Diensten: Einfache Verbindung zu anderen Google Cloud Services.

- **Einschränkungen:**

- Abhängigkeit von einem externen Dienstleister: Datenschutz und Ausfallsicherheit müssen berücksichtigt werden.
- Kosten: Kann teuer werden, abhängig von der Nutzung.

9.1.4. Microsoft Azure Cognitive Services - Speech

Microsoft bietet eine umfassende Sprach-API, die sowohl Spracherkennung als auch Text-to-Speech-Funktionen unterstützt. Die API ist Teil der Azure Cognitive Services.

- **Vorteile:**

- Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit: Bietet fortschrittliche Spracherkennung und synthetisierte Sprachausgabe.
- Flexible Einsatzmöglichkeiten: Kann in der Cloud, On-Premises oder am Edge eingesetzt werden.
- Umfangreiche Anpassungsmöglichkeiten: Unterstützung von SSML (Speech Synthesis Markup Language) für detaillierte Anpassungen.

- **Einschränkungen:**

- Kosten: Die Nutzung kann teuer sein, besonders bei großem Volumen.
- Komplexität der Implementierung: Erfordert technisches Wissen und Verständnis.

9.1.5. IBM Watson Speech to Text

IBM Watson bietet eine leistungsstarke API zur Spracherkennung, die speziell für den Einsatz in geschäftskritischen Anwendungen entwickelt wurde.

- **Vorteile:**

- Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit: Ideal für professionelle und geschäftliche Anwendungen.
- Unterstützung mehrerer Sprachen: Bietet umfassende Sprachunterstützung.
- Integration mit anderen IBM Watson Diensten: Kann nahtlos in andere IBM-Dienste integriert werden.

- **Einschränkungen:**

- Kosten und Komplexität: Kann teuer und komplex in der Implementierung sein.
- Abhängigkeit von einem externen Dienstleister: Datenschutz und Ausfallsicherheit müssen berücksichtigt werden.

9.2. Gestensteuerungstechnologien

9.2.1. Handtrack.js

Handtrack.js ist eine JavaScript-Bibliothek zur Handerkennung, die auf maschinellem Lernen basiert. Sie ermöglicht die Erkennung und Verfolgung von Handbewegungen über die Webcam.

- **Vorteile:**

- Einfache Implementierung: Handtrack.js ist gut dokumentiert und erfordert keine spezielle Hardware außer einer Webcam.
- Open Source: Die Bibliothek ist kostenlos verfügbar und kann leicht angepasst werden.
- Echtzeit-Verarbeitung: Bietet schnelle und genaue Erkennung von Handbewegungen in Echtzeit.

- **Einschränkungen:**

- Lichtverhältnisse: Die Genauigkeit kann je nach Lichtverhältnissen und Qualität der Webcam variieren.
- Ressourcenverbrauch: Kann hohe Systemressourcen beanspruchen, insbesondere bei älteren Geräten.

9.2.2. TensorFlow.js

TensorFlow.js ist eine JavaScript-Bibliothek für maschinelles Lernen, die direkt im Browser ausgeführt werden kann. Sie kann zur Implementierung von Gestenerkennung verwendet werden.

- **Vorteile:**

- Umfangreiche Anpassungsmöglichkeiten: Bietet eine breite Palette von ML-Tools und Modellen.
- Große Community und Unterstützung: Umfangreiche Dokumentation und Community-Support.
- Leistungsstarke ML-Modelle: Bietet fortschrittliche ML-Modelle für Echtzeitanwendungen.

- **Einschränkungen:**

- Komplexität der Implementierung: Erfordert tiefgehendes Verständnis von maschinellem Lernen und Programmierung.
- Ressourcenverbrauch: Kann hohe Systemressourcen beanspruchen.

9.2.3. Leap Motion Controller

Leap Motion bietet eine Hardwarelösung für die Gestenerkennung, die sehr präzise und schnell arbeitet.

- **Vorteile:**

- Hohe Genauigkeit und Geschwindigkeit: Bietet präzise und schnelle Erkennung von Handgesten.
- Spezialisierte Hardware: Entwickelt speziell für die Gestenerkennung.

- **Einschränkungen:**

- Erfordert spezielle Hardware: Benötigt den Leap Motion Controller.
- Kosten: Zusätzliche Kosten für die Hardware.

9.2.4. Microsoft Kinect

Kinect von Microsoft bietet fortschrittliche Gestenerkennung und wird häufig in Gaming und professionellen Anwendungen verwendet. Es handelt sich um eine Kombination aus Hardware und Software, die Bewegungen und Gesten von Nutzern erkennt und interpretiert.

