

Prof. Dr. Gerhard Weber

Barrierefreiheit und Informatik

Informatik und Inklusion

4.12.2023

Zur Person

Prof. Dr. Gerhard Weber

- Professur Mensch-Computer Interaktion, TU Dresden, seit 2007
 - Leitung AG Services Behinderung und Studium (AG SBS)
 - Beauftragter für Studierende mit Behinderung und chron. Krankheiten
- Professuren an Hochschule Harz, Christian-Albrechts Universität Kiel
- Wiss. Mitarbeiter FH. Papenmeier GmbH&Co, KG, Schwerte, 1990 -1996
- Lehrer an der Overbrook School for the Blind, Philadelphia, 1988-1989
- Wiss. Mitarbeiter Univ. Stuttgart, 1984-1990

Agenda

- **Nichts leichter als das.**
Barrieren erkennen
- **Prozessbereiche der schulischen Informatik**
Barrieren mit einem Mobiltelefon abbauen und verstehen
- **Herausforderungen an die (Hochschul-)Lehrer:innen**
Barrierefreie Prüfungen

3. 12.2023
Internat. Tag der
Menschen mit
Behinderung



Nichts leichter als das. Barrieren erkennen

Foto von Kevin Ku auf Unsplash

Was ist eigentlich „Barrierefreiheit“?

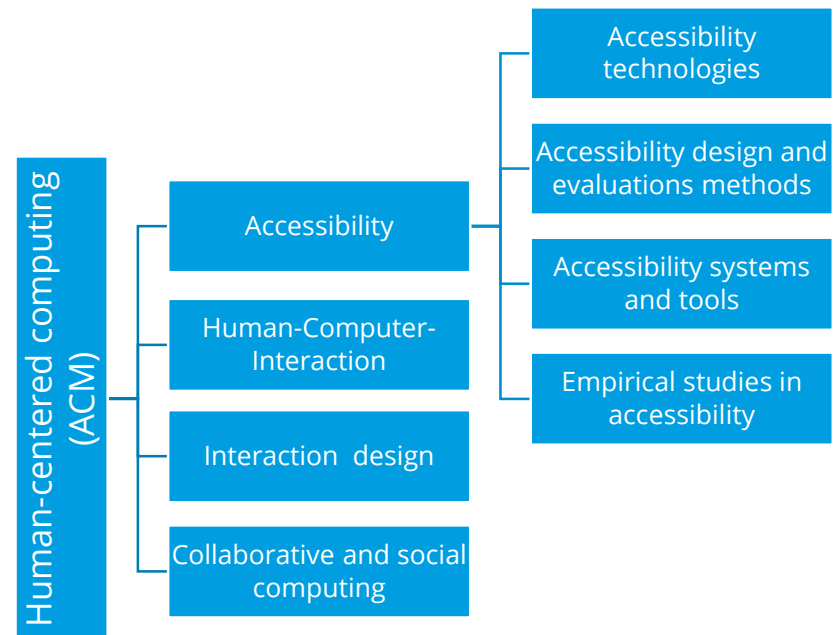
Barrierefreiheit: Umfang, in dem Produkte, Systeme, Dienstleistungen, Umgebungen und Einrichtungen durch Menschen aus einer Bevölkerungsgruppe mit den weitesten Benutzererfordernissen, Merkmalen und Fähigkeiten genutzt werden können, um identifizierte Ziele in identifizierten Nutzungskontexten zu erreichen

Quelle: ISO 9241-112 (2017)

nicht definiert ist: „barrierearm“

Association für Computing Machinery klassiziert Human-Centered Computing als Hauptkategorie

Accessibility ist auf derselben Ebene wie z.B. „Logik“ oder „Formale Sprachen und Automatentheorie“



Design für die Diversität von Menschen

Universal Design:

Erstellen von Produkten, Gebäuden und Umgebungen die von vornherein zugänglich sind für so viel wie mögliche Benutzer, d.h. für ältere Menschen, Menschen ohne und mit Behinderungen.

Betrifft auch das Design für Menschen aus anderen Kulturen und die andere Sprachen verwenden

Adressiert einen möglichst großen Umfang der Bevölkerung. Manche haben sichtbare Behinderungen, andere nicht

Menschen mit Sehschädigung

10% sehen nichts, 90% haben einen Sehrest, und wollen diesen nutzen

Nur ein Teil kennt Braille (obwohl es essentiell für schriftliche Kommunikation ist)

Die meisten dieser Benutzer verwenden Sprachsynthese – Screenreader

Screenreader erzeugen auch taktile Information auf einer Braillezeile



Mobiltelefon mit Screenreader und Braille

Screenreader lesen vor und unterstützen
auch Braille



Eingaben auf einer Brailletastatur

<http://fakoo.de/computerbraille.html>

Ausgaben auf Braillemodulen (Zeichen
einer Braillezeile)

8 Punkte um 256 Zeichen je Braillemodule
zu ermöglichen

„Computerbraille“ setzt 1:1 die
Schwarzschriftzeichen um

geeignet für manche taubblinde Menschen



Übung: Braillevollschrift entziffern

Was bedeutet die Angabe \$l.#ejj. auf dieser Münze?

