

Helmut Vieritz

Barrierefreiheit im virtuellen Raum

Benutzungsorientierte und
modellgetriebene Entwicklung
von Weboberflächen

Barrierefreiheit im virtuellen Raum

Helmut Vieritz

Barrierefreiheit im virtuellen Raum

Benutzungszentrierte und
modellgetriebene Entwicklung
von Weboberflächen

Helmut Vieritz
Aachen, Deutschland

Dissertation RWTH Aachen University, 2015

ISBN 978-3-658-10703-1 ISBN 978-3-658-10704-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-10704-8

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Vorwort

Diese Publikation wendet sich Softwarearchitekten, Webentwickler und Projektmanager interaktiver Webanwendungen. Zielstellung dieser Forschungsarbeit ist es, die Anforderungen der barrierefreien Bedienbarkeit im Entwurf einer interaktiven Webanwendung zu integrieren. Die Motivation dafür ergibt sich aus der Beobachtung, dass die Barrierefreiheit einer Webanwendung an Analyse und Entwurf komplexe Anforderungen stellt, die durch die gängigen Empfehlungen nicht beschrieben werden. Vergleichbar zu Wartbarkeit, Zuverlässigkeit oder Skalierbarkeit adressiert sie die gesamte Anwendungsarchitektur und muss durch die Webentwicklung von Beginn an unterstützt werden. Fehlt das notwendige Expertenwissen in den Frühphasen des Webprojekts, besteht ein hohes Risiko, dass bereits der Entwurf fehlerbehaftet ist.

Diese Publikation schlägt die Brücke zwischen den Anforderungen des Benutzers und des Softwarearchitekten bzw. Entwicklers. Mit Hilfe des modellgetriebenen Entwurfs wird der Zusammenhang zwischen den Anforderungen der Barrierefreiheit gemäß gängiger Empfehlungen einerseits sowie den wesentlichen Aspekten der Interaktion mit Weboberflächen andererseits dargestellt. Die barrierefreie Bedienung wird als integraler Aspekt des Entwurfs mit modernen Softwarewerkzeugen dargestellt. Modellgetriebener Entwurf und interaktive Softwarearchitektur bilden sich gegenseitig ergänzende Aspekte des Softwareprozesses.

Entstehen und Gelingen dieser Arbeit verdanke ich dem Austausch mit Anderen. Ich danke Frau Prof. Dr. phil. Martina Fromhold-Eisebith für die Unterstützung. Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. rer. nat. Sabina Jeschke, die mir die Arbeit an dieser Thematik über Jahre hinweg ermöglicht hat. Ich danke meiner Familie, Kollegen und Kolleginnen, Freundinnen und Freunden für die Begleitung und Unterstützung. Ihnen ist diese Arbeit gewidmet.

Abstract

Since the 1990s, accessibility of Web applications plays an important role in the development of technology. Meanwhile, a Web application requires a complex software development process with analysis, specification and design activities. Successful implementation of accessible user interfaces is based on their integration into early analysis and design activities. Since current accessibility guidelines address only runtime behavior, additional efforts are required to transform and integrate the requirements into analysis and design of Web applications.

This research work investigates the requirements of accessibility for the user as well as the requirements of Web application design. A software process model for Web applications is defined that helps software architects and developers to meet the requirements of accessibility during analysis and design activities. The approach combines usage-centered design with model-driven development to bridge the gap between user and developer. The investigation starts with the analysis of accessible human-computer interaction and the state of the art in development of accessible Web applications. User's tasks and workflow are taken as a starting point for user interface (UI) design based on the universal design paradigm. Current guidelines for accessible user interface behavior are refined for modeling. The relationship between software architecture and accessibility is examined to include complementary aspects of the software development process. The resulting software development process integrates the requirements of accessible interaction in early development activities.

After investigating the Human-computer interaction (HCI) and software architecture for accessibility, a model-driven design approach for Web-based UI design is presented which overlaps the essential models in HCI including the task, dialog and presentation model. The Unified Modeling Language (UML) is used as a meta model and for notation. An additional chapter examines alternative access to UML diagrams. Pre-implementation accessibility evaluation is investigated based on rapid prototyping and model-driven tests. As a case study, the concept is used and tested for an accessible Web interface in data and information integration. The combination of usage-centered and model-driven design supports user's needs for accessible interaction as well as the integration into modern Web application development. To follow commons conditions of recent Web development, standard UI software architecture and a reference framework for model-driven UI design are used. Finally, the research work is completed with the transfer of the process model to other domains of application with focus on multiplatform-development.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Vorbemerkung	1
1.2	Problemstellung und Ziele der Forschungsarbeit	1
1.3	Aufbau der Forschungsarbeit	6
2	Definition der zentralen Begriffe	9
2.1	Barrierefreiheit	9
2.2	Benutzungsschnittstelle und Weboberfläche	10
2.3	Webanwendung	12
2.4	Benutzungszentriertes Design	13
2.5	Modellgetriebene Entwicklung von Benutzungsschnittstellen	13
3	Darstellung und Eingrenzung des Forschungsgegenstands	15
3.1	Überblick	15
3.2	Soziale Inklusion und Barrieren	16
3.2.1	Soziale Inklusion	16
3.2.2	Typen von Barrieren	20
3.3	Design für die Inklusion	21
3.3.1	Designparadigmen für barrierefreie Informationstechnologie	21
3.3.2	Bewertung der Ansätze	22
3.3.3	Universal Design und barrierefreie Webinhalte	24
3.4	Benutzer- und benutzungszentriertes Design	28
3.5	Konzept der Forschungsarbeit	30
3.6	Zusammenfassung	31

