

# Commentarii informaticae didacticae | 13

## Artikel erschienen in:

Jörg Desel, Simone Opel, Juliane Siegeris (Hrsg.)

### Hochschuldidaktik Informatik HDI 2021

9. Fachtagung des GI-Fachbereichs Informatik und Ausbildung/Didaktik der Informatik 15.–16. September 2021 in Dortmund

(Commentarii informaticae didacticae (CID) ; 13)

2023 – 299 S.

ISBN 978-3-86956-548-4

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-56507>

#### Empfohlene Zitation:

Gerhard Weber: Informatik und Barrierefreiheit, In: Hochschuldidaktik Informatik HDI 2021, Jörg Desel, Simone Opel, Juliane Siegeris (Hrsg.), Potsdam, Universitätsverlag Potsdam, 2023, S. 35–50.

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-61387>

Soweit nicht anders gekennzeichnet ist dieses Werk unter einem Creative Commons Lizenzvertrag lizenziert: Namensnennung 4.0. Dies gilt nicht für zitierte Inhalte anderer Autoren:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de>



# Informatik und Barrierefreiheit

Gerhard Weber<sup>1</sup>

**Abstract:** Barrierefreiheit kann durch Methoden der Informatik hergestellt und ausgebaut werden. Dieser eingeladene Beitrag stellt die Anforderungen von Menschen mit den umfangreichsten Benutzererfordernissen an Software vor, die z. B. eigene Schriftsysteme wie Braille und entsprechende taktile Ausgabegeräte verwenden. Assistive Technologien umfassen dabei auch Software verschiedenster Art. Es werden die wichtigsten Kompetenzen dafür vorgestellt. Im Curriculum der Informatik können diese Kompetenzen im Rahmen von speziellen Vorlesungen und Übungen vermittelt werden oder sie werden in die jeweiligen Fachgebiete integriert. Um den Studienbetrieb ebenfalls barrierefrei zu gestalten, sind weitere Anstrengungen notwendig, die Lehrende, Verwaltung und die Hochschulleitung einbeziehen.

**Keywords:** Barrierefreiheit; Informatik; Mensch-Computer-Interaktion

## 1 Einleitung

Lehre und Forschung zur Mensch-Computer-Interaktion fokussiert die Menschen und deren Fähigkeiten, sowie mittels geeigneter Medien unter Berücksichtigung des jeweiligen Kontexts mit Software zu interagieren und mit anderen Menschen zu kommunizieren. Für manche Menschen sind jedoch Tastatur, Maus und Monitor inadäquat. Weder die Industrie noch die Hochschulen konnten Ende der 1980er Lösungen, wenn es darum ging, Kommunikationssysteme von Menschen mit einer sensorischen oder körperlichen Behinderung durch geeignete Algorithmen, Entwicklungsprozesse, Systeme und Produkte vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit zu adressieren [GY08]. Schätzungen zufolge sind Knapp 10 % der Bevölkerung in industriell entwickelten Länder von einer

---

<sup>1</sup> Technische Universität Dresden, Fakultät Informatik, Nöthnitzer Straße 46, 01062 Dresden, gerhard.weber@tu-dresden.de <https://orcid.org/0000-0002-1890-4281>

sensorischen oder körperlichen Behinderung betroffen. Diese Menschen sind für eine zeitgemäße Mensch-Computer-Interaktion einzubeziehen; dabei werden viele grundlegende Themen der Informatikausbildung relevant. Bis heute sind viele Geräte wie TV, Waschmaschine oder Küchengeräte nicht selbständig benutzbar, wenn man das Display nicht oder kaum lesen kann oder die Arme bzw. Hände gelähmt sind.

Bereits 1994 wurde das Grundgesetz in Artikel 3, Absatz 3 um den Satz „Niemand darf wegen seiner Behinderung benachteiligt werden.“ ergänzt und 2008 wurde die internationale UN-Konvention zu den Rechten von Menschen mit Behinderung (UN-BRK) [UN-BRK06] auch durch den Bundestag ratifiziert [Un08]. Darin ist u. a. in Artikel 24 der gemeinsame Schul- und Hochschulbesuch als Menschenrecht formuliert. Die Hochschulrektorenkonferenz hat entsprechend reagiert und 2009 eine „Hochschule für Alle“ [HRK09] gefordert.

In den Erziehungswissenschaften wurden bundesweit an verschiedenen Standorten Studiengänge zur Sonderpädagogik und den Rehabilitationswissenschaften zum Erwerb entsprechender Kompetenzen eingerichtet. In der Informatikausbildung sind dagegen die Studieninhalte bisher kaum angepasst worden. Erfolg hatten vor allem Bestrebungen, das Studium blinden und sehbehinderter Studierenden zu ermöglichen [SW88]. Braille und Sprachsynthese können gleichberechtigt neben der Visualisierung von Lernmaterialien und dem Unterrichtsgespräch eingesetzt werden. Die erworbenen Kompetenzen zum Arbeiten mit wissenschaftlicher Literatur und zur Softwareentwicklung ermöglichen den Absolventen einen Beruf zu ergreifen und Arbeitsplätze auszufüllen. Dennoch sind Arbeitsplätze immer dann gefährdet, wenn neue Arten von Barrieren durch den breiten Einsatz neuer Technologien entstehen.