<http://fakoo.de/braille/braille-decoder.html>



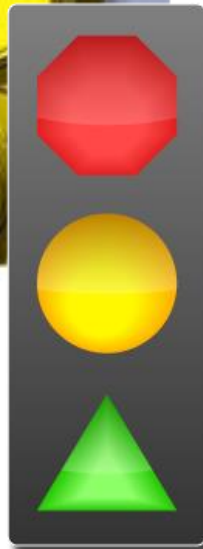
Menschen die farbenblind sind

Häufig unter Männern aus Europa
Etwa 10% haben eine Farbfehlsichtigkeit

Meist Verwechslung von Rot und Grün

Diese Farben werden nicht unterschieden
– aber gesehen

Es ist beim Design wichtig, nicht nur Farbe
zu verwenden um wichtige Informationen
zu vermitteln!



Menschen mit Hörbehinderung

Die Mehrheit der Menschen mit Hörbehinderung haben eine Hörverlust im Alter (in Europa 95%)

Audiotranskription (caption) ist nicht gleich Untertitel (subtitle)

Automatische Erstellung von Untertiteln durch Spracherkennung

Sprachdolmetscher schreiben gesprochenes nach

Geräuscherkennung zur Visualisierung von akustischen Signalen in iOS 14



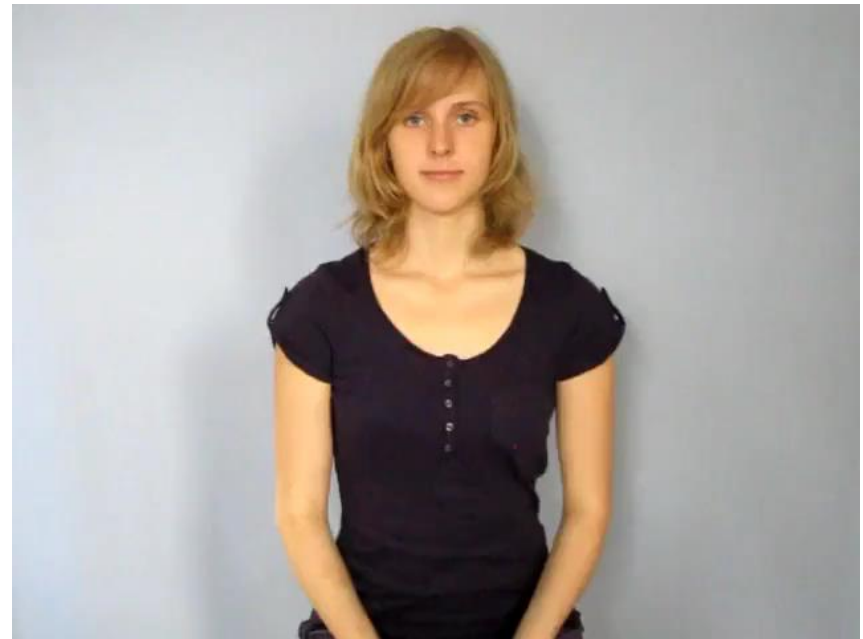
Apple / via 9to5Mac

Gehörlose Menschen

Menschen, die nichts hören, sind selten (0,1%) – gehörlos

Gehörlose Menschen verwenden Gebärdensprache. Die gesprochene Sprache ist für sie wie eine Fremdsprache. Grammatik und Vokabular der Gebärdensprache sind nicht vollständig bekannt. Hörende Dolmetscher gebärden weniger kompetent. Maschinelle Übersetzung noch nicht verfügbar (trotz Forschung seit >20 Jahren).

Schrift ist für gehörlose Menschen meist schwer nutzbar(lesbar)



<https://gebaerdenlernen.de/vid/schule.mp4>

Menschen mit Körperbehinderung




Körperbehinderungen betreffen eine Vielzahl von Funktionen:

- Fertigkeiten (Bewegung, Hand und Armsteuerung)
- Altern oder Tennisarm (RSI)
- Lähmung (Krankheit oder Unfall)
- kann auch Sprachbehinderung bedeuten

Alternative Augmentative Communication (AAC) ermöglicht Interaktion durch Assistive Technologien.


Steuerung mit

- Saug-Blaseschalter
- Zwinkern
- Eyetracking
- Kopfgeste



space	E	A	R	D	U
T	O	I	L	G	B
N	S	F	Y	V	J
H	C	P	K	Q	.
M	W	X	Z	,	?

Lineares Scanning



space	E	A	R	D	U
T	O	I	L	G	B
N	S	F	Y	V	J
H	C	P	K	Q	.
M	W	X	Z	,	?