4	Stand der Forschung und Technik.....	33
4.1	Überblick	33
4.2	Barrierefreie Interaktion mit Weboberflächen.....	34
4.2.1	Interaktive Webanwendungen mit den WAI-ARIA	35
4.2.2	Barrierefreiheit in HTML5	36
4.3	Modellierung von Bedienabläufen.....	38
4.3.1	Domänenspezifische Aktionstypen für GUIs	41
4.4	Softwarearchitektur interaktiver Weboberflächen.....	42
4.4.1	Quasar-Standardarchitektur für Bedienoberflächen	44
4.4.2	Erweiterung für Weboberflächen	47
4.4.3	Entwurfsmuster für GUI-Engines und Web-GUI-Engines.....	50
4.5	Modellgetriebene Entwicklung interaktiver Weboberflächen	53
4.5.1	Vorteile der modellgetriebenen Entwicklung	53
4.5.2	Modellgetriebene Entwicklung von Benutzungsschnittstellen.....	55
4.5.3	CAMELEON-Referenzframework.....	56
4.5.4	Model-driven Web Engineering	59
4.6	Integration der Barrierefreiheit in MBUID und MDWE	62
4.6.1	Konzepte des Engineerings barrierefreier Weboberflächen	62
4.6.2	Vergleich und Analyse der Konzepte.....	67
4.7	Zusammenfassung	69
5	Anforderungen des Entwurfs barrierefreier Weboberflächen.....	71
5.1	Überblick	71
5.2	Anforderungsanalyse	72
5.2.1	Benutzungs- und Entwicklungssicht	72
5.2.2	Strukturierung der Anforderung <i>Barrierefreiheit</i>	75
5.2.3	Wertschöpfungskette der barrierefreien Bedienung.....	78
5.2.4	Entwicklungsprozess einer barrierefreien Weboberfläche	82
5.3	Strukturierung der Anforderungen.....	91
5.4	Spezifikation der Anforderungen.....	93
5.4.1	Funktionale Anforderungen	93
5.4.2	Qualitative Anforderungen.....	94
5.5	Zusammenfassung	95

6 Modellierung barrierefreier Weboberflächen	97
6.1 Überblick	97
6.2 Benutzungszentrierter und modellgetriebener Entwurf	98
6.2.1 Interaktion als Austausch von Information	98
6.2.2 Barrierefreiheit und Softwarearchitektur	100
6.3 Die essenziellen Modelle barrierefreier Weboberflächen.....	101
6.3.1 Das Bedienmodell	101
6.3.2 Das Dialogmodell.....	106
6.3.3 Das Präsentationsmodell	116
6.3.4 Zusammenfassung der Modellierungsebenen	122
6.4 Evaluation der Modelle auf Barrierefreiheit	123
6.4.1 Modellbasiertes Testen der Barrierefreiheit	123
6.5 Barrierefreie Modellierung in UML	125
6.6 Zusammenfassung	130
7 Fallstudie: Entwurf eines Integrationssystems	131
7.1 Überblick	131
7.2 Spezifikation, Entwurf und Implementation der Weboberfläche	132
7.2.1 Spezifikation der Webanwendung.....	132
7.2.2 Die essenziellen Anwendungsfälle.....	134
7.2.3 Rapid Prototyping der Weboberfläche	139
7.2.4 Entwurf und Modellierung der Weboberfläche.....	141
7.2.5 Softwarearchitektur der Weboberfläche	150
7.2.6 Implementation des Prototypen.....	151
7.3 Evaluation des barrierefreien Entwurfs	153
7.3.1 Abdeckungsanalyse der UI-Modellierung.....	154
7.3.2 Testfallmuster für die barrierefreie Bedienung	155
7.3.3 Auswertung der Fallstudie.....	157
7.4 Validierung des Entwurfs	157
7.4.1 Funktionale Anforderungen	158
7.4.2 Qualitative Anforderungen.....	159
7.5 Zusammenfassung	160