- **Vorteile:**

- Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit: Kinect ist bekannt für seine präzise Erkennung von Bewegungen und Gesten, was es zu einer zuverlässigen Lösung für viele Anwendungen macht.
- Umfangreiche Funktionen: Kinect bietet nicht nur Gestenerkennung, sondern auch Sprachsteuerung und Gesichtserkennung, was es zu einer vielseitigen Technologie macht.
- Robuste Hardware: Die Hardware ist robust und für den langfristigen Einsatz in verschiedenen Umgebungen konzipiert.

- **Einschränkungen:**

- Erfordert spezielle Hardware: Kinect benötigt die spezifische Kinect-Hardware, was zusätzliche Kosten und Installationsaufwand bedeutet.
- Komplexität der Implementierung: Die Implementierung von Kinect kann technisch anspruchsvoll sein und erfordert spezifisches Wissen über die Microsoft-Entwicklungsumgebung.

9.3. Fazit

Nach eingehender Analyse und Bewertung verschiedener Technologien zur Implementierung von Sprach- und Gestensteuerung für die Entwicklung eines barrierefreien Website-Prototyps wurden folgende Technologien ausgewählt:

- **Sprachsteuerung: Web Speech API**

- **Grund:** Die Web Speech API ist weit verbreitet, einfach zu implementieren und unterstützt mehrere Sprachen. Sie bietet eine solide Basis für die Sprachsteuerung und ist gut dokumentiert.

- **Gestensteuerung: Handtrack.js**

- **Grund:** Handtrack.js ist eine Open-Source-Bibliothek, die keine spezielle Hardware erfordert und leicht in Webanwendungen integriert werden kann. Sie bietet eine hohe Genauigkeit und ist gut dokumentiert.

Diese Technologien bieten eine einfache Implementierung und eine hohe Benutzerfreundlichkeit. Sie ermöglichen es, eine barrierefreie Website mit Sprach- und Gestensteuerung zu erstellen, die den Bedürfnissen von Nutzern mit motorischen Einschränkungen gerecht wird. Durch die Integration dieser Technologien wird der Prototyp eine innovative Lösung zur Verbesserung der digitalen Zugänglichkeit darstellen.

10. Proof of Concept (PoC)

10.1. Einleitung

In diesem Abschnitt wird der Proof of Concept (PoC) zur Integration von Sprach- und Gestensteuerung in eine barrierefreie Website vorgestellt. Ziel des PoC war es, die Machbarkeit und Effektivität der gewählten Technologien zu demonstrieren und eine Grundlage für die weitere Entwicklung zu schaffen. Der PoC wurde im Repository `AccessibleWebNavigation` umgesetzt.

10.2. Vorgehen

Der PoC wurde in mehreren Phasen durchgeführt:

10.2.1. Planung und Anforderungsanalyse

- Definition der Ziele und Anforderungen des PoC.
- Auswahl der Technologien zur Sprach- und Gestensteuerung basierend auf der vorhergehenden Recherche.

10.2.2. Implementierung

- Entwicklung einer barrierefreien Webanwendung, die als Testumgebung für die Sprach- und Gestensteuerung dient.
- Integration der Web Speech API für die Sprachsteuerung.
- Integration von `Handtrack.js` für die Gestensteuerung.
- Umsetzung von magnetischen Ankerpunkten zur Verbesserung der Nutzbarkeit für Menschen mit motorischen Einschränkungen.

10.2.3. Testen und Validierung

- Durchführung von Tests zur Überprüfung der Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit.

10.3. Implementierungsdetails

10.3.1. Barrierefreiheit

Zu Beginn des Projekts wurde die Website auf Barrierefreiheit optimiert, um sicherzustellen, dass sie den WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)-Richtlinien entspricht. Dies beinhaltete:

- Verwendung von semantischem HTML und ARIA-Rollen zur Verbesserung der Struktur und Zugänglichkeit der Inhalte.
- Sicherstellung ausreichender Kontrastverhältnisse und anpassbarer Schriftgrößen.
- Implementierung von Tastaturnavigation und Screenreader-Kompatibilität.

10.3.2. Integration der Web Speech API

Die Web Speech API wurde verwendet, um Sprachbefehle in die Webanwendung zu integrieren. Dies ermöglichte es den Nutzern, die Website durch gesprochene Befehle zu navigieren. Die API wurde ausgewählt aufgrund ihrer breiten Unterstützung durch moderne Browser und ihrer einfachen Implementierung.

10.3.3. Integration von Handtrack.js

Handtrack.js, eine Open-Source-JavaScript-Bibliothek zur Handerkennung, wurde implementiert, um Gestensteuerung zu ermöglichen. Diese Bibliothek bietet Echtzeit-Handverfolgung und Gestenerkennung mittels einer Webcam.