Dieser eingeladene Beitrag ist ein Plädoyer dafür, in der Informatikausbildung die Inhalte zur Barrierefreiheit weiterzuentwickeln und die Lehre in der Informatik barrierefrei zu gestalten. Nicht zuletzt muss das Studium zum Lehramt in Informatik im Sinne der UN-BRK vermitteln, um einen inklusiven Schulalltag zu ermöglichen.

## **2 Digitale Barrieren**

Digitale Barrieren sind nicht ohne Weiteres zu erkennen, da eine Vielzahl von Kommunikationssystemen und Anforderungen zu berücksichtigen sind. Dozierende kennen kaum sowohl Braille, die Sprache taubblinder Menschen

(Lormen), Symbolsprachen für Menschen mit einer kognitiven Behinderung als auch Gebärdensprache und beherrschen alle diese Zeichensysteme. Die Informatik kann jedoch Werkzeuge zur Transkription bereitstellen. Aktuell gibt es z. B. Ansätze für die Erzeugung von Untertiteln (ausgehend von einer automatisiert erstellten Audiotranskription), zur Synthese von Gebärdensprache, für das Erstellen einfacher Bildbeschreibungen sowie zum Beschreiben von Videos (Audiodeskriptionen).

## 2.1 Barrierefreiheit

Durch die breite Einführung grafischer Benutzeroberflächen, die Text und Grafik integrieren konnten, entstand eine sog. Pixel-Barriere [BBV90]. Sie wurde anfangs für unüberwindbar gehalten, als klar wurde, dass pixel-basierte Displays die existierenden assistiven Technologien nicht mehr unterstützen können, denn Brailledisplays sind einzeilig und nur 40 oder 80 Zeichen lang bei einer horizontalen Auflösung von nur ca. 11 dpi zwischen zwei Braillepunkten eines Zeichens.

Ohne eindeutige Zuordnung zwischen den Zeichen von Schrift und den Pixeln kann zu einer visuellen Darstellung keine zeichenweise Brailledarstellung erfolgen. Die Folgen der Einführung dieses neuen Paradigmas bedeuteten für nicht wenige blinde Mathematiker oder Informatikerinnen den Verlust des Arbeitsplatzes bzw. die Übernahme von völlig anderen, weniger qualifizierten Tätigkeiten.

Programme wie z. B. Screenreader können die Pixel-Barriere abbauen, auch wenn es Einschränkungen in der Darstellbarkeit gibt, da nicht die Pixel, sondern Sprachausgabe oder Brailleanzeigen Verwendung finden [MW94]. Barrierefreiheit ist in diesem Sinne kein Zustand, sondern ein qualitatives Merkmal der Mensch-Computer-Interaktion. Anders als für den Begriff *usability* ist das Ausmaß der Barrierefreiheit implizit relevant, d. h. Barrierefreiheit kann weiterentwickelt werden. Dies greift folgende Definition von Barrierefreiheit auf:

accessibility: extent to which products, systems, services, environments and facilities can be used by people from a population with the widest range of user needs, characteristics and capabilities to achieve identified goals in identified contexts of use

Note 1 to entry: Context of use includes direct use or use supported by assistive technologies. [IS17]

Barrierefreiheit erfordert u. a. die Bereitstellung einer Textalternative zu bildlichen Darstellungen<sup>2</sup>. Braille (s. Abb. 1) ist in diesem Sinne auch eine Barriere für sehende Menschen. Bauer und Goos haben bereits in ihrem Lehrbuch zur Informatik auf die Darstellung von Braillepunkten als Beispiel für einen Binär-code hingewiesen [BG84]. Die taktile Fühlbarkeit der bis zu sechs Braillepunkte eines Braillezeichens, die in einer (2,3)-Matrix angeordnet werden, vergleichen die Autoren elegant mit einem binären sechsstelligen Blockcode. Der Binär-code ordnet jedem Kleinbuchstaben der deutschen Schriftzeichen genau ein Braillezeichen zu. Braille ist jedoch ein umfangreicheres Schriftsystem, das mehr als Kleinbuchstaben umfasst. Textalternativen zu Braille müssen sich auch mit dem syntaktischen Aufbau der Brailleschrift auseinandersetzen, um darüber hinaus Ziffern, Satzzeichen, Klein- und Großbuchstaben zu unterstützen.