8 Übertragbarkeit und Ausblick	161
8.1 Überblick	161
8.2 Einordnung in das INAMOSYS-Projekt	161
8.3 Multiplattformentwicklung mit dem CRF	164
8.4 Ausblick.....	167
9 Zusammenfassung	169
10 Anhang.....	171
10.1 Barrierefreiheit, Integration und Inklusion	171
10.1.1 Inklusion statt Integration.....	172
10.2 Wertschöpfungskette der barrierefreien Bedienbarkeit	174
10.2.1 Assistive Technologien	174
10.2.2 Alternative Schnittstellen in Betriebssystemen	175
10.2.3 Barrierefreie Benutzeragenten.....	177
10.2.4 Autorenwerkzeuge für barrierefreie Webinhalte	179
10.3 Entwicklung barrierefreier Webanwendungen	182
10.3.1 Entwicklungsframeworks für Webanwendungen.....	182
10.3.2 Evaluation der Barrierefreiheit	186
11 Literaturverzeichnis	189

Abkürzungen

AIO	Abstract Interaction Object
AT	Assistive Technologie
ATAG.....	Authoring Tool Accessibility Guidelines
AUI	Abstract User Interface
BITV	Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung
CIO.....	Concrete Interaction Object
CRF	Cameleon-Referenzframework
CSS	Cascading Style Sheet
CTT	ConcurTaskTree
CUI.....	Concrete User Interface
DOM	Document Object Model
ER	Entity-Relationship-Modell
FUI	Final User Interface
GUI	Graphical User Interface
GWT	Google Web Toolkit
HCI.....	Human-Computer-Interaction
HTA	Hierarchical Task Analysis
HTML	Hypertext Markup Language
HUTN.....	Human-Usable Textual Notation
ICIDH.....	International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health
IKT.....	Informations- und Kommunikationstechnik
INAMOSYS.....	Integrated Accessibility Models for Web and Automation Systems
JSF.....	Java Server Faces
MDE.....	Model-Driven Engineering
MDWE.....	Model-Driven Web Engineering
MFC	Microsoft Foundation Classes
MOF	Meta Object Facility
MSAA.....	Microsoft Active Accessibility
MVC	Model-View-Control
MVP	Model-View-Presenter

MVVM.....	Model-View-ViewModel
MBUID	Model-Based User Interface Development
OCL.....	Object Constraint Language
OMT.....	Object-Modeling Technique
OWL	Web Ontology Language
PDF	Portable Document Format
REST.....	Representational State Transfer
RIA.....	Rich Internet Application
RUP.....	Rational Unified Process
SMIL	Synchronized Multimedia Integration Language
STN.....	State Transition Network
SVG.....	Scalable Vector Graphics
UAAG	User Agent Accessibility Guidelines
UI	User Interface
UIA	User Interface Automation
UID	User Interaction Diagram
UIML	User Interface Markup Language
UML.....	Unified Modeling Language
URL.....	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WAI-ARIA.....	Web Initiative Accessible Rich Internet Applications
WHO	World Health Organization
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines
WPF	Windows Presentation Foundation
XAML.....	Extensible Application Markup Language
XMI.....	XML Metadata Interchange
XML.....	eXtensible Markup Language
XUL	XML User Interface Language

Abbildungsverzeichnis

1-1: Vorteile webbasierter Angebote	2
1-2: Primärer Entwicklungsprozess einer Webanwendung	5
1-3: Aufbau der Forschungsarbeit und methodisches Vorgehen	7
2-1: Prinzipien der WCAG 2.0	10
2-2: Entwicklungstendenz der Kostenanteile in der Produktgestaltung	11
3-1: Einordnung des eigenen Ansatzes	15
3-2: Subsysteme des menschlichen Organismus in der HCI	17
3-3: Begriffskonzept der ICF	18
3-4: Richtlinien-Chronologie für die Barrierefreiheit der IKT-Technologie	26
3-5: Empfehlungen des W3C zur Barrierefreiheit	28
3-6: Benutzer- und benutzungszentrierter Entwurf	30
3-7: Konzept der Forschungsarbeit	31
4-1: Struktur der Darstellung des Stands der Forschung und Technik	33
4-2: 3-Schichten-Architektur	43
4-3: Standardarchitektur einer lokalen Bedienoberfläche	44
4-4: Softwarearchitektur klassischer und interaktiver Weboberflächen	48
4-5: Architektur der Quasar Web-GUI-Engine	49
4-6: MVC-Muster	50
4-7: MVP-Muster	51
4-8: MVVM-Muster	52
4-9: Chronologie des MBUID	55
4-10: CAMELEON-Referenzframework	57
4-11: Konzepte auf der Basis des CRF	59
4-12: AWA-Ansatz in der Webentwicklung	64
4-13: INAMOSYS-Konzept des Entwurfs von Benutzungsschnittstellen	65
4-14: Aspekt-orientierter Ansatz nach Martin	66
5-1: Anforderungserhebung für den Entwurf barrierefreier Weboberflächen ...	71
5-2: Interakteure einer Webanwendung zur Lauf- und Entwicklungszeit	73
5-3: Benutzung und modellgetriebene Entwicklung einer Webanwendung	74
5-4: Erhebung der Anforderungen der Barrierefreiheit	77
5-5: Wertschöpfungskette der barrierefreien Interaktion mit Webinhalten	78
5-6: Wertschöpfungskette einer barrierefreien Webanwendung	81
5-7: Softwareentwicklungsprozess für barrierefreie Webanwendungen	82