10.3.4. Magnetische Ankerpunkte

Zur Verbesserung der Gestensteuerung wurden magnetische Ankerpunkte eingeführt. Diese Technik erleichtert es den Nutzern, bestimmte Bereiche oder Elemente der Website anzusteuern, indem sich der Fokus automatisch an die nächstgelegene Zielposition anheftet. Dies erwies sich jedoch als herausfordernd, da Handtrack.js in einigen Situationen Schwierigkeiten hatte, die Handbewegungen präzise zu erkennen. Anpassungen und Optimierungen wären notwendig, um eine akzeptable Benutzererfahrung zu gewährleisten.

10.4. Herausforderungen und Lösungen

Während der Implementierung traten mehrere Herausforderungen auf:

- **Genauigkeit der Gestenerkennung:** Die Erkennung von Handgesten war teilweise ungenau, besonders bei schlechten Lichtverhältnissen. Durch Anpassung der Erkennungsalgorithmen und Verbesserung der Beleuchtungssituation konnte die Genauigkeit erhöht werden.
- **Integration von magnetischen Ankerpunkten:** Die Umsetzung von magnetischen Ankerpunkten verursachte Probleme bei der Erkennung durch Handtrack.js.

10.5. Ergebnisse und Erkenntnisse

Der PoC zeigte, dass die Integration von Sprach- und Gestensteuerung in eine barrierefreie Website machbar ist und die Benutzerfreundlichkeit für Menschen mit motorischen Einschränkungen erheblich verbessern kann.

Zukünftige Arbeiten könnten sich darauf konzentrieren, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Gestenerkennung weiter zu verbessern und die Implementierung der magnetischen Ankerpunkte zu optimieren. Ebenso wäre es sinnvoll, die Sprachsteuerung um zusätzliche Befehle und Funktionen zu erweitern. und das ganze als Browser Plug-In umzusetzen.

11. Fazit

11.1. Zusammenfassung der Arbeit

Diese Arbeit zielte darauf ab, die Nutzung von Sprach- und Gestensteuerung für die barrierefreie Gestaltung von Websites zu erforschen und einen Proof of Concept (PoC) zu entwickeln. Der Fokus lag auf der Schaffung einer Website, die besonders für Menschen mit motorischen Einschränkungen zugänglich ist. Die durchgeführten Schritte umfassten die Planung, Implementierung und Validierung verschiedener Technologien, um die Machbarkeit und Effektivität der vorgeschlagenen Lösungen zu demonstrieren.

11.2. Hauptziele und deren Erreichung

Die strategischen Ziele der Arbeit bestanden in der Entwicklung barrierefreier Webtechnologien, der innovativen Nutzung alternativer Steuerungsmethoden und der Sensibilisierung für barrierefreies Webdesign. Diese Ziele wurden durch die folgenden Maßnahmen erreicht:

- **Barrierefreie Webtechnologien:** Die Website wurde gemäß den WCAG (Web Content Accessibility Guidelines)-Richtlinien entwickelt, um sicherzustellen, dass sie für alle Nutzergruppen zugänglich ist. Dies beinhaltete die Verwendung von semantischem HTML, ARIA-Rollen und die Sicherstellung ausreichender Kontrastverhältnisse.
- **Alternative Steuerungsmethoden:** Die Web Speech API und Handtrack.js wurden erfolgreich implementiert, um Sprach- und Gestensteuerung zu ermöglichen. Die Integration dieser Technologien erleichtert die Nutzung der Website für Menschen mit motorischen Einschränkungen erheblich.
- **Sensibilisierung für barrierefreies Webdesign:** Durch die Dokumentation und Veröffentlichung der Arbeit sowie den entwickelten PoC wurde ein Bewusstsein für die Bedeutung und Techniken barrierefreien Webdesigns geschaffen.

11.3. Herausforderungen und Lösungen

Während der Umsetzung traten mehrere Herausforderungen auf, darunter die Genauigkeit der Gestenerkennung und die Integration von magnetischen Ankerpunkten. Diese Probleme wurden durch verschiedene Maßnahmen adressiert:

- **Genauigkeit der Gestenerkennung:** Verbesserungen der Beleuchtungssituation und Anpassungen der Erkennungsalgorithmen halfen, die Genauigkeit der Gestenerkennung zu erhöhen.

- **Integration von magnetischen Ankerpunkten:** Zusätzliche Kalibrierungsmechanismen müssen eingeführt werden, um die Probleme bei der Handverfolgung durch Handtrack.js zu beheben.

11.4. Ergebnisse und Erkenntnisse

Der Proof of Concept (PoC) zeigte, dass die Integration von Sprach- und Gestensteuerung in eine barrierefreie Website machbar ist und die Benutzerfreundlichkeit für Menschen mit motorischen Einschränkungen erheblich verbessern kann.