Gruppen Scanning
[Wikipedia]

Menschen die eine kognitive Einschränkung haben

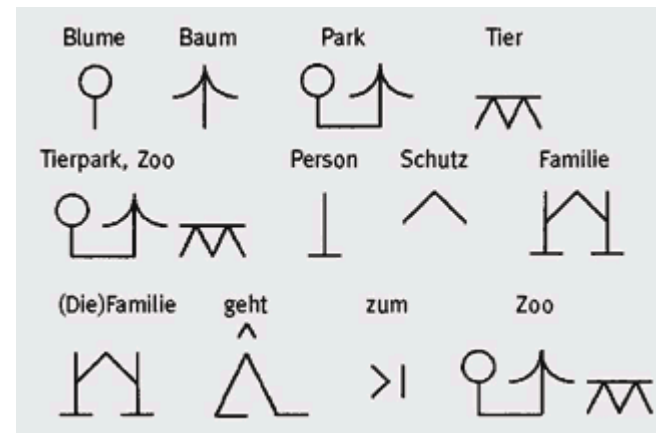
Große Bandbreite – von Dyslexie bis Trisomie 21 (Down-Syndrom), Neurodiversität (z.B. ADHS) oder Demenz (ältere Menschen)

Für Menschen mit Dyslexie (Leseschwäche) kann Spracheingabe (wie für körperbehinderte Menschen) und Sprachausgabe sinnvoll sein

Einfache Sprache ist schwachen Lesern (Schülern mit einer Lernbehinderung) nützlich sein

Große Symbole (BLISS) können bei fehlender Sprachkompetenz Kommunikation ermöglichen

BLISS Symbole



<http://bidok.uibk.ac.at/library/firlinger-begriffe.html#idm5935408>

Zusammenfassung: Diversität bei Ein- und Ausgabe

	(nicht) Sehen	(nicht) Hören	ohne Hände	ohne Sprache
Eingabe	Braille Tastatur Gesten Sprache	Tastatur Gesten	Saug- Blaseschalter	Gesten Gebärden
Ausgabe	Display Braille Sprache	Lautsprecher Gebärden Untertitel	Display Lautsprecher	Display Symbole



Photo by Alessio Roveresi on Unsplash

Prozessbereiche für Kompetenzen zur Barrierefreiheit

Der Kompetenzbereich „Informatik, Mensch und Gesellschaft“

Die Empfehlung der Gesellschaft für Informatik (GI) zur Ausbildung von Lehrern für Informatik in der Sekundarstufe I (Brinda et al. 2008, S.13. ff) nennt Kompetenzbereiche

- Algorithmen
- Sprachen und Automaten
- Informatiksysteme und
- **Informatik, Mensch und Gesellschaft**

sowie folgende allgemeine fünf Prozessbereiche :

(1) Modellieren und Implementieren

(2) Begründen und Bewerten

(3) Strukturieren und Vernetzen

(4) Kommunizieren und kooperieren

(5) Darstellen und Interpretieren

ohne auf Barrierefreiheit und Inklusion einzugehen.

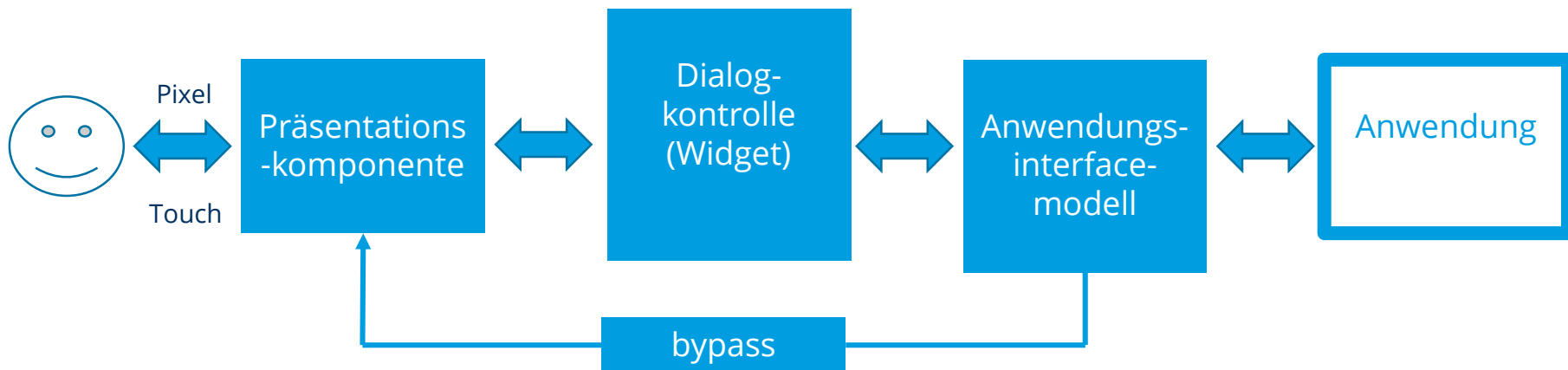
(1) Modellieren und Implementieren

Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen

- *erstellen informatische Modelle zu gegebenen Sachverhalten,*
- *implementieren Modelle mit geeigneten Werkzeugen,*
- *reflektieren Modelle und deren Implementierung.* (Brinda et al. 2008)

Modellieren und Implementieren von Benutzeroberflächen

- Digitale Barrierefreiheit ermöglicht die Interaktion mit einer Anwendung und verhindert die **Pixel-Barriere**
- Die Benutzeroberfläche besteht aus drei Modulen für die lexikalische, syntaktische und semantische Schicht



- Screenreader erweitern die Präsentationskomponente um Sprachsynthese
- die Dialogkontrolle erfolgt per Tastatur und kann nicht per Maus/Touch erfolgen
- Ein Mobiltelefon hat aber keine Tastatur und keine Brailleausgabe!?