5-8: Persona, Szenario und Anwendungsfall.....	83
6-1: Struktur des Kapitels.....	97
6-2: Perspektiven der Weboberfläche	98
6-3: Essenzielle Modelle der HCI	99
6-4: Modellgetriebener Entwurf und QWCA.....	101
6-5: Task-Hierarchie	102
6-6: Ebenen im Bedienmodell.....	104
6-7: Vorgehen der Bedienmodellierung.....	105
6-8: Elemente eines Dialogmodells.....	106
6-9: Struktur einer Interaktion.....	107
6-10: Ablauf einer Interaktion.....	108
6-11: Einfacher synchroner Dialog	111
6-12: Dialog-Mockup.....	112
6-13: Ebenen im Bedien- und Dialogmodell.....	112
6-14: Vorgehen der Dialogmodellierung	114
6-15: Barrierefördernde und -freie Zuordnung von Aktivitäten zu Modes	115
6-16: Zuordnung von Modes und Submodes	115
6-17: Elemente des Präsentationsmodells einer Weboberfläche	117
6-18: Ebenen im Dialog- und Präsentationsmodell.....	118
6-19: Vorgehen der Präsentationsmodellierung.....	119
6-20: Notation der Präsentationstemplates.....	121
6-21: Zusammenfassung der Ebenen in den Modellen	122
6-22: Aktivitätsdiagramm des Bedienmodells einer ergonomischen Suche....	128
7-1: Einordnung und Struktur der Fallstudie.....	131
7-2: Anwendungsfälle eines Integrationssystems der virtuellen Produktion... 133	
7-3: Benutzeraktivitäten für das Hochladen einer Datei	135
7-4: Benutzeraktivitäten für das Starten einer Integration.....	136
7-5: Benutzeraktivitäten für den Download einer Datei.....	137
7-6: Modes und Navigation der Weboberfläche	138
7-7: Benutzeraktionen im Mode <i>Home</i>	141
7-8: Verhalten der Weboberfläche im Mode <i>Home</i>	142
7-9: Benutzeraktionen im Mode <i>Übersicht</i>	143
7-10: Verhalten der Weboberfläche im Mode <i>Übersicht</i>	144
7-11: Benutzeraktionen im Mode <i>Integration</i>	145
7-12: Verhalten der Weboberfläche im Mode <i>Integration</i>	146

7-13: Prinzipielles Vorgehen in der Bedien- und Dialogmodellierung	147
7-14: Sitemap des Integrationssystems	147
7-15: Navigation des Integrationssystems.....	148
7-16: Komposition der Ansicht <i>Home</i>	149
7-17: Komposition der Ansicht <i>Übersicht</i>	149
7-18: Komposition der Ansicht <i>Integration</i>	150
7-19: Architektur der Web-GUI-Engine des Integrationssystems.....	151
7-20: Formularbasierte Benutzereingabe	152
7-21: Tabellenbasierte Ausgabe	153
8-1: Systemarchitektur für Webanwendungen und automatisierte Systeme ...	162
8-2: Adaption der INAMOSYS-Architektur	163
8-3: Präsentationsmodelle in der Multiplattformentwicklung.....	165
8-4: Multipfadentwicklung webbasierter und lokaler Oberflächen.....	166
10-1: Wertschöpfungskette der barrierefreien Bedienung zur Laufzeit	174
10-2: Komponenten der Interaktion mit AT und webbasierter Anwendung ...	175
10-3: Architektur der MSAA und UIA ab Windows XP	176
10-4: Prozesskette des Content-Managements nach FIAO	180
10-5: Prozess der barrierefreien Webentwicklung	182