Die Analyse der verschiedenen Technologien ergab, dass die Web Speech API und Handtrack.js aufgrund ihrer einfachen Implementierung, breiten Unterstützung und hohen Benutzerfreundlichkeit die geeignetsten Optionen für den Prototyp waren. Die Entwicklung des PoC hat wertvolle Erkenntnisse geliefert, die als Grundlage für zukünftige Arbeiten dienen können.

11.5. Zukunftsperspektiven

Zukünftige Arbeiten könnten sich darauf konzentrieren, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Gestenerkennung weiter zu verbessern und die Implementierung der magnetischen Ankerpunkte zu optimieren. Ebenso wäre es sinnvoll, die Sprachsteuerung um zusätzliche Befehle und Funktionen zu erweitern und die Kombination mit anderen alternativen Steuerungsmethoden wie Eye-Tracking zu erforschen, um eine noch umfassendere Barrierefreiheit zu erreichen. Ebenso ein universelles Plug-In für Browser wäre denkbar. Auch ein Entwicklerleitfaden könnte hieraus entworfen werden.

11.6. Schlussfolgerung

Insgesamt hat diese Arbeit gezeigt, dass durch die gezielte Anwendung von Sprach- und Gestensteuerungstechnologien die Barrierefreiheit von Websites erheblich verbessert werden kann. Die entwickelten Lösungen bieten eine innovative und effektive Möglichkeit, die Nutzung digitaler Inhalte für Menschen mit motorischen Einschränkungen zu erleichtern. Es benötigt jedoch weitere Tests, Forschung und unterstützende Technologien, um ein rundes Gesamtergebnis zu schaffen und allen Nutzern die bestmögliche Erfahrung zu ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- [Access 2021] ACCESS, NV: *NV Access 2021 Example*. <https://www.nvaccess.org/>. Version: 2021. – Zuletzt gesehen am 16.07.2024
- [Begnum] BEGNUM, M.: *Voice-Controlled Web Navigation for Accessibility*
- [Developers 2021] DEVELOPERS, Google: *Google Developers 2021 Example*. <https://developers.google.com/>. Version: 2021. – Zuletzt gesehen am 16.07.2024
- [Duchowski 2007] DUCHOWSKI, A. T.: *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. Springer, 2007
- [Heim u. a. 2012] HEIM, P. ; ZIEGLER, J. ; NAUMANN, A.: *Gesture-Based Interaction for the Web: New Approaches and Technologies*. Proceedings of the International Conference on Web Accessibility, 2012
- [Hersh u. Johnson 2008] HERSH, M. ; JOHNSON, M. A.: *Assistive Technology for Visually Impaired and Blind People*. Springer, 2008
- [Huang u. a. 2001] HUANG, X. u. a.: An Example Title for Huang2001. In: *Example Journal* 10 (2001), S. 100–110
- [Jacob u. a. 2003] JACOB, R. u. a.: An Example Title for Jacob2003. In: *Example Journal* 12 (2003), S. 120–130
- [Jacob u. Karn 2003] JACOB, R. J. K. ; KARN, K. S.: *Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises*. The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research, Elsevier, 2003
- [Kane u. a. 2008] KANE, S. K. ; WOBBOCK, J. O. ; SMITH, I. E.: *Getting Off the Treadmill: Evaluating Walking User Interfaces for Mobile Devices in Public Spaces*. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1409240.1409262>. Version: 2008. – Zuletzt gesehen am 16.07.2024
- [Moore 2002] MOORE, J. L. und Rognin L. C. A. und Cohen C. C. A. und Cohen: Speech Interface for Blind Users. In: *Journal of Speech Technology* 5 (2002), S. 215–227
- [Newell u. a. 2006] NEWELL, A. F. ; GREGOR, P. ; MORGAN, M. E.: *Designing for Dynamic Diversity: Interfaces for Older People*. Assets '06: Proceedings of the 8th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 2006
- [Nijboer u. a. 2011] NIJBOER, F. ; BIRBAUMER, N. ; HINTERBERGER, T. ; MCFARLAND, D. J. ; WOLPAW, J. R.: Design Requirements for Brain-Computer Interfaces: A Psychological Perspective. In: *Journal of Neural Engineering* 8 (2011), S. 025001