## 2.2 Brailleübersetzer

Brailleschriften gibt es für viele Sprachen [Li90]. Für Deutsch und Englisch wird zwischen Vollschrift und Kurzschrift unterschieden. Die oben erwähnte

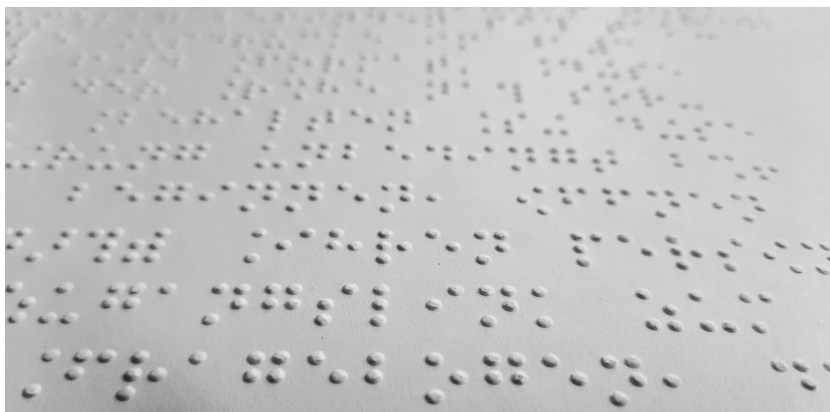


Abb. 1: Mehrzeiliger Ausschnitt aus einer Seite, die mit Braillepunkten geprägt wurde.

---

2 Ausnahmen wie z. B. Schmuckgrafiken siehe Web Content Accessibility Guideline 1.1.1

Eins-zu-eins-Zuordnung von Kleinbuchstaben zu Braillezeichen wird als Basisschrift bezeichnet. Die Basisschrift ist im Buchdruck unüblich, da sie sehr viel Platz benötigt. In Vollschrift werden häufig vorkommende Buchstabenpaare in einem Zeichen dargestellt, z. B. statt e und i das Zeichen  $\langle EI \rangle$ . In Kurzschrift werden dagegen Silben zusammengefasst, um ca. 30 % Platz einzusparen. „Zeit“ wird in Kurzschrift durch ein Zeichen  $\langle Zeit \rangle$  repräsentiert, solange das Wort dieses Morphem enthält, sonst wird auf die Kürzung  $\langle EI \rangle$  zurückgegriffen.

Die Erstellung von Braille ohne geeigneten Algorithmus zur Verarbeitung natürlicher Sprache ist sehr fehleranfällig und benötigt ein aufwändiges Lektorat. Mithilfe eines eleganten Ansatzes erzeugt Slaby [Sl83] eine kontextsensitive Grammatik, die Grundlage von Kurzschriftübersetzungsprogrammen der deutschen Sprache ist. Die Regeln sind von der Form

$$u \rightarrow v[x,y]n$$

wobei die ersten  $n$  Zeichen von  $u$  durch  $v$  ersetzt werden, falls in  $u$  das erste Segment  $x$  und die folgenden Zeichen  $y$  entsprechen. Die Regel mit dem längsten Kontext gilt zuerst.

Folgendes Beispiel nach Slaby zeigt Regeln für die Wörter *POLIZEI*, *PRO-PHEZEIT*, *ZEIT* und auch *POLIZEITRUPP*. Die Braille-Zeichen für  $\langle EI \rangle$  und  $\langle ZEIT \rangle$  können damit korrekt erstellt werden.

$$ZEIT \rightarrow Z\langle EI \rangle [POLI,]3$$

$$ZEIT \rightarrow Z\langle EI \rangle [PHE,]3$$

$$ZEIT \rightarrow \langle ZEIT \rangle [,]4$$

Für grafische Notationen, die in Mathematik, Chemie, Informatik oder Musik üblich sind, gibt es weitere spezielle Brailleschriften, die zeilenweise und linearisiert aufgebaut sind. Im Allgemeinen sind nicht-visuelle Formen grafischer Notationen Gegenstand weiterer Forschung.  $\LaTeX$  ist zwar eine serielle Notation; aus Dokumenten in  $\LaTeX$  kann jedoch durch die Vielzahl von programmierten Erweiterungen z. B. für neu definierte Operatoren nicht automatisiert Braille erstellt werden. Es kann meist nur dann für barrierefreie Dokumente verwendet werden, wenn es informell verwendet wird. Eine informelle Verwendung ist z. B. das Anfertigen einer Klausurbearbeitung durch blinde Studierende, die zur Korrektur von sehenden Prüfern ausgewertet wird, ohne dass das Dokument kompiliert wird. In der schulischen Ausbildung wird auf diese Weise  $\LaTeX$  sehr häufig zur inklusiven Beschulung in Mathematik

und in naturwissenschaftlichen Fächern eingesetzt. In der Forschung zu barrierefreien Dokumenten werden statt  $\text{\LaTeX}$  andere Lösungsansätze wie MathsML für mathematische Terme vorgeschlagen. Browser können so die Visualisierung und gleichzeitig das Vorlesen barrierefrei ermöglichen, wenn der Umfang an mathematischen Termen nicht über den Vorrat von Sprachmitteln in MathsML hinausgeht. Jeder neu definierte Operator sprengt jedoch auch die Darstellung mit XML, da Mathematik eine offene Notation voraussetzt, die es erlaubt, neue Operatoren zu definieren [DJ07].