Tabellenverzeichnis

3-1: Überblick der ICF-Klassifikation	19
3-2: Übersicht der Konzepte zu Inklusion und Barrierefreiheit	23
3-3: Aspekte einer inkludierenden Produktgestaltung.....	24
3-4: Prinzipien des Universal Design	25
3-5: Struktur der WCAG 2.0	27
3-6: Vergleich zwischen benutzer- und benutzungszentriertem Design	29
4-1: Vor- und Nachteile der WAI-ARIA.....	36
4-2: Vergleich der Barrierefreiheit in HTML 4.01 und 5	37
4-3: Übersicht zu Ansätzen der Aufgabenmodellierung	39
4-4: Task-Operatoren	40
4-5: Kanonische Benutzeraktionen für GUIs	41
4-6: Kanonische abstrakte UI-Komponenten	42
4-7: Komponenten der QWCA	49
4-8: Vorteile des MDE nach Stahl et al. und Nachteile.....	54
4-9: Begrifflichkeiten des CRF	58
4-10: Vergleich MBUID und MDWE.....	60
4-11: Chronologischer Überblick der Konzepte des MDWE.....	61
4-12: Konzepte für die Integration der Barrierefreiheit im MDWE/MBUID ...	68
5-1: Alternative Ein- und Ausgabeschnittstellen für Betriebssysteme	79
5-2: Barrierefreiheit in den am häufigsten genutzten CMS inkl. Papoo.....	80
5-3: Anforderungen der Barrierefreiheit einer Webanwendung.....	82
5-4: Plattformen zur Implementierung von Webanwendungen und RIAs	87
5-5: Eigenschaften von Webentwicklungsframeworks	88
5-6: Methoden zur Evaluation der Barrierefreiheit	91
5-7: Beiträge der Aktivitäten für die barrierefreie Bedienbarkeit	92
5-8: Prinzipien für den barrierefreien Entwurf gemäß WCAG 2	92
6-1: Eigenschaften modellbasierter Tests der UI-Modelle.....	124
6-2: Alternative Darstellungsmethoden für UML-Diagramme	129
7-1: Funktionale und qualitative Anforderungen an das Integrationssystem ..	134
7-2: Überblick der Anwendungsszenarien des Integrationssystems	137
7-3: Übersicht der Modes in der Weboberfläche	139
7-4: Relevante Kriterien der WCAG 2.0 und ihre Validierbarkeit.....	140
7-5: Übersicht verwendeter Spezifikationen, Framework und Bibliotheken ..	152

7-6: Abdeckung der WCAG-2.0-Kriterien.....	154
7-7: Testfallmuster für das Integrationssystem	156
7-8: Beispiel einer Ergebnismatrix für die Evaluation mit Testfallmustern....	156
8-1: Webanwendungen und Bediensystemen der Produktautomatisierung	162
10-1: Praxis von Integration und Inklusion im Schulsystem.....	173
10-2: Prinzipien der UAAG 2	178
10-3: Prinzipien der ATAG 2	181

1 Einleitung

1.1 Vorbemerkung

Die vorliegende Forschungsarbeit ist eine Fortführung der Arbeiten des INAMOSYS-Projekts (Integrated Accessibility Models for Web and Automation Systems), dessen Forschungsziel die Entwicklung eines ganzheitlichen Konzepts für die barrierefreie Bedienung von Webanwendungen und Systemen der Produktautomatisierung war (vgl. Vieritz et al. 2011a; Vieritz et al. 2011b; Yazdi et al. 2011). In beiden Domänen ergeben sich aus unterschiedlichen Ursachen heraus vergleichbare Bedienbarrieren. Dies können erstens individuelle Anforderungen sein, wie sie sich bei motorischen, sensorischen oder kognitiven Einschränkungen des Benutzers ergeben. Zweitens beeinträchtigen Störungen durch Umgebungseinflüsse wie z. B. Lärm oder helles Sonnenlicht die Bedienung und drittens limitiert Bedientechnologie wie z. B. kleine Bildschirme oder einfache LCD-Displays die Interaktionsmöglichkeiten. Das INAMOSYS-Konzept wird eingehender in Abschnitt 4.6 erläutert. Die generischen Konzepte des INAMOSYS-Projekts werden in dieser Forschungsarbeit in Bezug auf barrierefreie Weboberflächen weiterentwickelt. Schwerpunkt ist die Integration individueller Anforderungen der Barrierefreiheit in den Entwurf von Webanwendungen. In Abschnitt 8.2 wird der Zusammenhang zwischen der vorliegenden Forschungsarbeit und dem INAMOSYS-Konzept dargestellt.

1.2 Problemstellung und Ziele der Forschungsarbeit

Für Menschen mit sensorischen, motorischen oder kognitiven Einschränkungen bietet das Internet vielfältige neue Möglichkeiten der Teilnahme am sozialen Leben. Webbasierte digitale Angebote der Informations- und Kommunikationstechnologie bieten gegenüber klassischen Medien zahlreiche Vorteile für Benutzer mit Behinderung (vgl. Abbildung 1-1).