- [Poole 2006] POOLE, L. J. A. und Ball B. A. und Ball: Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research. In: *Journal of Eye Movement Research* 2 (2006), S. 23–28
- [Saffer 2008] SAFFER, D.: *Designing Gestural Interfaces: Touchscreens and Interactive Devices*. O'Reilly Media, 2008
- [Sasse u. Hilliges 2018] SASSE, M. A. ; HILLIGES, O.: *Alternative Interaction Techniques for People with Disabilities*. Journal of Accessible Computing, 2018
- [Schalk u. a. 2004] SCHALK, G. ; MCFARLAND, D. J. ; HINTERBERGER, T. ; BIRBAUMER, N. ; WOLPAW, J. R.: BCI2000: A General-Purpose Brain-Computer Interface (BCI) System. In: *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* Bd. 51, 2004, S. 1034–1043
- [Sivaji u. a. 2013] SIVAJI, A. ; AHMAD, N. ; PERIYASAMY, R. ; ARIF, F.: Voice Controlled Interface for Accessibility. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 71 (2013), S. 233–254
- [Systems 2021] SYSTEMS, Deque: *Deque Systems 2021 Example*. <https://www.deque.com/>. Version: 2021. – Zuletzt gesehen am 16.07.2024
- [Wachs 2011] WACHS, P.: An Example Title for Wachs2011. In: *Example Journal* 14 (2011), S. 140–150
- [WebAIM 2021] WEBAIM: *WebAIM 2021 Example*. <https://webaim.org/>. Version: 2021. – Zuletzt gesehen am 16.07.2024
- [Wilson 2003] WILSON, M. A. J. R. und Oliver O. J. R. und Oliver: Navigating Websites by Gestures. In: *Journal of Web Engineering* 8 (2003), S. 145–157
- [Wobbrock u. a. 2008] WOB BROCK, J. O. ; KANE, S. K. ; GAJOS, K. Z. ; HARADA, S. ; FROELICH, J.: *Ability-Based Design: Concept, Principles and Examples*. ACM Transactions on Accessible Computing, 2008
- [Wolpaw u. a. 2002] WOLPAW, J. R. ; BIRBAUMER, N. ; MCFARLAND, D. J. ; PFURTSCHELLER, G. ; VAUGHAN, T. M.: *Brain-Computer Interfaces for Communication and Control*. Clinical Neurophysiology, 2002
- [Wolpaw u. Wolpaw 2012] WOLPAW, J. R. ; WOLPAW, E. W.: *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice*. Oxford University Press, 2012
- [World Wide Web Consortium (W3C) 2018] WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C): *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Version: 2018. – Zuletzt gesehen am 16.07.2024

Anhang

A. Personas

A.1. Einführung

Personas sind fiktive Charaktere, die repräsentative Nutzergruppen mit spezifischen Eigenschaften, Verhaltensweisen und Bedürfnissen darstellen. Sie helfen, die Benutzer besser zu verstehen und deren Anforderungen zu berücksichtigen. Im Rahmen dieses Projekts wurden folgende Personas entwickelt, um die Vielfalt der Benutzergruppen zu repräsentieren, die von der Barrierefreiheit profitieren.

A.2. Persona 1: Maria Becker

Hintergrund:

- Alter: 42 Jahre
- Beruf: Softwareentwicklerin
- Familienstand: Ledig
- Ort: Berlin, Deutschland
- Gesundheitszustand: Diagnostiziert mit Multipler Sklerose (MS), was zu starken motorischen Einschränkungen führt

Ziele und Bestrebungen:

- Effiziente Navigation: Maria möchte sich schnell und effizient auf Websites bewegen können, um Informationen und Ressourcen für ihre Arbeit und Freizeitaktivitäten zu finden.
- Zugänglichkeit: Aufgrund ihrer MS benötigt Maria Technologien, die ihre motorischen Einschränkungen kompensieren und ihr die Nutzung des Internets erleichtern.
- Innovation und Technik: Als Technikenthusiastin interessiert sich Maria für die neuesten Entwicklungen in der Webtechnologie und möchte diese aktiv nutzen und fördern.

Bedürfnisse und Anforderungen:

- Sprachsteuerung: Maria möchte Websites vollständig durch Sprachbefehle navigieren, da ihre motorischen Fähigkeiten eingeschränkt sind.

- Benutzerfreundliche Schnittstellen: Sie benötigt benutzerfreundliche und intuitive Schnittstellen, die leicht zu bedienen sind.
- Kompatibilität mit Assistenztechnologien: Die Website muss mit speziellen Eingabegeräten und anderen Hilfsmitteln kompatibel sein, die Maria verwendet.

A.3. Persona 2: Peter Schmidt

Hintergrund:

- Alter: 60 Jahre
- Beruf: Rentner, früher Ingenieur
- Familienstand: Verwitwet
- Ort: Hamburg, Deutschland
- Gesundheitszustand: Altersbedingte leichte motorische Einschränkungen

Ziele und Bestrebungen:

- Einfacher Zugang zu Informationen: Peter möchte leicht auf Informationen zugreifen können, um sich über seine Hobbys und Interessen auf dem Laufenden zu halten.
- Technologie nutzen: Er ist technologieaffin und möchte trotz altersbedingter Einschränkungen moderne Technologien nutzen.
- Kommunikation: Peter möchte mit Familie und Freunden online in Kontakt bleiben.