Screenreader Talkback

Talkback ist ein Screenreader und erweitert Android sowie die Benutzeroberfläche

Talkback filtert

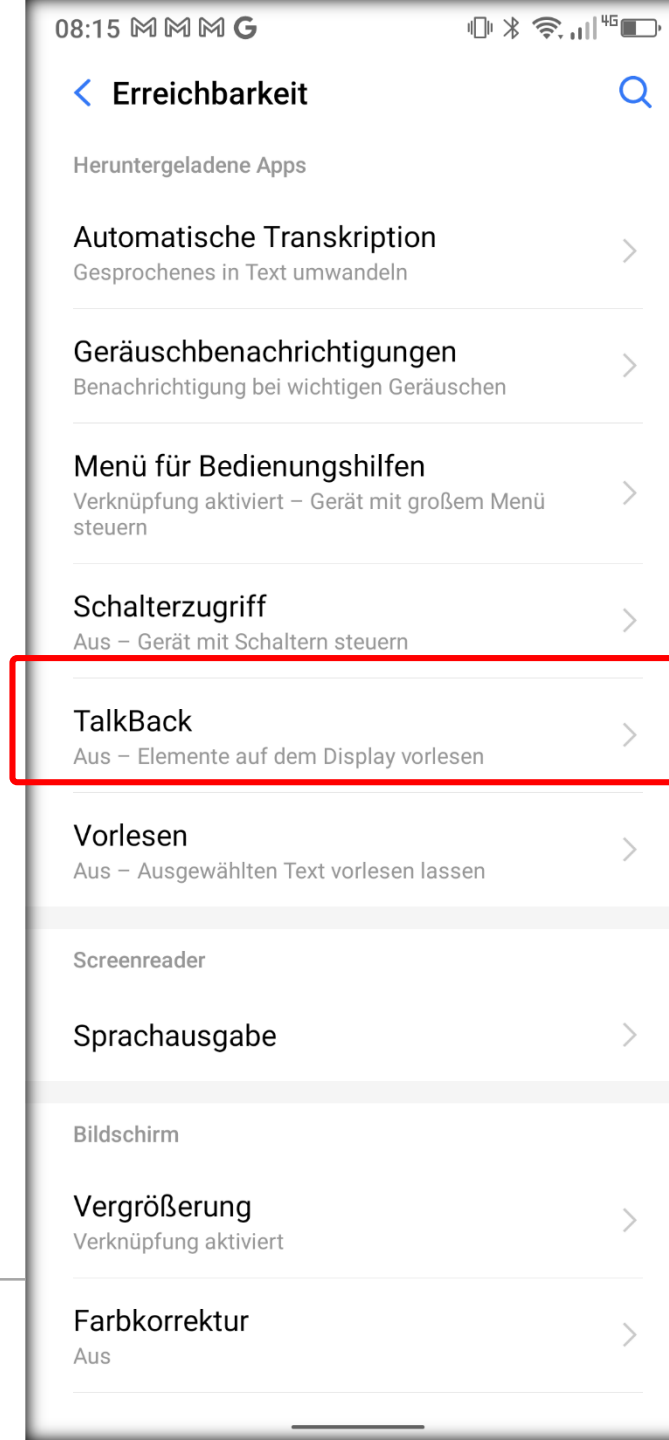
- dazustellende Schriftzeichen
- Eingaben (auch bei Passwörtern)
- Widgets (für Sprach-, Braille- und/oder Klangausgabe)

Aufgaben des Screenreaders:

- Ausgabe/Änderungen signalisieren (verbalisieren)
- Erkunden des Bildschirms ermöglichen

Touchverhalten wird nach Aktivierung von Talkback geändert

- Einfacher Touch bewirkt keinen Klick, da blinde Menschen sonst unbeabsichtigt etwas auslösen; stattdessen wird Sprache ausgegeben
- Doppelter Touch oder gleichzeitiger Touch mit zweiten Finger erzeugt einen Klick
- Swipe wechselt das fokussierte Element (möglichst) zeilenweise
- Zweifinger Swipe: Scrollen



Übung mit einem Mobiltelefon: Talkback

Was ist zu sehen?

Starten Sie eine Taschenrechner App (z.B. „Rechner“) und machen Sie sich damit vertraut