„For me being online is everything. It’s my hi-fi, my source of income, my supermarket, my telephone. It’s my way in.“ (blind User, Harper & Yesilada 2008: 1)

Die Nutzung des Internets ist für Menschen mit Behinderung selbstverständlich und bietet im Alltag große Erleichterungen – bspw. für Rollstuhlfahrer auf der Suche nach Fahrplanauskünften. Gemäß einer Untersuchung der Stiftung Aktion Mensch sowie ARD und ZDF aus den Jahren 2007/08 nutzen Menschen mit Behinderung das Internet überdurchschnittlich oft und selbständig: Im Mittel an 6,5 Tagen pro Woche im Vergleich zu 5,1 Tagen pro Woche unter allen Benutzern (Cornelssen & Schmitz 2008).

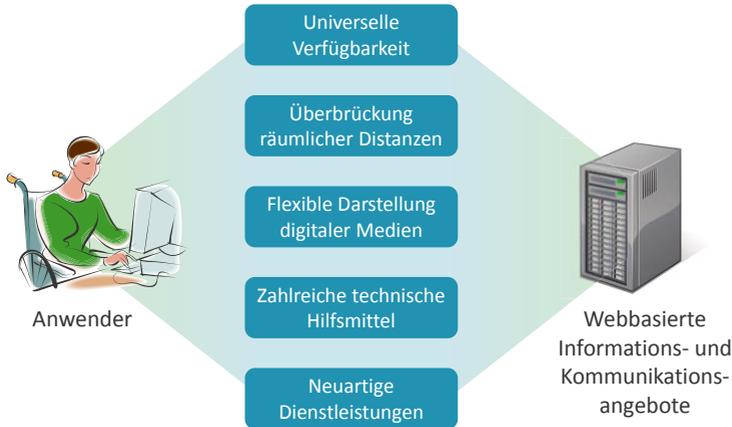


Abbildung 1-1: Vorteile webbasierter Angebote

Das Potenzial computerbasierter Technologie zeigte sich bereits in 1970er und 80er Jahren, als Systeme mit text-basierter Darstellung der Information und mit eingeschränkten Zeichensätzen wie z. B. ASCII verbreitet waren. Das erste digitale Braillegerät *Braillex* wurde 1975 vorgestellt (Boldt 1982: 70) und Chat-Anwendungen waren (und sind) für Gehörlose eine zugängliche Alternative zum Telefon. Seit Beginn der 1990er Jahren bieten grafische Bedienoberflächen für die barrierefreie Bedienung neue Möglichkeiten der multimedialen und -modalen Informationsvermittlung, die die Bedienung vereinfachen und neuartige Anwendungen ermöglichen (Boyd 1990: 496–502). Es zeigte sich jedoch, dass eine bessere Barrierefreiheit kein Selbstläufer der technologischen Entwicklung ist (Karshmer et al. 1994: 17; Kochanek 1994: 90; Edwards, Mynatt & Stockton 1994: 47). Screenreadern stand bspw. nicht mehr die textbasierte Information der Kommandozeile zur Verfügung und sie mussten stattdessen Text und Information im Grafikspeicher „erraten“. Ab 1997 war mit der *Microsoft Active Accessibility* (MSAA, MSDN 2001) eine erste alternative Schnittstelle für den Zugriff auf den Windows 95-Desktop verfügbar, die *Assistive Technologien* (AT) wie bspw. Screenreader unterstützte.

Ein ähnliches Bild bot die rasche Entfaltung des World Wide Web, das in den 1990er Jahren durch Vernetzung von Hypermedien auf der Basis der *Hypertext Markup Language* (HTML, W3C 1999a) als Auszeichnungssprache entstand. Auch hier wurden die Vorteile und der Bedarf aus Sicht der barrierefreien Bedienbarkeit erkannt:

„The power of the Web is in its universality. Access by everyone regardless of disability is an essential aspect.“ (Tim Berners-Lee, W3C 1997)