### 3 Barrieren im Curriculum berücksichtigen

Derartige Beispiele für eine kontextsensitive Grammatik passen ins Curriculum z. B. eines Bachelorstudiengangs, können in einer Übung oder Vorlesung behandelt werden und sensibilisieren die Studierenden für die Erstellung von barrierefreien Texten.

Eine andere Anwendung könnte die Berechnung des besten Weges für Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung sein. Völkel erweitert den bekannten Dijkstra-Algorithmus für Graphen [VW08] und gibt sowohl für Rollstuhlfahrer als auch blinde Menschen relevante Werte für eine Attributierung der Kanten und einen angepassten Algorithmus zur Wegberechnung an.

#### 3.1 Informatik für Alle

Die Forschung zur Barrierefreiheit verwendet Methoden der Informatik und erweitert diese. Entsprechende grundlegende Kenntnisse zur Barrierefreiheit sind insbesondere in der beruflichen Praxis erforderlich, wenn der Gesetzgeber den Kunden dafür Vorgaben macht oder die Auftraggeber Barrierefreiheit von Dokumenten bzw. Anwendungsprogrammen einfordern. Es würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen, die rechtlichen Voraussetzungen darzustellen. Je nach Gesetzgeber sind diese Anforderungen international unterschiedlich streng bzw. verschieden detailliert ausgearbeitet.

Barrierefreiheit adressiert zwar nicht alle Menschen, aber ist ein Grad des Umfangs in dem möglichst viele Menschen digitale Produkte und Systeme der Informationstechnik verwenden können. Folgende Beispiele sollen die



Anforderungen an Wahrnehmbarkeit und Bedienbarkeit zur Implementierung interaktiver Systeme verdeutlichen:

*Beispiel 1:* Sehbehinderte Menschen sind auf Vergrößerung um bis zu einem Faktor von 16 und auf ausreichenden Farbkontrast angewiesen. Die Darstellung erfolgt durch Vergrößerungsprogramme als assistive Technik, deren softwaretechnischer Aufbau hier nicht vertieft wird. Zur Realisierung des Vergrößerungsfaktors 16 bei einer Breite eines Monitors von ca. 30 cm wäre eine Projektion von 4,8m Breite erforderlich. Vergrößerungsprogramme vermeiden dies u. a. durch geeignete Interaktionstechniken. Für die Vermittlung von Verfahren der Computergrafik ist dieses Beispiel für die Motivation von Vektorgrafik anwendbar.

Ausreichender Farbkontrast wird durch die Luminanz von Vorder- und Hintergrundfarbe von Texten beschrieben. Ein Verhältnis von mindestens 4,5:1 im sRGB Farbraum wurde empirisch durch Lesetests mit Senioren als Untergrenze ermittelt [KAS91]. Farbmodelle werden ebenfalls in der Computergrafik benötigt und deren Abbildung auf Gerätemerkmale ist auch in der Medientechnik relevant. Mangelnder Farbkontrast ist die am häufigsten vorkommende Barriere in Webseiten und Dokumenten [WebAIM22] und trotz dieser einfachen Berechnungsgrundlage in kaum einem Textverarbeitungsprogramm überprüfbar.

*Beispiel 2:* Viele Menschen mit einer Hörbehinderung sind auf Untertitel angewiesen, da Hintergrundgeräusche die Verständlichkeit von Sprache herabsetzen. Das Dateiformat WebVTT ist eine Empfehlung des W3C, die von vielen Browsern im Rahmen von HTML5 unterstützt wird. WebVTT ist eine Markup-Sprache für die zeitlich abhängige Darstellung von Text auf Webseiten, die Barrierefreiheit fördert. Dieses Dateiformat ist ein Beispiel für die Synchronisation mehrerer zeitabhängiger und zeitunabhängiger Medien mittels einer Zeitbasis [HBR94] in HTML5 durch das Element  $\langle track \rangle$ . Dafür werden nebenläufige Kontrollflüsse benötigt. Weitere Anwendungsfälle für die Synchronisation von Text und anderen Medien zur Erstellung barrierefreier Inhalte sind:

- Synchronisation von Audiobeschreibungen mit Videos. Audiobeschreibungen erläutern blinden Menschen akustisch visuelle Merkmale während eines Videos.
- Synchronisation von Gebärdensprachfilmen mit Videos bzw. den Äußerungen von Sprechern.
- Synchronisation von Lippenbildern in Animationsfilmen und Audio.

*Beispiel 3:* Menschen, die ihre Hände nicht oder nur sehr eingeschränkt einsetzen können, verwenden spezielle Eingabegeräte [PSS17], z. B. Blaseschalter. Durch Auslösen einer Funktion mittels des betonten Luftstroms der Ausatemluft kann eine virtuelle Tastatur bedient werden, die periodisch alle Optionen nacheinander anwählbar macht (engl. *scanning keyboard*). Je nach Strategie der periodischen Darstellung (z. B. linear, Matrix, Vorhersage) und Anordnung der Tasten kann die Eingabegeschwindigkeit erhöht werden. Zur Bewertung verschiedener Ansätze muss die Texteingabegeschwindigkeit messbar werden. MacKenzie gibt dazu eine Vielzahl von Maßen an, die auch für die Vergleichbarkeit von anderen Texteingabesystemen relevant sind [MS02].