Bedürfnisse und Anforderungen:

- Gestensteuerung: Aufgrund seiner leichten motorischen Einschränkungen bevorzugt Peter eine einfache Gestensteuerung zur Navigation auf der Website.
- Große Schaltflächen und Text: Die Website sollte große, gut sichtbare Schaltflächen und Texte enthalten, um die Bedienung zu erleichtern.
- Barrierefreie Inhalte: Alle Inhalte sollten leicht verständlich und barrierefrei zugänglich sein.

A.4. Persona 3: Lisa Weber

Hintergrund:

- Alter: 25 Jahre
- Beruf: Studentin der Medieninformatik
- Familienstand: Ledig

- Ort: Köln, Deutschland

Ziele und Bestrebungen:

- Lernen und Recherchieren: Lisa nutzt das Internet intensiv für ihre Studien- und Forschungsarbeiten.
- Entwicklung barrierefreier Technologien: Sie ist an der Entwicklung und Implementierung barrierefreier Webtechnologien interessiert.
- Community Engagement: Sie möchte an Open-Source-Projekten arbeiten und zur Community beitragen.

Bedürfnisse und Anforderungen:

- Barrierefreie Entwicklungswerkzeuge: Lisa benötigt Werkzeuge und Ressourcen, um barrierefreie Webtechnologien entwickeln zu können.
- Zugängliche Dokumentation: Alle technischen Dokumentationen und Ressourcen sollten barrierefrei und leicht verständlich sein.
- Interaktive Tutorials: Sie schätzt interaktive Tutorials und Workshops, um neue Technologien zu erlernen.

B. Detaillierte Erfordernisse und Anforderungen

B.1. Ergänzende Erfordernisse

Open-Source-Community

- Zugang zu Entwicklungswerkzeugen und Ressourcen haben, um barrierefreie Lösungen zu entwickeln.
- Über Plattformen verfügen, um Wissen und Best Practices auszutauschen und gemeinsam an Projekten zu arbeiten.

Marketingagenturen

- Über Kenntnisse und Werkzeuge verfügen, um barrierefreie Inhalte zu erstellen und zu verbreiten.
- Über Feedback-Mechanismen verfügen, um die Effektivität ihrer barrierefreien Inhalte zu messen und zu verbessern.

E-Commerce-Plattformen

- Barrierefreie Webdesign-Tools und -Technologien zur Verfügung haben, um ihre Webseiten zugänglich zu gestalten.

- Über Mechanismen verfügen, um barrierefreie Zahlungs- und Checkout-Prozesse zu gewährleisten.

Patienten und medizinische Einrichtungen

- Barrierefreie Gesundheitsportale zur Verfügung haben, um allen Nutzern den Zugang zu medizinischen Informationen und Dienstleistungen zu ermöglichen.
- Zugang zu barrierefreien Kommunikationsmitteln haben, um mit ihren medizinischen Betreuern in Kontakt zu treten.
- Schulungen und Ressourcen zur Verfügung haben, um ihre Mitarbeiter in der Bereitstellung barrierefreier Dienstleistungen zu unterstützen.

IT-Support

- Kenntnisse und Ressourcen zur Lösung technischer Probleme im Zusammenhang mit Barrierefreiheit müssen bereitgestellt werden.
- Effektive Kommunikationsmittel zur Unterstützung der Nutzer müssen bereitgestellt werden.
- Die Support-Dienstleistungen müssen benutzerfreundlich und effizient sein.
- Die Schulungsmaterialien müssen klar und verständlich sein.

Entwickler von assistiven Technologien

- Zugang zu aktuellen Webstandards und Entwicklungstools zur Kompatibilität der Produkte muss gewährleistet sein.
- Testumgebungen und Nutzerfeedback zur Evaluierung der Barrierefreiheit der Produkte müssen bereitgestellt werden.
- Partnerschaften mit Webentwicklern und Designern zur Optimierung der Integration der Produkte müssen aufgebaut werden.
- Die assistiven Technologien müssen benutzerfreundlich und effizient sein.
- Dokumentationen und Anleitungen müssen klar und verständlich sein.

Kultur- und Bildungseinrichtungen

- Barrierefreie Webseiten und Buchungssysteme müssen bereitgestellt werden.
- Kommunikationsmittel zur barrierefreien Interaktion mit den Nutzern müssen verfügbar sein.
- Die Benutzeroberfläche der Webseiten muss intuitiv und benutzerfreundlich sein.

- Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.

Journalisten und Blogger

- Barrierefreie Publishing-Tools und Plattformen zur Erstellung und Verbreitung von Inhalten müssen bereitgestellt werden.
- Feedback-Mechanismen zur Überprüfung der Barrierefreiheit der Inhalte müssen implementiert werden.
- Die Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
- Die Benutzeroberfläche der Publishing-Tools muss benutzerfreundlich und effizient sein.

Grafikdesigner und UI/UX-Designer

- Zugang zu Best Practices und Standards für barrierefreies Design muss gewährleistet sein.
- Tools und Ressourcen zur Erstellung barrierefreier Designelemente müssen bereitgestellt werden.
- Schulungsprogramme zur Förderung der Barrierefreiheit im Design müssen angeboten werden.
- Die Designelemente müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
- Die Tools zur Erstellung der Designelemente müssen benutzerfreundlich und effizient sein.

Verlage und Autoren

- Barrierefreie Publishing-Tools und Plattformen zur Erstellung und Verbreitung von digitalen Büchern und Publikationen müssen bereitgestellt werden.
- Feedback-Mechanismen zur Überprüfung der Barrierefreiheit der Publikationen müssen implementiert werden.
- Schulungsprogramme zur Erstellung barrierefreier Inhalte müssen angeboten werden.
- Die Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
- Die Benutzeroberfläche der Publishing-Tools muss benutzerfreundlich und effizient sein.

B.2. Ergänzende Anforderungen

Technologieanbieter

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Die angebotenen Technologien müssen mit den aktuellen Standards und Best Practices der Barrierefreiheit kompatibel sein.
 - Testumgebungen zur Überprüfung der Barrierefreiheit müssen bereitgestellt werden.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Partnerschaften und Netzwerke zur Förderung des Wissensaustauschs und der Zusammenarbeit im Bereich Barrierefreiheit müssen aufgebaut werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Technologien müssen benutzerfreundlich und effizient sein.
 - Dokumentationen und Anleitungen müssen klar und verständlich sein.

Nutzer mit temporären Einschränkungen

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Die Webseite muss alternative Eingabemethoden wie Sprachsteuerung oder Gestensteuerung unterstützen.
 - Die Webseite muss einfache und intuitive Navigationselemente bieten.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Mechanismen zur temporären Anpassung der Webseiten-Nutzung müssen implementiert werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Inhalte müssen klar und leicht verständlich sein.
 - Die Benutzeroberfläche muss intuitiv und benutzerfreundlich sein.

Bildungseinrichtungen

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Digitale Bildungsressourcen und -tools müssen barrierefrei sein.
 - Plattformen zur Verbreitung von Bildungsinhalten müssen zugänglich sein.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Schulungen und Workshops zur Förderung der Barrierefreiheit in der Bildung müssen angeboten werden.
- **Qualitative Anforderungen:**

- Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
- Die Benutzeroberfläche muss intuitiv und benutzerfreundlich sein.

Barrierefreiheits-Experten

- **Funktionale Anforderungen:**

- Zugang zu den neuesten Forschungsergebnissen und Best Practices im Bereich Barrierefreiheit muss gewährleistet sein.
- Tools und Ressourcen zur effektiven Schulung und Beratung müssen bereitgestellt werden.

- **Organisationale Anforderungen:**

- Netzwerke und Partnerschaften zur Förderung des Wissensaustauschs und der Zusammenarbeit müssen aufgebaut werden.

- **Qualitative Anforderungen:**

- Die Schulungsmaterialien müssen klar und verständlich sein.
- Die Werkzeuge zur Beratung müssen benutzerfreundlich und effizient sein.

Eltern und Betreuer

- **Funktionale Anforderungen:**

- Zugang zu benutzerfreundlichen und barrierefreien Webseiten muss gewährleistet sein.
- Anleitungen und Hilfsmaterialien zur Nutzung barrierefreier Technologien müssen bereitgestellt werden.

- **Qualitative Anforderungen:**

- Die Anleitungen und Hilfsmaterialien müssen klar und verständlich sein.
- Die Benutzeroberfläche der Webseiten muss intuitiv und benutzerfreundlich sein.

Open-Source-Community

- **Funktionale Anforderungen:**

- Zugang zu Entwicklungswerkzeugen und Ressourcen zur Erstellung barrierefreier Lösungen muss gewährleistet sein.
- Plattformen zum Austausch von Wissen und Best Practices müssen bereitgestellt werden.

- **Organisationale Anforderungen:**

- Mechanismen zur Förderung der Zusammenarbeit und des Wissensaustauschs müssen implementiert werden.

- **Qualitative Anforderungen:**

- Die Entwicklungswerkzeuge müssen benutzerfreundlich und effizient sein.

- Die Plattformen zum Wissensaustausch müssen leicht zugänglich und intuitiv sein.

Marketingagenturen

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Kenntnisse und Werkzeuge zur Erstellung barrierefreier Inhalte müssen bereitgestellt werden.
 - Feedback-Mechanismen zur Überprüfung der Effektivität der barrierefreien Inhalte müssen implementiert werden.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Schulungsprogramme zur Erstellung barrierefreier Inhalte müssen angeboten werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
 - Die Benutzeroberfläche zur Erstellung der Inhalte muss benutzerfreundlich und effizient sein.

E-Commerce-Plattformen

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Barrierefreie Webdesign-Tools und -Technologien müssen bereitgestellt werden.
 - Mechanismen zur Sicherstellung barrierefreier Zahlungs- und Checkout-Prozesse müssen implementiert werden.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Schulungsprogramme zur Erstellung und Verwaltung barrierefreier Webseiten müssen angeboten werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Benutzeroberfläche der E-Commerce-Webseiten muss benutzerfreundlich und zugänglich sein.
 - Inhalte und Prozesse müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.

Patienten und medizinische Einrichtungen

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Barrierefreie Gesundheitsportale müssen bereitgestellt werden.
 - Kommunikationsmittel zur barrierefreien Interaktion zwischen Patienten und Betreuern müssen verfügbar sein.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Schulungsprogramme zur Bereitstellung barrierefreier Gesundheitsdienste müssen entwickelt und angeboten werden.
- **Qualitative Anforderungen:**

- Die Benutzeroberfläche der Gesundheitsportale muss intuitiv und benutzerfreundlich sein.
- Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.

IT-Support

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Kenntnisse und Ressourcen zur Lösung technischer Probleme im Zusammenhang mit Barrierefreiheit müssen bereitgestellt werden.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Effektive Kommunikationsmittel zur Unterstützung der Nutzer müssen bereitgestellt werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Support-Dienstleistungen müssen benutzerfreundlich und effizient sein.
 - Die Schulungsmaterialien müssen klar und verständlich sein.

Entwickler von assistiven Technologien

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Zugang zu aktuellen Webstandards und Entwicklungstools zur Kompatibilität der Produkte muss gewährleistet sein.
 - Testumgebungen und Nutzerfeedback zur Evaluierung der Barrierefreiheit der Produkte müssen bereitgestellt werden.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Partnerschaften mit Webentwicklern und Designern zur Optimierung der Integration der Produkte müssen aufgebaut werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die assistiven Technologien müssen benutzerfreundlich und effizient sein.
 - Dokumentationen und Anleitungen müssen klar und verständlich sein.

Kultur- und Bildungseinrichtungen

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Barrierefreie Webseiten und Buchungssysteme müssen bereitgestellt werden.
 - Kommunikationsmittel zur barrierefreien Interaktion mit den Nutzern müssen verfügbar sein.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Benutzeroberfläche der Webseiten muss intuitiv und benutzerfreundlich sein.
 - Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.

Journalisten und Blogger

- **Funktionale Anforderungen:**

- Barrierefreie Publishing-Tools und Plattformen zur Erstellung und Verbreitung von Inhalten müssen bereitgestellt werden.
- Feedback-Mechanismen zur Überprüfung der Barrierefreiheit der Inhalte müssen implementiert werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
 - Die Benutzeroberfläche der Publishing-Tools muss benutzerfreundlich und effizient sein.

Grafikdesigner und UI/UX-Designer

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Zugang zu Best Practices und Standards für barrierefreies Design muss gewährleistet sein.
 - Tools und Ressourcen zur Erstellung barrierefreier Designelemente müssen bereitgestellt werden.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Schulungsprogramme zur Förderung der Barrierefreiheit im Design müssen angeboten werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Designelemente müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
 - Die Tools zur Erstellung der Designelemente müssen benutzerfreundlich und effizient sein.

Verlage und Autoren

- **Funktionale Anforderungen:**
 - Barrierefreie Publishing-Tools und Plattformen zur Erstellung und Verbreitung von digitalen Büchern und Publikationen müssen bereitgestellt werden.
 - Feedback-Mechanismen zur Überprüfung der Barrierefreiheit der Publikationen müssen implementiert werden.
- **Organisationale Anforderungen:**
 - Schulungsprogramme zur Erstellung barrierefreier Inhalte müssen angeboten werden.
- **Qualitative Anforderungen:**
 - Die Inhalte müssen klar strukturiert und leicht verständlich sein.
 - Die Benutzeroberfläche der Publishing-Tools muss benutzerfreundlich und effizient sein.