In der Praxis dagegen verschloss sich das Web zunehmend Anwendern mit AT und die Notwendigkeit einer expliziten Diskussion der neuen Herausforderungen (Laux et al. 1996: 94–101) sowie politischer Maßnahmen wurde offensichtlich. Die davon betroffene Benutzergruppe ist nicht marginal, nimmt zu und neben Menschen mit Behinderungen ist die Situation für ältere Anwender in vieler Hinsicht ähnlich (Kurniawan 2008: 48–54). Das dreifache Altern der bundesdeutschen Gesellschaft – die absolute und relative Zunahme älterer Menschen über 60 Jahre sowie die absolute Zunahme sehr alter Menschen über 80 Jahre¹ – verstärkt weiterhin den Bedarf an Webangeboten, die die Anforderungen dieser Benutzergruppe unterstützen. Obwohl die aus motorischen, sensorischen oder kognitiven Einschränkungen resultierenden Bedürfnisse stets individuell spezifisch und sehr unterschiedlich sind, wurde das Potenzial allgemeiner Richtlinien für barrierefreie Informations- und Kommunikationstechnologien gesehen (Cooper & Senge 1994: 164). Im Jahre 1998 reagierte die US-Administration mit der Ergänzung Section 508 (United States Access Board 1998) des Rehabilitation Act von 1973, die für Informations- und Kommunikationstechnologien verbindliche Vorgaben zur Unterstützung der barrierefreien Bedienung setzte. Ein Jahr später publizierte das *World Wide Web Consortium* (W3C) seine ersten Empfehlungen für barrierefreie Webinhalte – die *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG, W3C 1999b). Die WCAG sind seitdem international führend in Wahrnehmung und Akzeptanz und dienten u.a. 2002 als Vorlage der *Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung* (BITV, BMAS 2002) der Bundesregierung. Die BITV gibt mit einer Übergangsfrist bis 2005 verbindliche Vorgaben für die barrierefreie Gestaltung von Internet- bzw. Intranet-Angeboten der Bundesbehörden. Eine Überarbeitung der WCAG erfolgte bis 2008 (W3C 2008b) und die zweite Fassung der BITV wurde 2011 verabschiedet (BMAS 2011). Inzwischen wurde die BITV in verschiedene Verordnungen auf Landesebene übernommen. Damit stehen seit einiger Zeit auf nationaler wie internationaler Ebene ausgereifte Richtlinien und Kriterien für die barrierefreie Bedienbarkeit von Webangeboten zur Verfügung. Dennoch stellen Richards et.al fest, dass sich die Barrierefreiheit in der letzten Dekade im angelsächsischen Raum nur wenig verbessert hat (Richards, Montague & Hanson 2012: 79)². Einige Verbesserungen sind:

1 Gemäß Klein-Luyten et al. (Klein-Luyten et al. 2009: 7) leben Ende 2005 6,765 Mill. (8%) schwerbehinderte Menschen in Deutschland. Über die Hälfte sind 65 Jahre alt oder älter. Der Anteil der 55-65-jährigen beträgt 21%. Der absolute und relative Anteil der über 60-jährigen an der bundesdeutschen Bevölkerung nimmt zu und wird im Jahr 2030 etwa 26 Millionen absolut bzw. 33% relativ betragen. Im Jahr 2030 werden etwa 4,3 Millionen Menschen 80 Jahre und mehr alt sein.

2 Diverse nationale Einzelstudien (Thompson et al. 2007) sowie systematische internationale Vergleiche der Barrierefreiheit u.a. durch die Vereinten Nationen (Nomensa 2006), die Washington University (Thompson et al. 2007) und das Zero Project (z.B. Fembek et al. 2014) belegen allgemeine erhebliche Defizite der Barrierefreiheit in Webangeboten.

- Alternativer Text für Bilder deutlich besser
- Überschriften strukturieren deutlich besser den Inhalt
- Beachtung der Problemstellung nimmt zu, mehr Seiten mit Hinweisen zur Barrierefreiheit, öffentliche Seiten häufiger als Top-Ranked-Angebote

Weiterhin verbreitet sind Fehler in der Deklaration von Dekorationsbildern. Dagegen war die Auszeichnung von Webseitentiteln schon immer gut. Die Verbesserungen sind teilweise als Seiteneffekte zu verstehen. Beispielsweise reduziert die Verwendung von Cascading Style Sheets (CSS) Barrieren – u.a. nimmt der Einsatz von Layout-Tabellen ab. Ebenso tragen die Bemühungen um ein besseres Page Ranking, eine verbesserte Strukturierung und Navigation sowie Cross-Devices Inhalte häufig als Nebeneffekt zu einer besseren Zugänglichkeit der Inhalte bei. Barrierefreiheit ergibt sich demzufolge nicht allein durch Empfehlungen und Richtlinien und muss bei der Gestaltung der Inhalte besonders berücksichtigt werden, um die in Abbildung 1-1 genannten Vorteile zu realisieren.