*Beispiel 4:* Nach einem Schlaganfall erleben manche betroffene Menschen eine Reduktion der Sprachkompetenz. Derartige und andere kognitive Einschränkungen erfordern die Reduktion der sprachlichen Komplexität. Die Forschung dazu steht erst am Anfang. Erste Ansätze sind Wörterbücher, die komplexe Begriffe und Sätze zu vereinfachen helfen [BM16]. Letztendlich sind jedoch alle Ebenen der linguistischen Modellierung von Sprache betroffen.

### 3.2 Kompetenzen im Informatikstudium

Barrierefreiheit kann in verschiedenen Fachgebieten mit adressiert werden, wie die Beispiele aus dem vorigen Abschnitt zeigen. Für die Entwicklung von web-basierten Benutzeroberflächen, mobilen Anwendungen oder auch Desktopanwendungen ist jedoch ein umfassendes Verständnis der Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) erforderlich [HP11]. Diese Richtlinien sind nach EN 301549 Stand der Technik für alle genannten interaktiven Anwendungen und auch auf alltägliche Informations- und Kommunikationstechnik (wie z. B. Automaten oder Telefone) anwendbar. Die Norm gilt in ganz Europa und ist seit 2019 für öffentliche Einrichtungen gesetzlich bindend.

Die Richtlinien der WCAG sind in vier Prinzipien gegliedert:

- Wahrnehmbarkeit
- Bedienbarkeit,
- Verständlichkeit, und
- Robustheit.

Die Richtlinien werden durch mehr als 100 technische Beispiele illustriert. Obwohl diese Beispiele sich auf Webanwendungen beziehen, sind sie auf ande-

re interaktive Anwendungen übertragbar, d. h. die Programmierschnittstellen müssen entsprechende Vorkehrungen vorsehen. Beispielsweise sind Bildbeschreibungen auch in vielen Programmierschnittstellen grafischer Benutzeroberflächen, bei Twitter, oder in Textverarbeitungsprogrammen vorgesehen.

Folgende Kompetenzen sind im Rahmen der Hochschullehre relevant. Die Studierenden können:

- Barrieren in interaktiven Anwendungen erkennen und identifizieren die Anforderungen von Menschen insbesondere mit
  - Bewegungsbeeinträchtigung,
  - Hörbeeinträchtigung, Gehörlosigkeit/Sprechbeeinträchtigung,
  - Sehbeeinträchtigung, Blindheit,
  - psychischer Erkrankung,
  - chronisch-somatischer Erkrankung,
  - Teilleistungsstörung,
  - anderer Beeinträchtigung oder schwerer Erkrankung (z. B. Tumorerkrankung, Autismus-Spektrum-Störung), oder
  - Mehrfachbeeinträchtigungen (z. B. taubblind).
- Medien (z. B. inhaltlich strukturierte Texte, linearisierbare Tabellen, Bilder, Videos, Audioaufzeichnungen, Einsatz geeigneter grafischen Notationen) für die Wahrnehmung auch mit anderen Sinnen erweitern und für entsprechende Kommunikationsformen gestalten.
- Vielfältige Interaktionstechniken erstellen, um die Bedienbarkeit zu ermöglichen (z. B. indem neben der Maus auch eine Bedienung per Tastatur vorgesehen wird).
- Die kognitive Komplexität einschätzen und ggf. individuell reduzieren.
- Entwicklungsprozesse für robuste Anwendungen steuern, um assistive Technologien zu unterstützen.
- Relevante Verfahren zur Überprüfung der Barrierefreiheit von Medien und interaktiven Anwendungen auswählen und anwenden.
- Prozesse und Modelle der Inklusion verstehen und anwenden.
- Forschungsmethoden aus dem Bereich der Mensch-Computer-Interaktion an Menschen mit besonderen Bedürfnissen anpassen und erweitern.

Um Barrieren in interaktiven Anwendungen zu erkennen, ist die Kenntnis der Bedürfnisse behinderter Menschen relevant. Grundwissen über den Aufbau von Braille, Gebärdensprache, Leichter Sprache, Symbolsprachen aus dem

Bereich der *Alternative Augmentative Communication* sowie assistive Technologien wie Screenreader mit taktiler Ausgabe (Braillezeilen) oder Sprachsynthese, Vergrößerungsprogramme oder alternative Tastaturkonzepte (Hard- und Software für Blas-, Blinzelerkennung, aber auch Blicksteuerung) sind erforderlich. Eine besondere Kategorie von Anwendungen bilden kollaborative Editoren bzw. Konferenzanwendungen, da neben der Barrierefreiheit auch hohe Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit gestellt werden.

Für die Gestaltung wahrnehmbarer Medien ist die Herstellung geeigneter Inhalte und Inhaltsformen essentiell. Dies bedarf u. U. der Mitwirkung von Sachverständigen für Gebärdensprache. Geeignete Inhaltsformen unterstützen u. a. die Serialisierung von visuellen Darstellungen durch Bildbeschreibungen, Verweise auf andere Inhalte und die Synchronisation von Texten mit anderen Medien. Eine dafür verfügbare, aber noch wenig bekannte Auszeichnungssprache ist ARIA, die in Verbindung mit HTML und z. B. SVG eingesetzt werden muss. Für die Webentwicklung sind Kenntnisse von ARIA unerlässlich geworden [ARIA17].

Zur Entwicklung barrierefreier Anwendungen für mobile Geräte und für Desktop-PCs sind eine Reihe von Toolkits verfügbar. Für gängige Betriebssysteme bzw. grafische Benutzeroberflächen (Android, iOS, Linux, OS/X, Windows) sind diese für assistive Technologien vorbereitet und können z. B. Bildbeschreibungen unterstützen, d. h. es gilt diesen erhöhten Umfang z. B. durch Testfälle abzudecken. Kenntnisse assistiver Technologien wie Screenreader und Vergrößerungsprogramme sind dabei zwar hilfreich, aber es bedarf einer geeigneten Systematik, um deren Vielfältigkeit zu berücksichtigen.

Das Prüfen der Barrierefreiheit erfolgt auf Basis der Richtlinien der WCAG, auf die u. a. die DIN EN 301549 2021-06 sich bezieht. Die WCAG werden seit ihrer ersten Veröffentlichung 1998 kontinuierlich verbessert und fortentwickelt. Einige Eigenschaften der Barrierefreiheit wie ausreichender Farbkontrast oder das Vorhandensein von Bildbeschreibungen können mit entsprechenden Werkzeugen manuell bzw. durch Inspektion des Codes geprüft werden, andere Eigenschaften wie die Korrektheit der Bildbeschreibung können jedoch (bisher) nur durch Menschen kontrolliert werden. Am Beispiel der Bildbeschreibungen wird auch deutlich, dass gerade im Hochschulbereich Fachjargon verwendet und geprüft werden muss. Um eine *website* oder eine mit einem Toolkit erstellte Anwendung zu analysieren und zu bewerten, gibt es ebenfalls eine Reihe von Werkzeugen [WAI20]. Diese sind unterschiedlich mächtig bzw. sind für die einzelnen Richtlinien unterschiedlich geeignet. Verschiedene Metriken erlau-

ben die Aggregation der Prüfergebnisse. Einen Überblick zu existierenden Metriken für Barrierefreiheit geben Vigo und Brajnik [VB11]. Einige Prüfwerkzeuge sind auch für eine kontinuierliche Bewertung der Entwicklung der Barrierefreiheit über längere Zeiträume hinweg geeignet.

Die Integration dieser Themen in das Informatik-Curriculum kann einzelne Schwerpunkte setzen. In meiner Erfahrung wird die Sensibilisierung, Entwicklung von Anwendungen und deren Prüfung mittels Mobiltelefonen von den Studierenden gerne angenommen. Alle genannten Themen lassen sich daran anknüpfen und vertiefen.

## 4 Herausforderungen an die Lehrenden

Barrierefreiheit kann die Diversität der Studierendenschaft fördern und das Ziel verfolgen, attraktive Bedingungen für Studierende, Tutorinnen und Nachwuchswissenschaftler zu bieten. Etwa 11 % der Studierenden haben bundesweit im Durchschnitt eine Behinderung, sind chronisch krank oder psychisch belastet [Po18].

Um die Lehre so zu verändern, dass die Studierenden barrierefreien Zugang zu Online-Immatrikulation, Lernplattformen, Lehrveranstaltungskatalogen, Prüfungsordnungen, Prüfungsverwaltungssystemen, elektronischen Prüfungen oder hybriden Lehrveranstaltungen bekommen sind breite Anstrengungen notwendig. Es kommen sowohl Bottom-up-Prozesse als auch Top-down-Prozesse in Betracht [Hä20], um kontinuierlich alle Beteiligten einzubinden.

Eine Top-down-Vorgehensweise kann durch eine Umsetzungsplanung initiiert werden. Aus Sicht der Lehrenden können folgende Aspekte für eine Bewertung der Barrierefreiheit in Betracht kommen:

- Ankündigung der Lehrveranstaltung,
- Skript der Lehrveranstaltung,
- Übungsaufgaben und deren Bewertung,
- Praktikumsunterlagen,
- Prüfungsvorbereitung,
- Prüfungsinhalte bzw. Protokolle von Prüfungen und
- Einsicht in die Prüfungsunterlagen

Gerade die Coronapandemie hat den Einsatz von Videokonferenzen mit Chat-Funktion und Whiteboard in Lehrveranstaltungen und Prüfungen geför-

dert. Keines der bekannten Whiteboard-Systeme ist derzeit barrierefrei, einige Videokonferenzsysteme können jedoch darauf verweisen; kaum noch Barrieren zu besitzen. Eine aktuelle Tendenz in verschiedenen proprietären Systemen und auch Open-Source-Produkten ist es, dass Audiotranskriptionen automatisiert erstellt werden. Trotz aller Unzulänglichkeiten der Spracherkennung ist dies ein wichtiger Schritt, um hörbehinderten Studierenden barrierefreie Aufzeichnungen anzubieten. Nicht-Muttersprachler profitieren ebenfalls von Untertiteln.

Eine Bottom-up-Vorgehensweise besteht z. B. dann, wenn Lehrende auf ihren Webseiten, den Lernplattformen usw. eine Erklärung abgeben, welche die noch vorhandenen Barrieren eindeutig benennt. Entsprechend den gesetzlichen Vorgaben muss in einer sog. Barrierefreiheitserklärung eine Durchsetzungsstelle angegeben werden, bei der bei Verstoß die Meldung abgegeben werden kann. Die Durchsetzungsstellen prüfen stichprobenartig die öffentlichen Einrichtungen auf Landesebene und berichten dem Bund bzw. dieser der EU-Kommission. Außerdem muss jährlich eine Überprüfung der Barrierefreiheitserklärung erfolgen. Es kann aber auch eine Bearbeitung der Meldung über Barrieren, z. B. in einem Skript, vorab im Rahmen eines Feedback-Mechanismus angeboten werden, der zeitnah für Abhilfe sorgt. Die Lehrenden reagieren damit auf eine Anforderung ihrer Studierenden, und können dementsprechend die bestehenden Barrieren abbauen. Für Prüfungen ist ggf. damit zu rechnen, dass im Wege des Nachteilsausgleichs bereits vorab durch den Prüfungsausschuss festgelegt wird, dass eine barrierefreie digitale Prüfung erforderlich wird. Ggf. betreibt aber die Hochschule schon ein Service-Center, das bei der barrierefreien Gestaltung von Lehrmaterialien behilflich sein kann.

## 5 Ausblick

Kompetenzen zur Barrierefreiheit betreffen Lehrende wie Studierende. Je nach Fachgebiet weisen eine Reihe von Anwendungsbereichen Merkmale und Eigenschaften auf, die weitere, für den jeweiligen Kontext spezifische, aber prinzipielle Barrieren der Software erzeugen können. Derartige Anwendungsgebiete sind:

- Computerspiele,
- VR und AR Anwendungen,

- E-Learning, z. B. Lernplattformen und kollaborativen Techniken (Whiteboard, Videokonferenzen, Forum, Wiki),
- mobile Interaktion, z. B. Navigation und Karten (Outdoor und Indoor), Notfallkonzepte,
- Sport und Sportberichterstattung,
- öffentliche Kunstaussstellungen (Museen), und
- alltägliche IT: eGovernment, Automaten, Smarthome, TV, eHealth, Medizingeräte, Haushaltsgeräte, autonome Fahrzeuge.

Die Forschung zur Barrierefreiheit erfolgt in diesen und anderen Anwendungsgebieten, um durch Barrierefreiheit und Informatik eine bessere Teilhabe an der Informationsgesellschaft zu ermöglichen.

## Literaturverzeichnis

- [ARIA17] World Wide Web Consortium: The World Wide Web Consortium: Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.1, 14. Dez. 2017, URL: <https://www.w3.org/TR/wai-aria/>, Stand: 07. 04. 2022.
- [BBV90] Boyd, L. H.; Boyd, W. L.; Vanderheiden, G. C.: The graphical user interface: Crisis, danger, and opportunity. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 84/10, S. 496–502, 1990.
- [BG84] Bauer, F. L.; Goos, G.: *Informatik: Eine einführende Übersicht Zweiter Teil*. Springer, Berlin und Heidelberg, 1984, ISBN: 9783540131212.
- [BM16] Bredel, U.; Maaß, C.: *Leichte Sprache*. Bibliographisches Institut GmbH, Berlin, 2016.
- [DJ07] De Carvalho, J. W. M.; Jürgensen, H.: Flexible structured mathematics notation. In (Palma dos Reis, A.; Blashki, K.; Xiao, Y., Hrsg.): *MCCSIS 2007: Proceedings of the IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems. Part II: Interfaces and Human Computer Interaction*. IADIS Press, Lissabon, Portugal, S. 211–215, 3.–8. Juli 2007.
- [GY08] Glinert, E. P.; York, B. W.: Computers and People with Disabilities. *ACM Transactions on Accessible Computing*. 1/2, DOI:10.1145/1408760.1408761, S. 1–7, Okt. 2008, ISSN: 1936-7228.

- [Hä20] Hähne, C.; Marquardt, G.; Rudolph, E.; Schmidt, H. J.; Weber, G.; Wegner, G.: Inklusion benötigt verschiedene Prozesse: Aktivitäten und Strategien an der TU Dresden. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* 15/3, S. 363–376, 2020.
- [HBR94] Hardman, L.; Bulterman, D. C. A.; van Rossum, G.: The Amsterdam Hypermedia Model: Adding Time and Context to the Dexter Model. *Communications of the ACM* 37/2, S. 50–62, Feb. 1994, ISSN: 0001-0782.
- [HP11] Hellbusch, J.E.; Probiesch, K.: *Barrierefreiheit verstehen und umsetzen: Webstandards für ein zugängliches und nutzbares Internet*. dpunkt.verlag, Heidelberg, 2011.
- [HRK09] Hochschulrektorenkonferenz: Eine Hochschule für Alle, <https://www.hrk.de/positionen/beschluss/detail/eine-hochschule-fuer-alle/>, letzter Zugriff: 7.4.2022, 2009, Stand: 21. 04. 2009.
- [IS17] ISO Central Secretariat: Standard ISO 9241-112:2017. *Ergonomics of human-system interaction — Part 112: Principles for the presentation of information*, en, Geneva: International Organization for Standardization, 2017.
- [KAS91] Knoblauch, K.; Arditi, A.; Szlyk, J.: Effects of chromatic and luminance contrast on reading. *Journal of the Optical Society of America A* 8/2, S. 428–439, 1991.
- [Li90] Library of Congress, National Library Service for the Blind and Physically Handicapped: *World Braille Usage*. UNESCO, Paris und Washington, D.C., 1990.
- [MS02] MacKenzie, I. S.; Soukoreff, R. W.: Text entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice. *Human-Computer Interaction* 17/2-3, S. 147–198, 2002.
- [MW94] Mynatt, E. D.; Weber, G.: Nonvisual presentation of graphical user interfaces: contrasting two approaches. In: (Adelson, B.; Dumais, S.; Olson, J., Hrsg.): *CHI '94: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in Computing Systems*. DOI: 10.1145/191666.191732, Boston, USA, S. 166–172, 24.–28. Apr. 1994.



- [Po18] Poskowsky, J.; Heißenberg, S.; Zaussinger, S.; Brenner, J.: Poskowsky, Jonas; Heißenberg, Sonja; Zaussinger, Sarah; Brenner, Julia: beeinträchtigt studieren–best2. Datenerhebung zur Situation Studierender mit Behinderung und chronischer Krankheit 2016/17, 2018, URL: [https://www.studentenwerke.de/sites/default/files/beeintraechtigt\\_studieren\\_2016\\_barrierefrei.pdf](https://www.studentenwerke.de/sites/default/files/beeintraechtigt_studieren_2016_barrierefrei.pdf), Stand: 07. 04. 2022.
- [PSS17] Polacek, O.; Sporka, A. J.; Slavik, P.: Text input for motor-impaired people. *Universal Access in the Information Society* 16/1, DOI: 10.1007/s10209-015-0433-0, S. 51–72, 2017.
- [SI83] Slaby, W. A.: The segment translation system: a new formalism for computerised contracted braille translation and phonemisation. In (Croisdale, D. W.; Kamp, H.; Werner, H., Hrsg.): *Computerised Braille Production Today*. DOI: 10.1007/978-3-642-68860-7\_16, Springer, Berlin und Heidelberg, S. 201–215, 1983.
- [SW88] Schweikhardt, W.; Weber, G.: *Das Studium der Informatik an der Universität Stuttgart – auch ein Studium für Blinde und Sehbehinderte. horus – Marburger Beiträge zur Integration Blinder und Sehbehinderter* 50/2, S. 51–55, 1988.
- [UN-BRK06] United Nations: *United Nations: Convention on the Rights of Persons with Disabilities*, 2006, URL: <https://social.desa.un.org/issues/disability/crpd/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities-crpd>, Stand: 12. 03. 2023.
- [Un08] United Nations: *Gesetz zu dem Übereinkommen der Vereinten Nationen vom 13. Dezember 2006 über die Rechte von Menschen mit Behinderungen sowie zu dem Fakultativprotokoll vom 13. Dezember 2006 zum Übereinkommen der Vereinten Nationen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen*, 2008, URL: <http://www.un.org/Depts/german/uebereinkommen/ar61106-dbgbl.pdf>, Stand: 12. 03. 2023.
- [VB11] Vigo, M.; Brajnik, G.: Automatic web accessibility metrics: Where we are and where we can go. *Interacting with Computers* 23/2, DOI: 10.1016/j.intcom.2011.01.001, S. 137–155, 2011, ISSN: 0953-5438, eprint: <https://academic.oup.com/iwc/article-pdf/23/2/137/2238626/iwc23-0137.pdf>, URL: <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2011.01.001>.

- [VW08] Völkel, T.; Weber, G.: RouteCheckr: personalized multicriteria routing for mobility impaired pedestrians. In: Assets '08: Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. Halifax, Canada. October 13 -15 2008. DOI: 10.1145/1414471.1414506, Association for Computing Machinery, New York, S. 185–192, 2008.
- [WAI20] Web Accessibility Initiative: Web Accessibility Evaluation Tools List, 2020, URL: <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>, Stand: 07. 04. 2022.
- [WebAIM22] WebAIM (Web Accessibility In Mind): The WebAIM Million, letzter Zugriff: 7.4.2022, 2022, Stand: 31. 03. 2022.