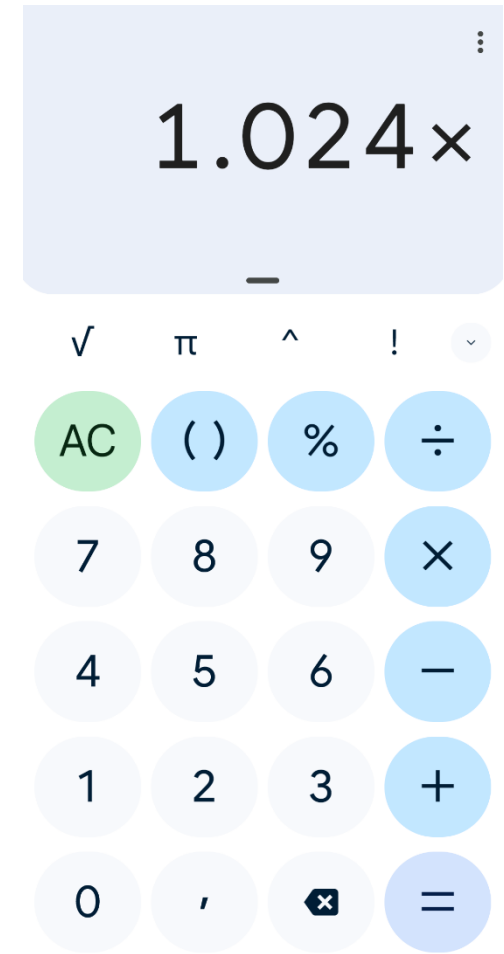
aktivieren Sie **Talkback** auf dem Mobiltelefon (in den „Einstellungen“ suchen)

wechseln Sie zum Taschenrechner durch „Home“ und „Zweifinger Swipe“

Berechnen Sie durch Tap und doppelte Tap Gesten $1024 * 16$ und

- suchen die Tasten per Augenschein oder
- per Streichgeste/Swipe

wechseln Sie zu Einstellungen und deaktivieren Sie **Talkback**



(2) Begründen und Bewerten

Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen

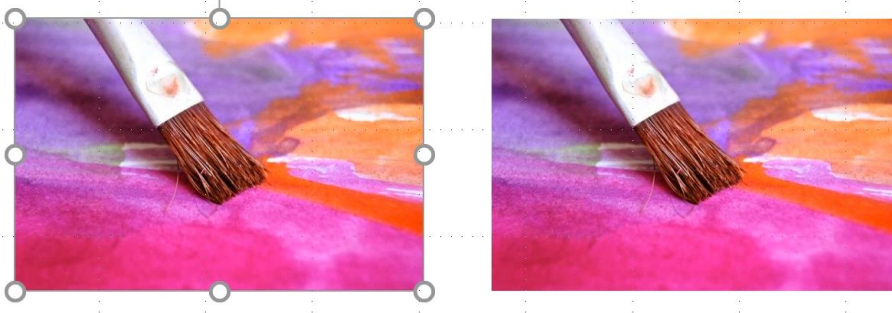
- *stellen Fragen und äußern Vermutungen über informatische Sachverhalte,*
- *begründen Entscheidungen bei der Nutzung von Informatiksystemen,*
- *wenden Kriterien zur Bewertung informatischer Sachverhalte an. (Brinda et al. 2008)*

Barrieren entstehen, weil der Inhalt nicht präsentiert/wahrgenommen wird

Kann die Bildbeschreibung nachgezeichnet werden? *ein Rechteck mit drei Strichen*

Bilder erzeugen (meist) Barrieren: Bildbeschreibung und Alternativtext?

Kriterien für Schmuckgrafik?



Links: Grafik ohne Alternativtext
Rechts: Grafik mit Alternativtext
→ Ausgabe durch Screenreader

Bildbeschreibungen für Social Media

Je nachdem, in welcher App man ist, ist der Weg zur Bildbeschreibung ein anderer. Exemplarisch daher hier einige Social Media Plattformen:

In der **Twitter Web App** findest Du nach dem Hinzufügen eines Bildes direkt darunter das Feld "Beschreibung hinzufügen". In der Android App erscheint nach dem Bild-Upload ein Feld "+ALT" zum Hinzufügen der Bildbeschreibung.

Wenn du bei **LinkedIn** im Browser ein Bild hochlädst, erscheint direkt oben rechts in der Ecke "Alt-Text hinzufügen". In der Android App gibt es keine Möglichkeit, eine Bildbeschreibung zu hinterlegen.

Bei **Facebook** im Browser ist schon ein Schritt mehr nötig: Nach dem Upload musst Du zunächst auf "Bearbeiten" klicken, bevor Du unter "Alternativtext" die Bildbeschreibung eingeben kannst. Facebook schlägt Dir hier allerdings sogar schon etwas vor!

Instagram auf Android hat die Bildbeschreibung von den Diensten, die ich regelmäßig nutze, am "besten" versteckt. Nachdem Du das Bild hochgeladen und bearbeitet hast, gelangst Du über "Erweiterte Einstellungen" zum Feld "Alternativtext eingeben".

(<https://www.martin-schienbein.de/bildbeschreibung>)

Beispiel Untertitel

Untertitel (engl. Captions)

- Schriftform für akustische Inhalte
- Untertitel folgen den Szenen in Videos
- Was kann umschrieben werden?

Untertitel werden erstellt durch

- Sprachdolmetscher
- Spracherkennungssoftware
- Geräuscherkennungssoftware

Untertitel werden in **WebVTT** gespeichert:

WEBVTT

00:00:01.000 --> 00:00:05.330

Good day everyone, my name is June Doe.

00:00:07.608 --> 00:00:15.290

This video teaches you how to build a sand castle on any beach.



(3) Strukturieren und Vernetzen

Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen

- *strukturieren Sachverhalte durch zweckdienliches Zerlegen und Anordnen,*
- *erkennen und nutzen Verbindungen innerhalb und außerhalb der Informatik. (Brinda et al. 2008)*

Um einen Überblick über Inhalte per Sprachsynthese zu erhalten, muss man die Datenstruktur eines Buches herstellen und navigieren (mit PDF oder Office App dargestellt):

- Titelseite, Inhaltsverzeichnis, Überschrift, Absatz, Tabelle,
- Inhaltsverzeichnis und Stichwortverzeichnis (vernetzen das Buch über eine Seitenzahl)...
- Technik: HTML; Wiki; Word Absatzvorlagen, Querverweise

(4) Kommunizieren und kooperieren

Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen

- *kommunizieren fachgerecht über informatische Sachverhalte,*
- *kooperieren bei der Lösung informatischer Probleme,*
- *nutzen geeignete Werkzeuge zur Kommunikation und Kooperation. (Brinda et al. 2008)*

Zeitliche Barrieren durch den Einsatz von multimedialen Inhalten

Beispiel: erklären wie man in einem Messengerdienst Talkback einschaltet:

- Foto/Screenshot versenden
- Nachricht sprechen
- Nachricht schreiben
- Gebärdensprache aufnehmen und versenden

Barrieren durch Schreiben über Schüler mit Behinderung

(5) Darstellen und Interpretieren

Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen

- *interpretieren unterschiedliche Darstellungen von Sachverhalten,*
- *veranschaulichen informatische Sachverhalte,*
- *wählen geeignete Darstellungsformen aus.* (Brinda et al. 2008)

Unvermögen etwas darzustellen entsteht durch graphische Notationen wie z.B. für Mathematik

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

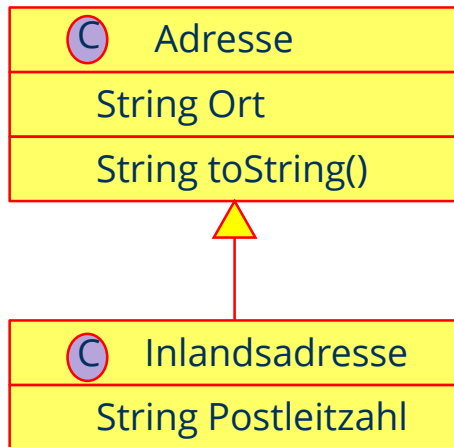
ASCII Notation

$$x = (-b \pm \text{sqrt}(b^2-4ac)) / 2a$$

Noch mächtiger ist LaTeX

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

UML visuell und text-basiert mit PlantUML



```
@startuml
```

```
skin rose
```

```
title Classes - Class Diagram
```

```
class Adresse {
    String Ort
    String toString()
}
```

```
class Inlandsadresse {
    String Postleitzahl
}
```

```
Adresse <|-- Inlandsadresse
```

```
@enduml
```

Lernziele

Modellieren und Implementieren

Pixel-Barriere durch Sprachsynthese und Braille mit Screenreader überwinden

Begründen und Bewerten

Nicht-textuelle Inhalte begründet in Textform transkribieren

Strukturieren und Vernetzen

Überblicksmangel durch Datenstrukturen reduzieren, um in Medien zu navigieren

Kommunizieren und kooperieren

zeitliche Anforderungen in multimedialen Inhalten gestalten

Darstellen und Interpretieren

Darstellungen in anderen Medien beherrschen



Herausforderungen an die (Hochschul-)Lehrer:innen

Grenzen der Ressourcen und des Gestaltungswillens

Barrierefreiheit und Inklusion

Mobiltelefone unterstützen Barrierefreiheit durch Assistive Technologien für Schüler mit einem weiten Umfang an Erfordernissen und Fähigkeiten

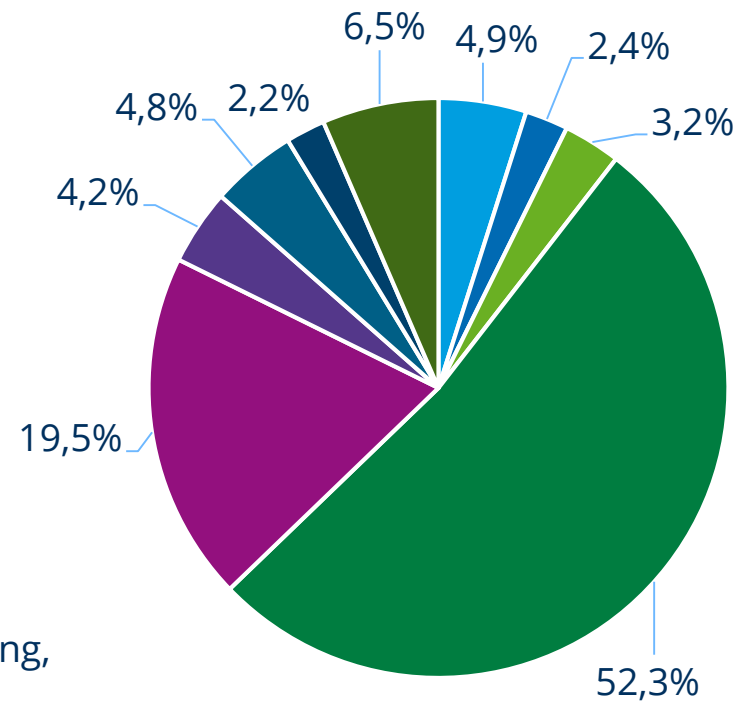
Mobiltelefone sind ein geeigneter „gemeinsamer Gegenstand“ (Vygotsky, 1934] im inklusiven Informatikunterricht, der „Scaffolding“ ermöglicht

Inklusion in der Schule kann in einem iterativen Prozess verbessert werden, der eine Reflexion vorsieht (Booth/Ainscow/Kingston 2006)

Studierende mit Beeinträchtigungen

BEST2 Studie Dt. Studentenwerk 2018 für Sachsen

- Bewegungsbeeinträchtigung
- Sehbeeinträchtigung
- Hör-/Sprechbeeinträchtigung
- psychische Erkrankung
- chronisch-somatische körperliche Erkrankung
- Teilleistungsstörung
- andere Beeinträchtigung (z. B. Tumorerkrankung, Autismus-Spektrum-Störung)
- psychische Erkrankung und chronisch-somatische Erkrankung



Studium mit Behinderung an der TU Dresden

Studierende mit Beeinträchtigung des Lesens erhalten u.a. barrierefreie Lernmaterialien und Klausuren durch AG Services, Behinderung und Studium (AG SBS)

derzeit werden Studierende in 15 von 16 Fakultäten betreut

Service mit studentische Hilfskräften möglichst aus den jeweiligen Fakultäten (Fachsprache) und zwei hauptamtlichen Mitarbeiter:innen (eine davon ist selbst blind) zur Qualitätskontrolle

Betreuung der stud. Helfer über Ticketsystem Redmine und Auslieferung über Server/ E-Mail an die Studierenden

Digitaler Nachteilsausgleich

Nachteilsausgleichregelung wird in der Prüfungsordnung konkretisiert

“Als mögliche Ausgleichsmaßnahmen kommen insbesondere verlängerte Bearbeitungszeiten, Bearbeitungspausen, Nutzung anderer Medien, Nutzung anderer Prüfungsräume innerhalb der Hochschule, ein anderer Prüfungstermin oder die Erbringung einer gleichwertigen Prüfungsleistung in einer anderen Form in Betracht.“
[RPO TU Dresden]

Vergleich Prüfungsformen Präsenz - Digital

- Klausur - Multiple Choice, Upload Klausur, Abschlussarbeit
- Mündliche Prüfung - Videokonferenz mit Whiteboard
- Praktikum - Upload eines Berichts, Verwendung von Software im Labor
- Vortrag (Seminar) - Videokonferenz mit Whiteboard, Teilen einer Anwendung
- Exkursion - Teilnahme als Prüfungsleistung per „Assistent“
- Sprachprüfung - Telefonat, Videokonferenz



Nichts leichter als das?

Missverständnisse von Barrierefreiheit und Prüfungen

Die Studierenden wissen am besten wie es geht.

Die Studierenden haben sich auf die Prüfung vorbereitet und damit „ihre“ digitalen Arbeitstechniken und assistiven Technologien verwendet.

Barrieren entstehen, weil die Prüfungsform eine andere digitale Plattform und andere Softwareanwendungen vorsieht

Die Prüfer:innen wissen, wie es geht.

Prüfungsformen in Präsenz werden digital erfasst und übertragen

Barrieren entstehen, wenn die Digitalisate sich nicht 1:1 von den Prüfer:innen an die Studierenden und umgekehrt übertragen lassen

Prüfungsausschüsse und Prüfungsämter legen fest, wie es sein soll

Gestaltungsspielräume werden im Rahmen des Nachteilsausgleich geschaffen.

Barrieren entstehen, wenn administrative Normierungswünsche der Barrierefreiheit entgegen stehen (z.B. anderer Raum, Schriftform).

Barrieren in digitalen Lernplattformen

Barrierefreiheit der Lernplattform

- Barrierefreiheitserklärung z.B. nach dem Barrierefreie-Websites-Gesetz erforderlich
- Barrierefreiheit der digitalen Prüfungsumgebung bestimmen und dokumentieren
 - Feststellung der Identifikation
- Überwachungs-/Meldestellen unterstützen (Login, Antwort in 1 Monat)

Beispiele:



Moodle

- Download
- Upload von Übungsergebnissen
- Bewertung von Übungsaufgaben
- Forum
- Wiki
- Glossar

Wie geht barrierefreies Prüfen?

Rudolph, einhändig und blind seit dem 12. Lebensjahr, besteht die Prüfung „Technisches Zeichnen“ mündlich

Fritz, geburtsblind, besteht die Klausur „Computergraphik“ nachdem er seine Programme auf einer Stiftplatte getestet hatte

Sabine, geburtsblind, besteht die Klausur zu „Statistik“ und schrieb sie in ASCII Mathematikschrift

Haben, taubblind, besteht die Prüfung als Juristin an der Harvard Law School

Ruben, blind, erwirbt das TOEFL Zertifikat per digitalisierten Multiple Choice Test

Francois, gehörlos, gebärdet seine Masterarbeit in Informatik an der Universität 8, Paris und gibt sie als Video ab

Marianne, Arthrose der Hand, schreibt ihre Klausur am Laptop

(Die Namen sind fiktiv)



Barrieren in digitalen Prüfungen

Barrierefreiheit der Prüfungsinhalte

- Prüfungsaufgaben
 - Transkription herunterladen
 - Bearbeitung hochladen
- Multiple Choice (Quiz)
 - (teilweise individualisierte) Aufgaben, die online zu bearbeiten sind
- Präsentation
 - Videokonferenz
- Prüfungsgespräch
 - Videokonferenz
 - (kollaboratives) Whiteboard
 - Chat
 - kollaborativer Editor
- Praktische Tätigkeit (Labor): Programme zur Bearbeitung der Aufgabe verwenden

Barrierefreie MC-Aufgaben (Quiz)

Multiple Choice/Quizaufgaben werden teilweise automatisiert bewertet

Wenige Fragetechniken, basieren u.a. auf dem Austauschformat QTI (XML)

Einige Fragetechniken können mit HTML barrierefrei gestaltet werden

- Lückentexte
- Auswahlaufgaben (insbesondere Bilder mit geeigneter Bildbeschreibung)

Barrieren entstehen bei grafischen Fragetechniken

- Mausclick in Grafik
- Anordnungsaufgaben

Warum ist der folgende Tag nicht wohlgeformt?

```
<:last_name1>Meyer</:last_name1>
```

Wählen Sie eine Antwort:

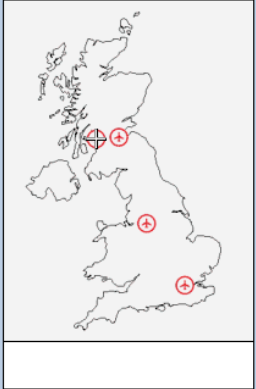
- Es werden Zahlen im Elementnamen verwendet
- Es werden Metazeichen im Elementnamen verwendet
- Der Tag wird nicht wieder geschlossen

Prüfen

UK AIRPORTS (TAKE 1)

The picture illustrates four of the most popular destinations for air travellers arriving in the United Kingdom: London, Manchester, Edinburgh and Glasgow.

Which one is Glasgow?



A map of the United Kingdom showing four red crosses marking major airports: London, Manchester, Edinburgh, and Glasgow. The map is set against a light blue background.

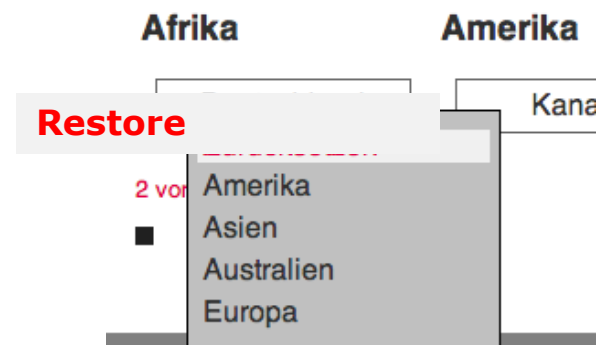
Fehlende Barrierefreiheit der Prüfungsplattform: keine Tastaturbedienung in MC-Prüfungen

Implementierung einer Tastaturunterstützung für Anordnungs- und Schiebeaufgaben

- Drag'n Drop wird durch eine Auswahl in Menüoptionen per Tastatur bedienbar
- erfordert HTML, Javascript und ARIA Techniken [Voegler, 2013]
- betrifft blinde und manche körperbehinderte Menschen

Länder

Ägypten
China
Deutschland
Indien
Italien
Japan
Kanada
Afrika
Amerika
Asien
Australien
Europa
Victoria



Barrierefreiheit kollaborativer Editoren

Prüfungsgespräch mit Werkzeugen

- Gemeinsames, gleichzeitiges Bearbeiten von Texten und Zeichnungen in der Prüfung
- Web-basierte Lösungen nach WCAG prüfbar
- Barrieren für Screenreader, Vergrößerung, Musersatz unterschiedlich
- Datenschutz reduziert Auswahl der Systeme

Beispiele sind

- Chat – gut, z.B. mittels Big Blue Button, Datenschutz umsetzbar
- Google Doc – gut, z.B. Google Docs, Microsoft 365, aber kein Datenschutz durchsetzbar
- Miro, Whiteboard – nicht barrierefrei wegen
 - fehlender Wahrnehmbarkeit (Screenreader, Vergrößerung),
 - weitere Forschung notwendig

Fragen?



Booth, Tony/Ainscow, Mel/Kingston, Denise (2006). Index for Inclusion: Developing Play, Learning and Participation in Early Years and Childcare. ERIC.

Brinda, Torsten/Fothe, Michael/Friedrich, Steffen/Koerber, Bernhard/Puhlmann, Hermann/Röhner, Gerhard/Schulte, Carsten (2008). Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Gesellschaft für Informatik e. V.

Vygotskij, Lev Semenovič ([russ 1934] 2012). Thought and language. 12. Aufl. Cambridge, Mass., MIT press.