Seit den 1990er Jahren haben webbasierte Anwendungen erheblich an funktionaler und technischer Komplexität gewonnen. Besucherstarke Webseiten sind heutzutage Applikationen mit umfangreicher Interaktion und leistungsfähigen Serverplattformen. Dazu zählen u.a. Suchmaschinen, Medienplattformen und Plattformen des Social Web. Diversität und Konkurrenz der Webtechnologien sind für einzelne Programmierer nicht mehr beherrschbar und erfordern arbeitsteilige Teams. Zusätzliche Aktivitäten der Analyse und des Entwurfs leistungsfähiger Anwendungen gestalten den Webentwicklungsprozess komplexer – vergleichbar zur Softwarekrise der 1960er Jahre (Ludewig & Lichter 2007: 46). Dies trifft besonders auf allgemeine Anforderungen zu, die viele Funktionalitäten der Anwendung gleichermaßen adressieren. Sie stellen wichtige Vorgaben für die Architektur und Spezifikation der Anwendung dar und müssen frühzeitig im Entwicklungsprozess integriert werden. Dazu zählen neben Aspekten wie Zuverlässigkeit, Wartbarkeit oder Skalierbarkeit auch die Benutzbarkeit sowie die Barrierefreiheit einer Anwendung. Wird darauf verzichtet, dann besteht das Risiko eines fehlerhaften Entwurfs verbunden mit einer späten Identifizierung der Fehler. Die Konsequenz ist eine ressourcenaufwändige Korrektur. Der Entwurf von Webanwendungen muss deshalb auch die Interaktion mit dem Anwender und die Barrierefreiheit im Blick haben. Umfang und Komplexität erfordern übergreifende Konzepte bzw. Designprinzipien, die zwischen den konkreten Vorgaben des Verhaltens von Weboberflächen und Aufbau sowie Struktur der Anwendung vermitteln.

Empfehlungen wie die WCAG (W3C 2008b) beschreiben die barrierefreie Bedienbarkeit aus Anwendersicht bzw. zur Laufzeit und bieten keine Unterstützung für die Integration in den Anwendungsentwurf. Die Frage nach den entsprechenden Anforderungen in den Frühphasen des Webdesigns wird allgemein durch die derzeit verfügbaren Empfehlungen und Richtlinien nicht beantwortet

(vgl. Hoffman, Grivel & Battle 2005: 468) und es besteht ein Bedarf an „Übersetzung“ der Anwendersicht in die Entwicklersicht (vgl. Abbildung 1-2).

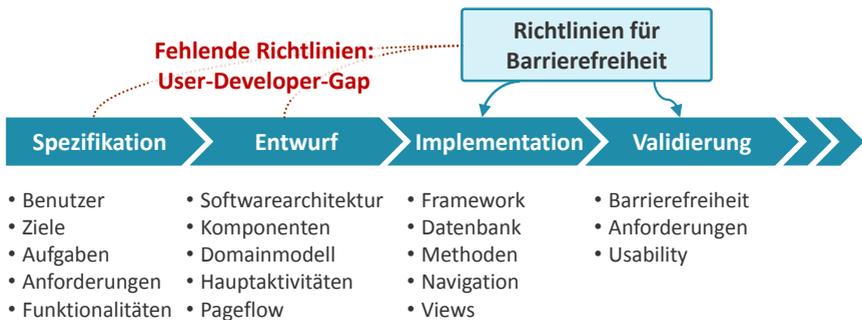


Abbildung 1-2: Primärer Entwicklungsprozess einer Webanwendung (vgl. Sommerville 2010: 28)

Diese Herausforderung bildet den Ausgangspunkt der vorliegenden Forschungsarbeit, deren Schwerpunkt die Integration der Anforderungen einer barrierefreien Bedienbarkeit im Entwicklungsprozess moderner Webanwendungen bildet. Insbesondere bei Anwendungen mit umfangreicher Funktionalität und vielfältiger Interaktion mit dem Anwender wird dadurch der barrierefreie Entwurf unterstützt. Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Entwicklung und Umsetzung eines Softwareentwicklungsprozesses für den Entwurf barrierefrei bedienbarer Webanwendungen. Damit soll dem dargestellten Bedarf von Softwarearchitekten und Webentwicklern Rechnung getragen werden, die Anforderungen der Barrierefreiheit von Webanwendungen bereits frühzeitig im Entwicklungsprozess integrieren zu können.

Die erste Forschungsfrage analysiert die Interaktion zwischen Benutzer und Webanwendung aus Sicht der barrierefreien Bedienung sowie analog dazu den Softwareentwicklungsprozess aus Sicht der Barrierefreiheit als Anforderung. Die Anforderungen an den Entwicklungsprozess werden abgeleitet. Der besondere Fokus liegt auf dem Entwurf der Weboberfläche:

1. Welche Anforderungen stellt die barrierefreie Bedienbarkeit an den Entwurf einer Weboberfläche?

Im Zentrum der zweiten Forschungsfrage steht die Verbindung der Perspektive des Anwenders zur Laufzeit mit der Perspektive des Softwarearchitekten während der Entwicklung auf Basis eines benutzungszentrierten und modellgetriebenen Prozesses für den Entwurf barrierefreier Weboberflächen: