

The background image shows a multi-level modern building interior. On the left, a dark staircase with metal railings leads up. In the center, a balcony with a metal railing has three people (two men and one woman) looking at a device. The building has large windows with greenery visible outside. On the right, a white spiral staircase winds upwards. The floor is a bright yellow color. In the foreground, there are several large, yellow, abstract sculptures that look like stylized figures or objects.

Referentin: Christin Engel, M. Sc.

Professur Mensch-Computer Interaktion

Engineering barrierefreier Medien

Zugängliche Grafiken

Teil 1 Grundlagen Grafiken, Bildbeschreibungen, Taktile Grafiken

Hybride Lehrveranstaltung mit Videoaufzeichnung des Vortrags

Online-Teilnehmende



Mikrofon
ausschalten, sofern
keine Wortmeldung



Handzeichen geben,
um Wortmeldung
anzuzeigen



Chat für
Fragen nutzen

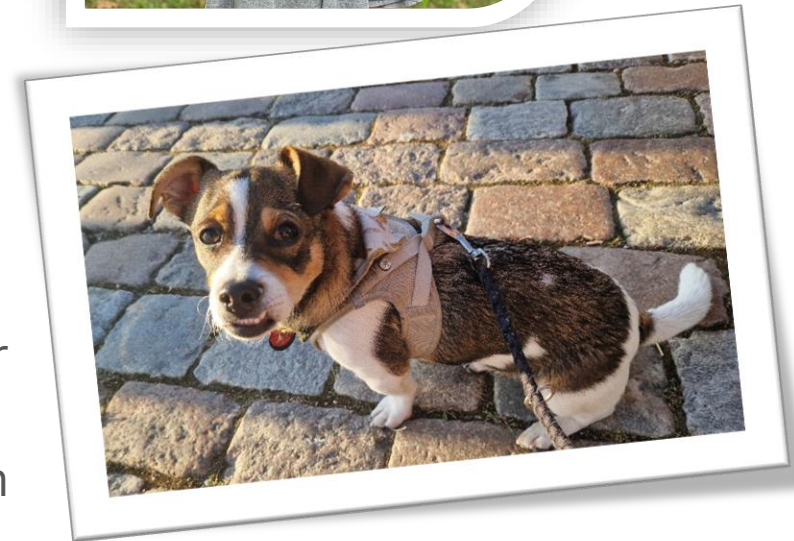
- Bitte zeitnah Hinweise bei Herausforderungen, Fragen, Missverständnissen oder technischen Problemen geben.

Zu meiner Person - *Christin Engel*

- Studium Master Medieninformatik (TUD)
- Wissenschaftliche Mitarbeiterin [Professur MCI](#) seit 2016
- Doktorandin zu zugänglichen Grafiken für Menschen mit Blindheit und Sehbeeinträchtigung
- diverse Projekte und Workshops zur Prüfung und Umsetzung von Barrierefreiheit, Gleichstellung, diversitätssensiblen Design und Neurodivergenz

Forschungen

- zwei Forschungsprojekte zu taktilen bzw. zugänglichen Grafiken:
 - [MOSAIK](#) mit Fokus auf Diagramme
 - [AccessibleMaps](#) mit Fokus auf Indoor-Karten
- Aktuelles Projekt: [AutARK](#) – Automatische Adaption Reizüberflutender Kontexte
 - Ziel: Entwicklung von Unterstützungstechnologien für Autist:innen im beruflichen Kontext



Dackelmix „Pepe“

Vorlesungsinhalte Zugängliche Grafiken





Foto von **fauxels** von **Pexels**

1 Grundlagen Grafiken

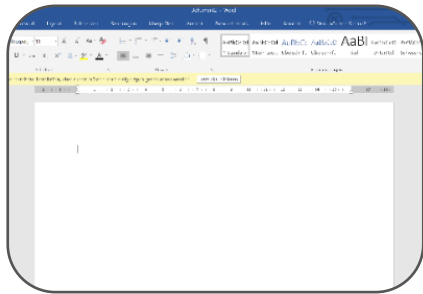
Grafiken | Einführung

- Grafiken in Digital- und Printbereich allgegenwärtig
- verschiedene **Grafiktypen** und Anwendungszwecke
- **Hilfsmittel** zur Verdeutlichung von Zusammenhängen, Veranschaulichung von Sachverhalten, etc.
- häufiger Einsatz im **Bildungskontext** und Lehrmaterialien
- oft zusammen mit umgebendem Text veröffentlicht (**Kontext**)
- **Elemente**: Formen, Farben, Strichstärken, Verläufe, Text...

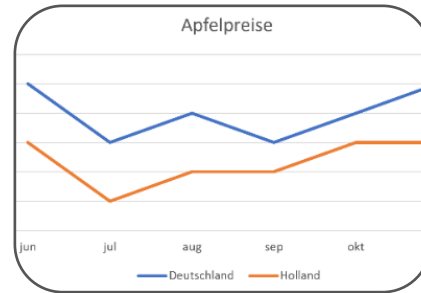


Grafiken | Grafiktypen

unterschiedliche **Grafiktypen** mit jeweils charakteristischen Elementen und Bildsprache sowie unterschiedlichen **Funktionen** (Zweck) zur Verwendung in verschiedenen **Kontexten**



Screenshots



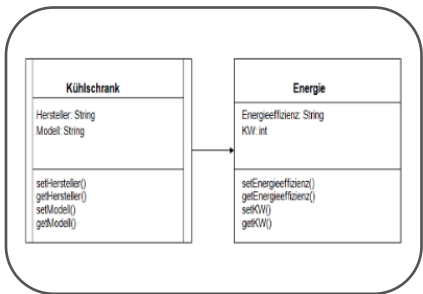
Diagramme



Karten



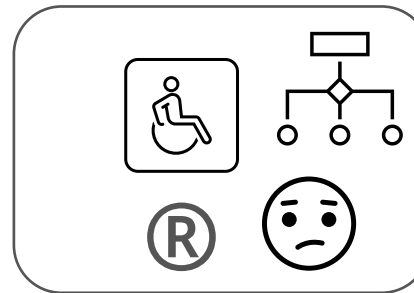
Fotos



Grafische Notationen



Kunst/Gemälde



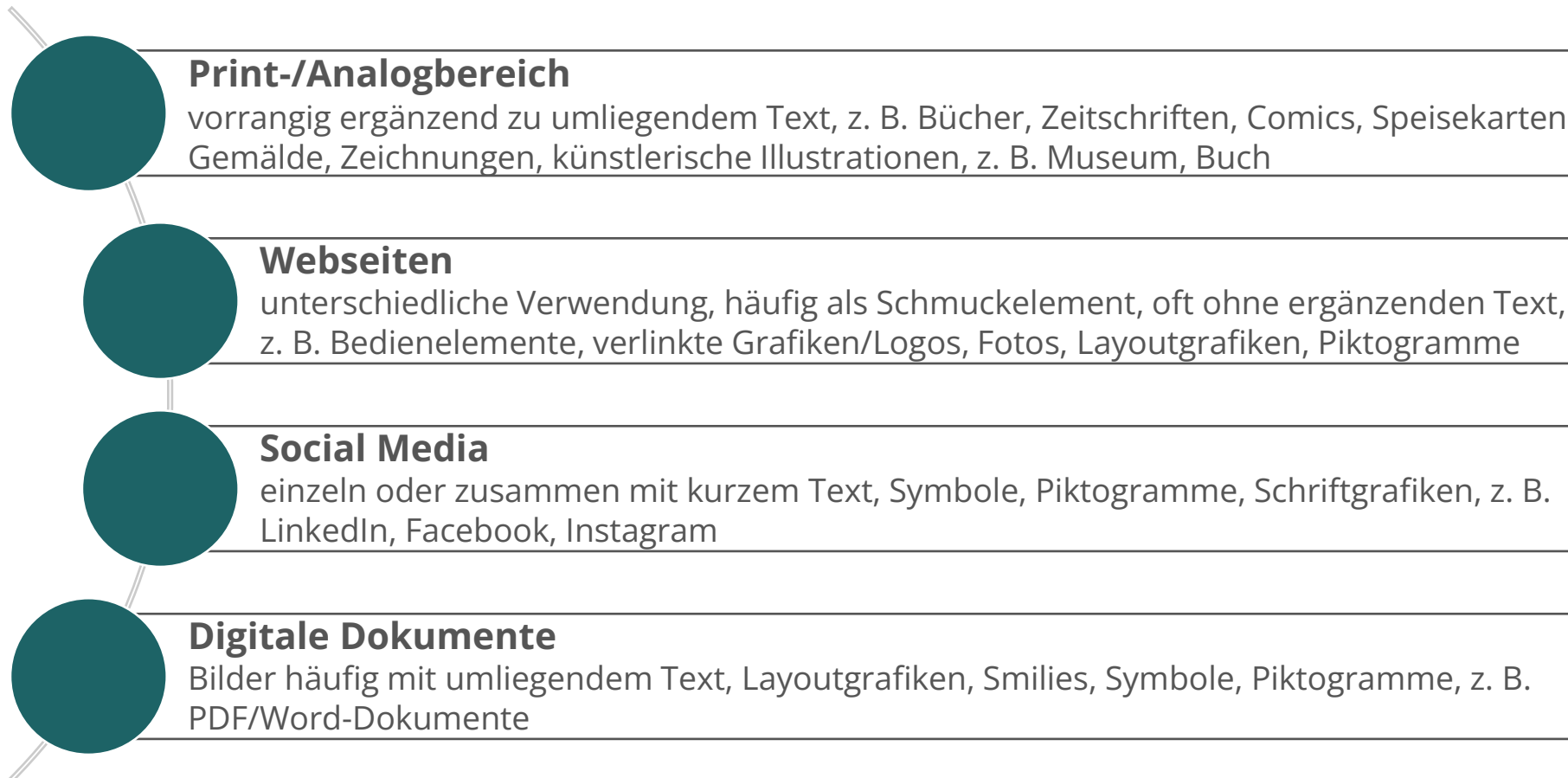
Smilies, Symbole und Icons



Layoutgrafiken

Grafiken | Verwendungskontext

unterschiedliche **Grafiktypen** mit jeweils charakteristischen Elementen und Bildsprache sowie unterschiedlichen **Funktionen** (Zweck) zur Verwendung in versch. **Kontexten**



Funktionen von Grafik – Warum werden Grafiken verwendet?

Informieren

Symbolisieren

Strukturieren

Illustrieren

Provozieren

***Weniger als 10%** der Bilder einer Webseite enthalten relevante Informationen. [Petrie05]*

Kommunizieren

Werben

Ästhetisieren

Kritisieren

Unterhalten

Grafiken | Funktionen Beispiel 1

Welche Funktion hat die Grafik?



© Marc-Uwe Kling + Bernd Kessel, Quelle:
<https://www.zeit.de/administratives/marc-uwe-kling-die-kaenguru-comics> (22.01.2021)

Informieren

Strukturieren

Symbolisieren

Illustrieren

Ästhetisieren

Provozieren

Kommunizieren

Werben

Kritisieren

Unterhalten

Grafiken | Funktionen Beispiel 2

Welche Funktion hat die Grafik?



„Wer dagegen ist, den bitte ich um das Handzeichen!“

© Willy Moese, 1985

Quelle: <https://www.hdg.de/stiftung/leih-ausstellung/unterm-strich-karikatur-und-zensur-in-der-ddr> (22.01.2021)

Informieren

Strukturieren

Symbolisieren

Illustrieren

Ästhetisieren

Provozieren

Kommunizieren

Werben

Kritisieren

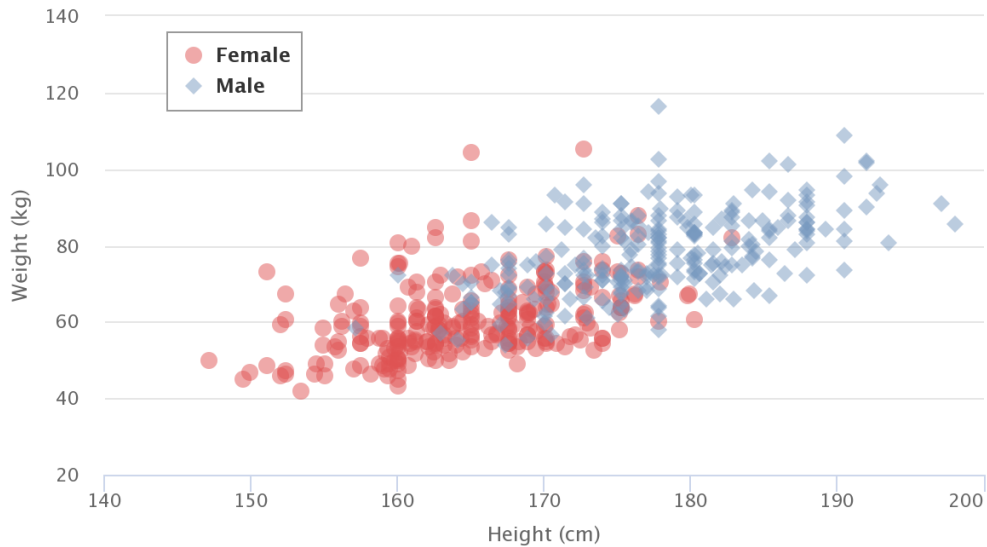
Unterhalten

Grafiken | Funktionen Beispiel 3

Welche Funktion hat die Grafik?

Height Versus Weight of 507 Individuals by Gender

Source: Heinz 2003



Highcharts.com

Quelle:
<http://jsfiddle.net/gh/get/library/pure/highcharts/highcharts/tree/master/samples/highcharts/demo/scatter/>

Informieren

Strukturieren

Symbolisieren

Illustrieren

Ästhetisieren

Provozieren

Kommunizieren

Werben

Kritisieren

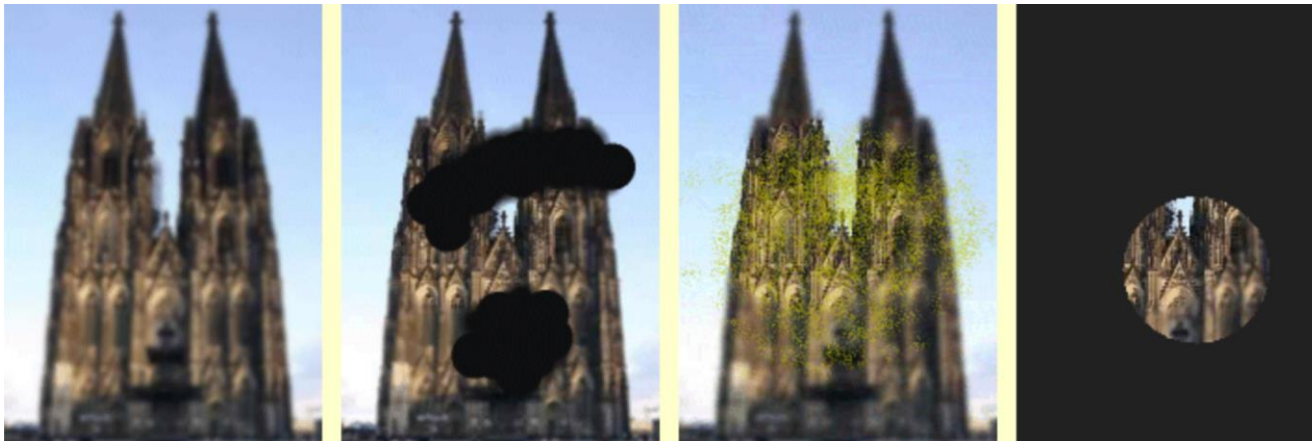
Unterhalten

2 Zugängliche Grafiken

Wie können (komplexe) Grafiken für verschiedene Nutzende barrierefrei gestaltet werden?

Zugängliche Grafiken | Zielgruppen

- Grafiken = Barriere für viele **Menschen**, u. a.
 - Menschen mit Blindheit oder Sehbeeinträchtigung (visuelle Barrieren)
 - Menschen aus dem Autismus-Spektrum, u. a. inhaltliche Verständlichkeit bestimmter Aussagen, z. B. mit Bedeutungsübertragungen, Metaphern, Sprichwörtern
 - Menschen mit **kognitiven Beeinträchtigungen**, z. B. Lernschwächen
 - **Kulturelle** Unterschiede der Bedeutung grafischer Elemente (z.B. Farben, Leserichtung, etc.)
- Zugang zu Grafiken unausweichlich für **gleichberechtigte, gesellschaftliche Teilhabe**, z. B. Bildung, soziale Bereiche, Social Media, Kultur & Kunst...
- gleichwertigen Zugang durch **alternative Darstellungsweisen**

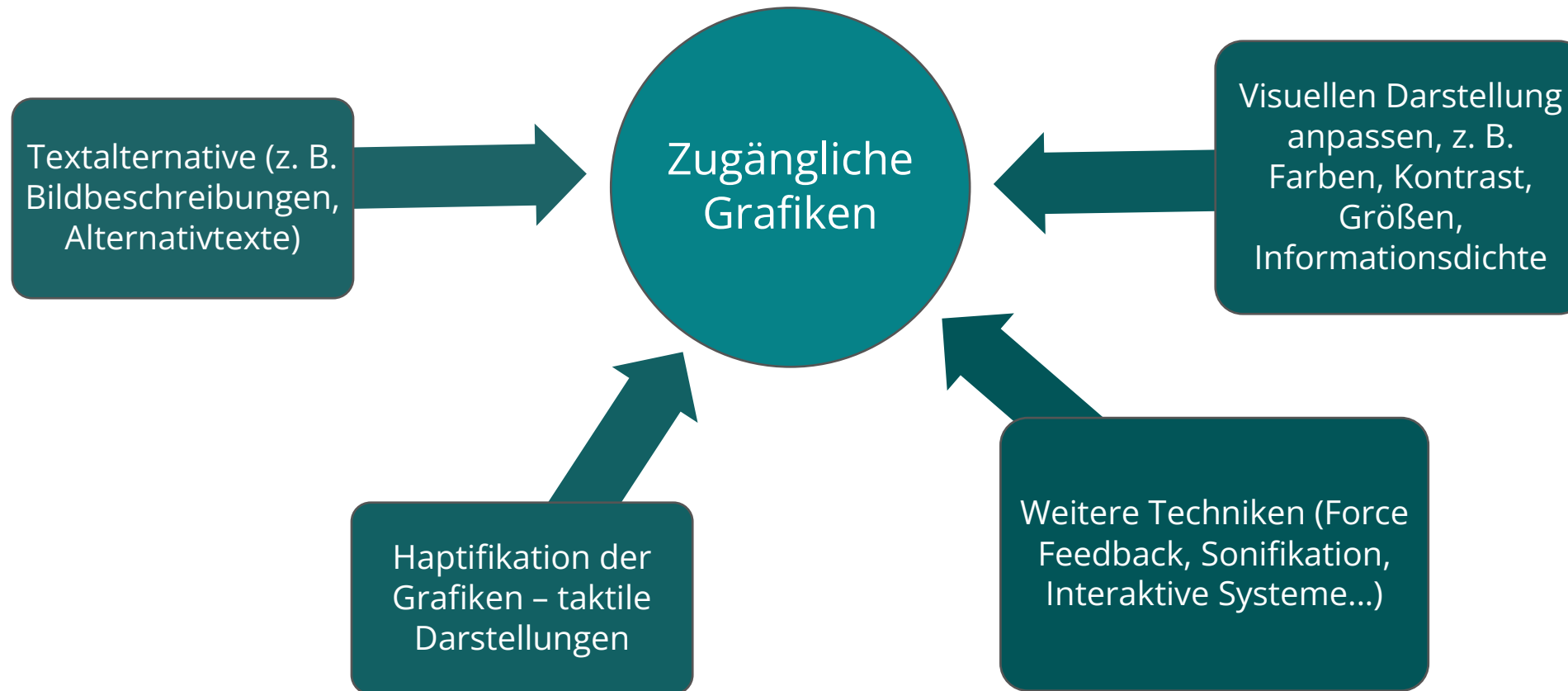


Simulation Wahrnehmung mit (v.r.n.l.): Kurzsichtigkeit, Gesichtsfeldausfall, Grauer Star, Retinitis pigmentosa (RP) (Quelle: <https://www.sehbehinderung.de/index.php?menuid=27>)

Tipp: **Simulation verschiedener Sehbeeinträchtigungen**



Grafiken für Menschen mit Beeinträchtigungen (z. B. Blindheit oder Sehbeeinträchtigung, kognitive Beeinträchtigungen) zugänglicher gestalten



3 Textalternativen für Grafiken

Alternativtexte für zugängliche Grafiken

WCAG 2.2: 1.1 Textalternativen

Erfolgskriterium 1.1.1 **Nicht-Text-Inhalt** (Stufe A)

„Alle Nicht-Text-Inhalte [...] haben eine **Textalternative**, die einem **äquivalenten Zweck** dient, mit **Ausnahme(n)** [...]“

Ausnahmen:

- Steuerelemente: Name beschreibt Zweck
- zumindest deskriptive Identifizierung des Nicht-Text-Inhalts für zeitbasierte Medien, Tests/Übungen, sensorische Sinneserfahrungen, CAPTCHAs
- Nicht-Text-Inhalte durch assistive Technologien ignorieren, wenn rein dekorativ, Formatierung, unsichtbar

→ EU-Richtlinie 2016/2102 → **Digitale Barrierefreiheit für alle öffentlichen Stellen verpflichtend** (z.B. Webseite, Formulare, Apps...)

→ Ab Juni 2025 auch für viele Privatunternehmen verpflichtend, siehe **Barrierefreiheitsstärkungsgesetz**

Alternativtexte | Allgemeine Richtlinien

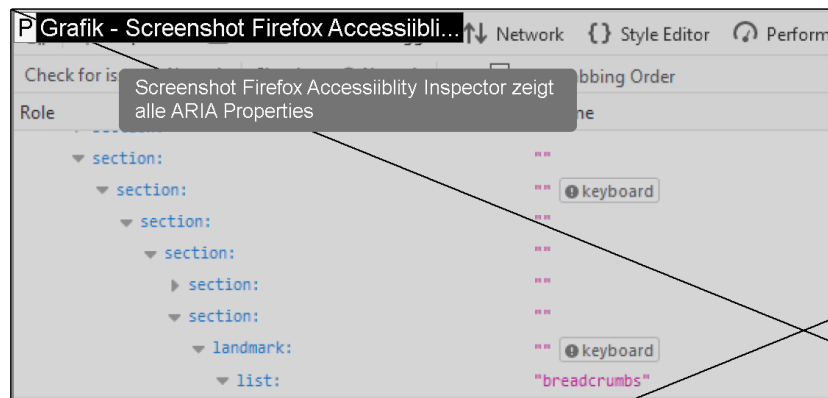
(Wiederholung Vorlesung „Wahrnehmung“)

- Faustregel: 80 bis 100 Zeichen Länge pro Text
- grundsätzlich: alle Bildinhalte zugänglich via Alternativtexte
- Ausnahme: rein dekorative Grafiken, Schriftgrafiken deren Inhalt umliegend verfügbar ist (siehe: [Entscheidungsbaum des W3C](#))
- beschreiben generelle Bildinhalte (ggf. nicht vollständig) bzw. Funktionen von Bedienelementen, Texte aus Schriftgrafiken
- „alt“-Element Pflichtattribut in HTML für -Elemente, Einbindung abhängig vom Medium

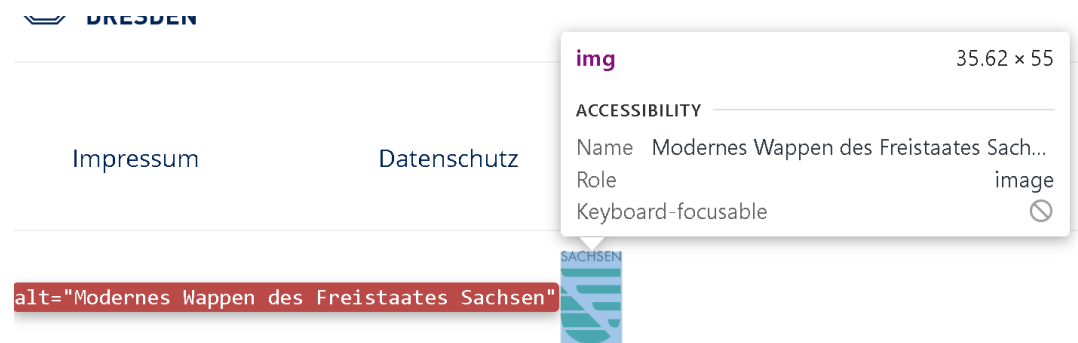
Anforderungen an Alternativtexte

(gemäß Handreichung der Überwachungsstelle des Bundes)

- ✓ ohne Redundanz
- ✓ kurz
- ✓ neutral
- ✓ zutreffend
- ✓ vollständig
- ✓ einheitlich
- ✓ systematisch



Alternativtexte in PDF Dateien



Alternativtexte für -Elemente auf Webseiten

Alternativtexte | Richtlinien Erstellung

Hinweise:

- keine Formatierung des Alt-Texts möglich
- Grafiktyp angeben, vom Allgemeinen zum Speziellen, keine Interpretation, wichtigste Infos zuerst
- keine Redundanz → umliegenden Text und Caption beachten
- unterschiedliche Alternativtexte für jeden nicht-Text Inhalt
- Bedienelemente: Funktion beschreiben, z. B. eines Bild-Buttons
- keine Bewertungen, keine Erklärungen, die visuell nicht zur Verfügung stehen
- einheitliche Wortwahl, kontextbezogen, Fachsprache beachten

Anforderungen an Alternativtexte

(gemäß Handreichung der Überwachungsstelle des Bundes)

- ✓ ohne Redundanz
- ✓ kurz
- ✓ neutral
- ✓ zutreffend
- ✓ vollständig
- ✓ einheitlich
- ✓ systematisch

Spezialfall: Menschen beschreiben



- eigener Bias: **keine spekulativen Angaben** über vermutete Ethnie, Alter, Geschlecht, Glaubensrichtung, sexuelle Orientierung u. ä.
- Beispielsweise Ethnie sollte nur dann nennen, wenn es im **Kontext relevant** ist → Bedenke: Oft nur Vermutung über Zugehörigkeiten – Vermeidung: „white by default“

Context is the key!

Beachte den Kontext des Bildes: Inhalte der Beschreibung hängen vom Kontext des Bildes ab!

- Ist das Bild im aktuellen Kontext relevant?
- Welche Informationen sind im Kontext verfügbar?
- Welche Bedeutung hat das Bild im Kontext?
- Welche Sprache wird umliegend verwendet?
- Wer ist die Zielgruppe?

Bedeutung von Bildern in verschiedenen Kontexten, z.B. Bild einer Katze

- in einem Biologielehrbuch
- in einem Urlaubsblog
- auf der Webseite eines Tierheims
- in einem Buch über Katzen



Alternativtexte | Benefit für diverse Nutzende

- **Screenreadernutzende:** Zugang durch Braillezeile oder Screenreader
- **Nutzende von Spracheingabe:** Fokus kann mit Kommando auf Button oder verlinktem Bild gelegt werden
- **Nutzende von Sprachausgabe-Software:** Vorlesen von Textalternativen
- **Mobile Nutzende/begrenzter Internetzugang:** Ausblenden der Bilder möglich
- **SEO-Optimierung:** Indexierung von Bildern auf Webseiten durch Suchmaschinen möglich
- **Unterstützung Verständnis von Grafiken, Symbolen, Icons :** Menschen mit Lernschwierigkeiten; Störung der Wahrnehmungsverarbeitung, z. B. Menschen aus dem Autismus-Spektrum;
- **Textformat** ermöglicht Überführung in beliebige Formate, z. B. Übersetzungen in andere Sprachen; Leichte Sprache



Braille-Zeile



*Alternativtexte für
Bilder in HTML
mittels „alt“
Attribut einfügen*



alt=„“ für Schmuckgrafiken






Alternativtexte | Smilies, Icons und Symbole

- Unicode enthält zahlreiche Symbole, **Emojis**, mathematische Zeichen usw. → Kurzname vordefiniert → oft ungeeignet, Funktion nicht beschrieben
- ggf. Screenreaderausgabe prüfen
- alternative Namen mittels ***aria-label*** bereitstellen
- Emojis in Sätzen auszeichnen, z. B. mit ``

```
<p>I smiled at my friend and gestured
  <span aria-label="you" role="img">👉</span>
  <span aria-label="rock" role="img">👊</span>!
</p>
```

Quelle und weitere Beispiele:

<https://www.w3.org/WAI/WCAG22/Techniques/html/H86.html>

Smileys & Emotion				
face-smiling				
No	Code	Sample	CLDR Short Name	Other Keywords
1	U+1F600		grinning face	cheerful cheery face grin grinning happy laugh nice smile smiling teeth
2	U+1F603		grinning face with big eyes	awesome big eyes face grin grinning happy mouth open smile smiling teeth yay
3	U+1F604		grinning face with smiling eyes	eye eyes face grin grinning happy laugh lol mouth open smile smiling
4	U+1F601		beaming face with smiling eyes	beaming eye eyes face grin grinning happy nice smile smiling teeth
5	U+1F606		grinning squinting face	closed eyes face grinning haha hahaha happy laugh lol mouth open rofl smile smiling squinting

Screenshot aus: <https://www.unicode.org/emoji/charts/emoji-list.html>

Auszug der Unicode Tabelle Smileys und Emotions

Dreieckköpfiger offener Kreisfeil gegen den Uhrzeigersinn ↶



Symbolbedeutung

Dreieckköpfiger offener Kreisfeil gegen den Uhrzeigersinn. Verschiedene Symbole und Pfeile.

Das Symbol „Dreieckköpfiger offener Kreisfeil gegen den Uhrzeigersinn“ ist im „Dreieckspfeile“ Subblock des „Verschiedene Symbole und Pfeile“ blocks enthalten und wurde als Teil der Unicode-Version 7.0 im Jahr 2014 genehmigt.

Screenshot aus: <https://symbll.cc/de/2B6F/>

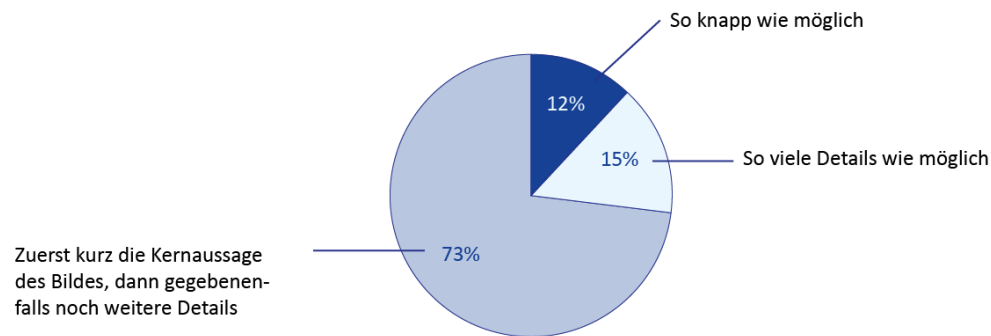
Beispiel Kurzname für häufig verwendetes Bediensymbol für „Wiederholen“

Alternativtexte | Anwendungsbeispiel Social Media

- Vermeidung von Abkürzungen, Jargon, Fremdwörtern
- sparsame Verwendung von Emoticons, langen Hashtags, u. ä.
- Alt-Texte bei den meisten großen Plattformen integrierbar, z. B. [LinkedIn](#), [Facebook](#), [Instagram](#), u. a.
- ggf. ausführlichere Beschreibung ergänzen

„Wie ausführlich sollte Ihrer Meinung nach eine Bildbeschreibung auf Facebook/Instagram/Twitter sein?“

(n=234)

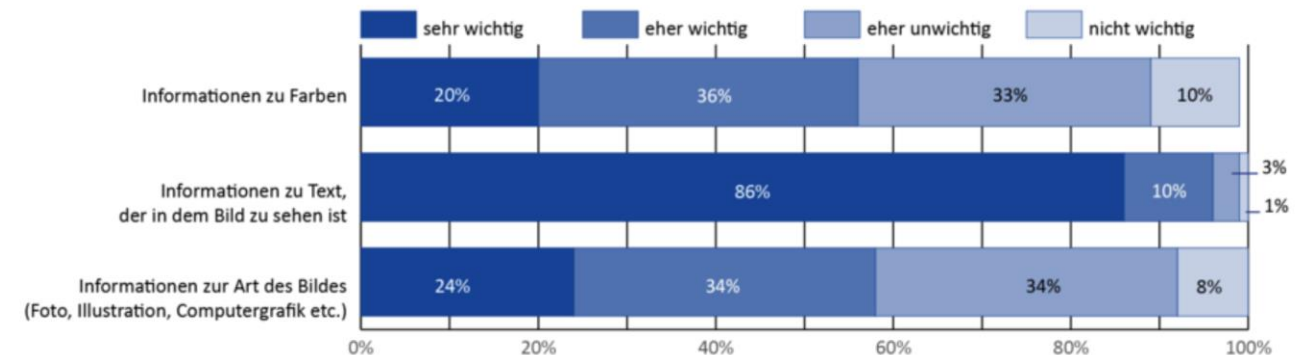


Umfrageergebnisse „Alternativtexte in Social Media“ des DBSV aus <https://www.dbsv.org/umfrageergebnisse-alternativtexte.html>

Kreisdiagramm über die gewünschte Ausführlichkeit der Alternativtexte in Social Media

„Wir nennen Ihnen nun drei grundlegende Informationen, die ein Alternativtext auf Facebook/Instagram/Twitter enthalten kann. Wie wichtig sind Ihnen diese Informationen?“

(n=234)



Gestapeltes Balkendiagramm mit Bewertung der Wichtigkeit verschiedener Informationen in Alternativtexten

Alternativtexte | Weiterführende Quellen

- [Fernuni Hagen Checkliste Alttexte \(PDF-Datei\)](#)
- [Praxisleitfaden textbasierte Alternativen des DVBS \(PDF-Datei\)](#)
- [Image Description Guidelines vom DIAGRAM Center](#)
- [Beispiele, Erläuterungen und Techniken der WCAG 2.2](#)
- [W3C Anleitung für Bilder \(inkl. Entscheidungsbaum\)](#)
- [Regeln für Textalternativen in Social Media des DBSV](#)

4 Bildbeschreibungen für komplexe Grafiken

Regeln zur Beschreibung komplexer Grafiken

Bildbeschreibungen | Komplexe Grafiken

für komplexe Abbildungen, Schemata, Abläufe, Diagramme, Gemälde, u. ä.

→ **Alternativtext + zusätzliche Beschreibung** bereitstellen

Verweis auf Beschreibung bzw. deren Fundort im Alternativtext oder in Caption

EINSCHUB: Alternativtexte vs. Captions

Alternativtext

- kurz, 1-2 Sätze
- meist nur von Screenreadern sichtbar
- Inhaltlicher Überblick über Grafikinhalte – neutral!
- Pflicht für barrierefreie Webseiten, PDF-Dokumente, Apps
- ggf. Verweis zur erweiterten Beschreibung

Caption

- Untertitel eines Bildes
- für alle visuell sichtbar
- auch Ergänzungen, Erklärungen, Annotationen möglich
- ggf. Verweis zur erweiterten Beschreibung

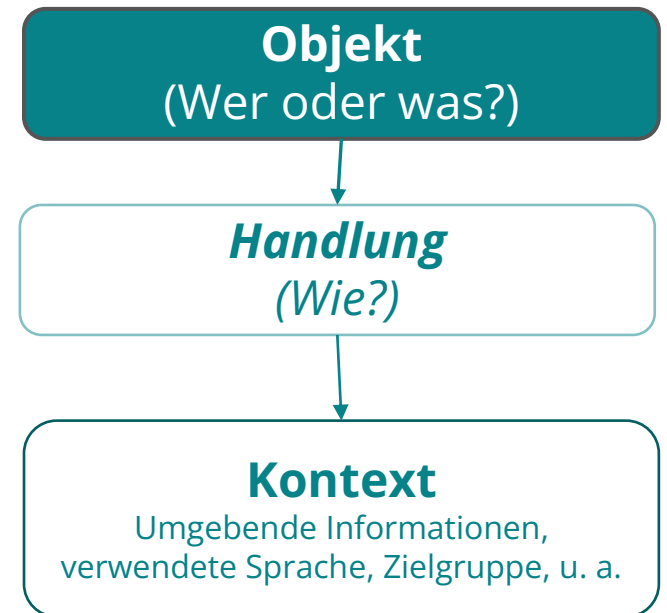
Bildbeschreibungen | Komplexe Grafiken

für komplexe Abbildungen, Schemata, Abläufe, Diagramme u. ä.

→ **Alternativtext** + **zusätzliche Beschreibung** bereitstellen

Verweis auf Beschreibung bzw. deren Fundort im Alternativtext oder in Caption

- Beginn: Kurzer **Überblick** über das Bild (Grafiktyp, Hauptinhalt)
- Übersichtlichkeit und **Verständnis** sehr wichtig
- **Kontext** und **Zielgruppe** bedenken
- **visuelle Konzepte** erklären
- **Größenvergleiche** sinnvoll, z.B. so groß wie ein Apfel
- Inhalte (komplexer) Beschreibungen **gliedern** (z. B. Verwendung von Listen für Aufzählungen, Überschriften, weitere Textstrukturierungen)
- eindeutige **Zuordnung** der Beschreibung zum Bild gewährleisten
- **Guidelines** und Templates spezieller Grafiktypen beachten



**Wie können Bildbeschreibungen
mit verschiedenen Formaten
(z.B. HTML, SVG, Word etc.)
integriert werden?**

1. Verweis im Alt-Attribut auf Beschreibung

Codebeispiel

(Ausschnitt, Verweis auf ausführliche Beschreibung):

```
  
[...]  
<h4>Durchschnittliche Ausgaben</h4>  
//Bildbeschreibung...
```

Nachteil:

- Beschreibung und Bild sind semantisch nicht verbunden
- Verweis auf Beschreibung nur für Screenreadernutzende sichtbar
- Beschreibung sollte auf gleicher Seite sein

Alt-Attribut

- Pflichtattribut für Grafiken
- Zweck: Kurze Inhaltsbeschreibung, Verweis auf Kontext bzw. Langbeschreibung
- Leeres Alt-Attribut wird von Screenreadern ignoriert (z.B. für Schmuckgrafiken)
- Title-Attribut ist keine Alternative!
- Hinweis zum Ort der detaillierten Beschreibung geben

2. Nutzung eines Textlinks zur Beschreibung

Codebeispiel:

```
  
<br>  
<a href="beschreibung_diagramm.html"> See  
beschreibung_diagram.html to get the description  
of the chart. </a>
```

Vorteil:

+ Beschreibung ist für alle Nutzenden sichtbar und zugänglich

Nachteil:

- keine semantische Verbindung zwischen Beschreibung und Bild

Alt-Attribut

- Pflichtattribut für Grafiken
- Zweck: Kurze Inhaltsbeschreibung, Verweis auf Kontext bzw. Langbeschreibung
- Leeres Alt-Attribut wird von Screenreadern ignoriert (z.B. für Schmuckgrafiken)
- Title-Attribut ist keine Alternative!
- Hinweis zum Ort der detaillierten Beschreibung geben

Bildbeschreibungen | Longdesc in HTML

3. Beschreibung mittels Longdesc-Elemente zugänglich machen

Codebeispiel (Ausschnitt):

```
<!-- Image with description that is only part of target document -->
```

```

```

```
<!-- Add link to description if its not placed in the near-->
```

```
<a href="example.html#desc2">Long Description </a>
```

```
<!-- Target document --> → zusätzlicher Link zur Beschreibung
empfehlenswert, wenn longdesc nicht
in der Nähe des Bildes
```

```
<section id="desc2">
```

```
<h2>Image foo.png</h2>
```

```
<p>Description of the image...</p>
```

Longdesc-Attribut

- Link zu externen (ausführlichen) Beschreibungen auf der gleichen oder einer anderen Seite
- für alle HTML-Elemente möglich

Nachteile:

- nicht mit allen Screenreadern kompatibel
- Beschreibung nur für Screenreader zugänglich (nicht visuell ersichtlich) ohne Zusatzlink

4. Verwendung von ARIA „aria-describedby“

Codebeispiel (Ausschnitt):

```

```

```
<p id="p1">Ausführliche Beschreibung  
Balkendiagramm 'Ausgaben pro Monat'...</p>
```

- eher für zugängliche Namen von Labeln, Eingabefeldern, Buttons, o. Ä. verwendet
- weniger geeignet für Bildbeschreibungen

- Referenz zu Beschreibungen auf der gleichen Seite
- versteckte Beschreibungen möglich (Offscreen div)

Vorteile:

- + keine Nutzerinteraktion nötig (wird nach alt-Attribut vorgelesen)
- + gute Screenreaderkompatibilität
- + für alle sichtbar

Nachteile:

- Beschreibung ist reiner String (keine semantische Gliederung)
- muss auf gleicher Seite sein

1. Hinweis auf Beschreibung im Alt-Text

- Beschreibung auf selber Seite
- nicht für alle sichtbar
- keine semantische Verbindung zwischen Bild und Beschreibung

2. Textlink in der Nähe des Bildes

- keine semantische Verbindung zwischen Bild und Beschreibung
- für alle sichtbar

3. Longdesc-HTML Element

- URI zur selben seite oder Link zu externer Seite mit Beschreibung
- Wenn extern: zusätzlicher sichtbarer Link empfohlen
- teilweise Kompatibilitätsprobleme

4. Verwendung von ARIA „aria-describedby“

- Beschreibung nicht strukturierbar (String)
- muss auf derselben Seite platziert sein

Bildbeschreibungen | Vorteile!

- **Besseres Verständnis** für alle Menschen, v.a. komplexer Grafiken
- **Vermeiden von Missinterpretationen** und Mehrdeutigkeiten
- **Verbesserung** der **Usability** der Webseite/des Dokuments für verschiedene Anwendungsfälle, z. B.
 - situationsbedingte Beeinträchtigungen (z.B. Auto fahren, Lichtverhältnisse)
 - Vorhandensein geringer kognitiver Ressourcen (z. B. Ermüdung, Erschöpfung)
 - Vermeidung von Missverständnissen aufgrund unterschiedlicher Bildsprache (z. B. aufgrund kultureller Unterschiede, neurodivergente Menschen)
- Zugang zu Grafiken für Menschen mit **geringer Bandbreite** (Lade- und Anzeigeprobleme)
- Verbesserung des Rankings der Webseite → Maßgebliche **Verbesserung** der **SEO!**
- Google verwendet Alternativtexte zum besseren Verständnis des Bildes und des Webseiteninhalts
- [Best Practices für Google Bilder \(von Google Developers\)](#)



- **erhöht Verständnis** von Grafiken für alle Betrachtenden
- **Lesbarkeit** ohne Grafikprogramm möglich
- alle Elemente **semantisch** kennzeichnen:
 - wenn möglich Basistypen statt `path` verwenden (z.B. `circle`, `rect`, `line`, `polygon` etc.)
 - **Textalternativen** und -beschreibungen: `title`, `desc`, `meta`
 - **Gruppierungen** von Elementen mit `g`
 - sinnvolle **Wiederverwendung** gleichbedeutender, separat definierter Elemente mit `use`
 - Objekttransformationen vermeiden (Linienstile, Schriftgrößen etc. werden mitskaliert)

Möglichkeit 1: Externe SVG-Grafik

externe SVG Grafik kann via ``-Tag wie Pixelgrafik eingebunden werden (Alternativtext)

```
<img src=„beispiel.svg“ alt=„eine beispielhafte Grafik“/>
```

Möglichkeit 2: Inline-SVG

- `<Title>` und `<Desc>` zur Beschreibung der Elemente + `arialabelledby` im `svg`-Tag (besserer Browsersupport)
- `tabindex` kann für einzelne Elemente festgelegt werden, sodass SVG-Datei navigierbar wird

Bildbeschreibungen | Bereitstellung in SVG

Beispiel: Inline SVG

```
<svg viewBox="0 0 100 100" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" role="img"
aria-labelledby="t1 d1 t2 d2 t3 d3">
```

```
<title id="t1">Beispiel SVG</title>
```

```
<desc id="d1">Eine Beispielgrafik mit Beschreibungen für Screenreader </desc>
```

```
<g>
```

```
<title id="t2"> Kreis </title>
```

```
<desc id="d2"> Weißer Kreis mit schwarzer Kontur </desc>
```

```
<circle cx="40" cy="78" r="20" stroke="black" stroke-width="2" fill="white" />
```

```
</g>
```

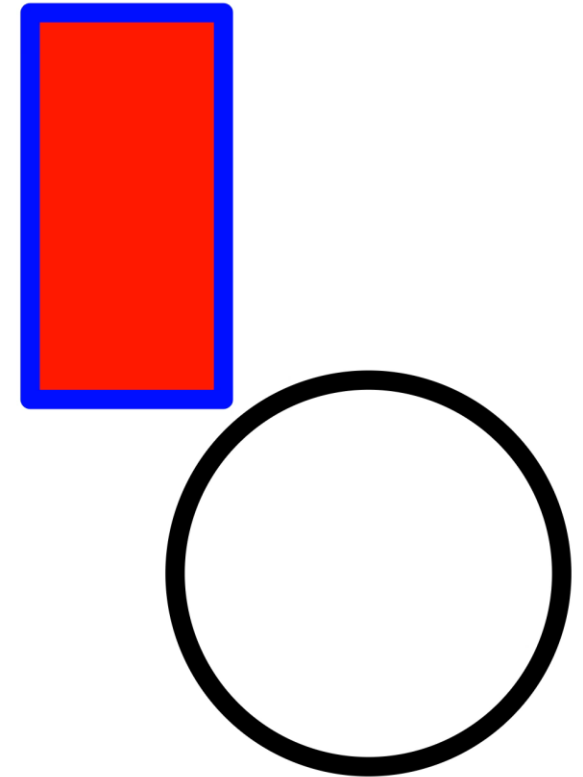
```
<g>
```

```
<title id="t3"> Rechteck </title>
```

```
<desc id="d3"> Ein rotes Rechteck mit blauer Kontur, doppelt so hoch wie breit
</desc>
```

```
<rect x="5" y="20" width="20" height="40" stroke="blue" stroke-width="2" fill="red" />
```

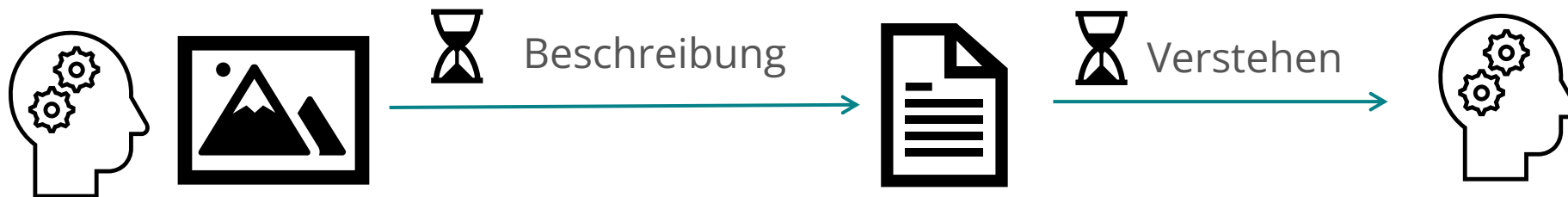
```
</g> </svg>
```



Ausgabe der Beispiel SVG

Bildbeschreibungen | Herausforderungen

- nur eine **mögliche Interpretation** → subjektiv, abhängig von Wissen und Fähigkeiten des Erstellenden
- Notationscharakteristiken schwer verbalisierbar
- Erstellung und Wahrnehmung langer Bildbeschreibungen ist **zeitintensiv** und benötigt hohe **kognitive Ressourcen**
- keine einheitlichen Standards
- **Detaillierungsgrad** stark von Nutzung, Kontext, Vorwissen abhängig
- stark **kontextabhängig** und abhängig von **Funktion/Zweck** des Bildes



Exkurs: Barrierefreiheit – WARUM?

Gedankenexperiment

Stellen Sie sich vor: Sie beraten eine Firma bei der Umsetzung einer neuen Webseite. Sie möchten Ihre:n Kund:in davon überzeugen, Barrierefreiheit bei der Umsetzung zu berücksichtigen. Die Webseite enthält viele Grafiken und Bilder, wodurch der Aufwand dafür entsprechend groß ist.

Fiktive, aber realistische Reaktionen könnten sein...

Exkurs: Barrierefreiheit – WARUM?

Wir können nicht alle Bilder beschreiben. Das ist viel zu aufwändig und kostet zu viel Zeit! Das lohnt sich für uns nicht.



Foto von [Andrea Piacquadio](#) von [Pexels](#)

Das bedeutet für uns einen großen Mehraufwand...dafür, dass ein Großteil unserer Kundschaft davon nicht profitiert...



Foto von [Andrea Piacquadio](#) von [Pexels](#)

Den Aufwand können wir uns sparen, da unsere Produkte ohnehin nicht für Menschen mit Blindheit ausgelegt sind.



Foto von [Dima Valkov](#) von [Pexels](#)

Ich glaube nicht, dass wir das machen müssen. Andere Firmen machen das auch nicht und wir sind dazu auch nicht verpflichtet.



Foto von [Andrea Piacquadio](#) von [Pexels](#)

Exkurs: Barrierefreiheit – WARUM?

Gedankenexperiment

Stellen Sie sich vor: Sie beraten eine Firma bei der Umsetzung einer neuen Webseite. Sie möchten Ihre:n Kund:in davon überzeugen, Barrierefreiheit bei der Umsetzung zu berücksichtigen. Die Webseite enthält viele Grafiken und Bilder, wodurch der Aufwand dafür entsprechend groß ist.

Welche Argumente können Sie anbringen, um Ihre:n Kund:in zu überzeugen?

The background image shows a multi-level modern building interior. On the right, a white spiral staircase winds upwards. The ground floor has a bright yellow floor with several large, abstract, yellow-green sculptures. In the upper left, a balcony with a metal railing has three people looking at a device. The building's facade is dark with large windows and greenery integrated into the design.

Referentin: Christin Engel, M. Sc.

Professur Mensch-Computer Interaktion

Engineering barrierefreier Medien

Zugängliche Grafiken

Teil 2 Forschungen zu zugänglichen, taktilen Grafiken am Anwendungsbeispiel von Informationsvisualisierungen und Gebäudekarten

Hybride Lehrveranstaltung mit Videoaufzeichnung des Vortrags

Online-Teilnehmende



Mikrofon
ausschalten, sofern
keine Wortmeldung



Handzeichen geben,
um Wortmeldung
anzuzeigen



Chat für Fragen
nutzen

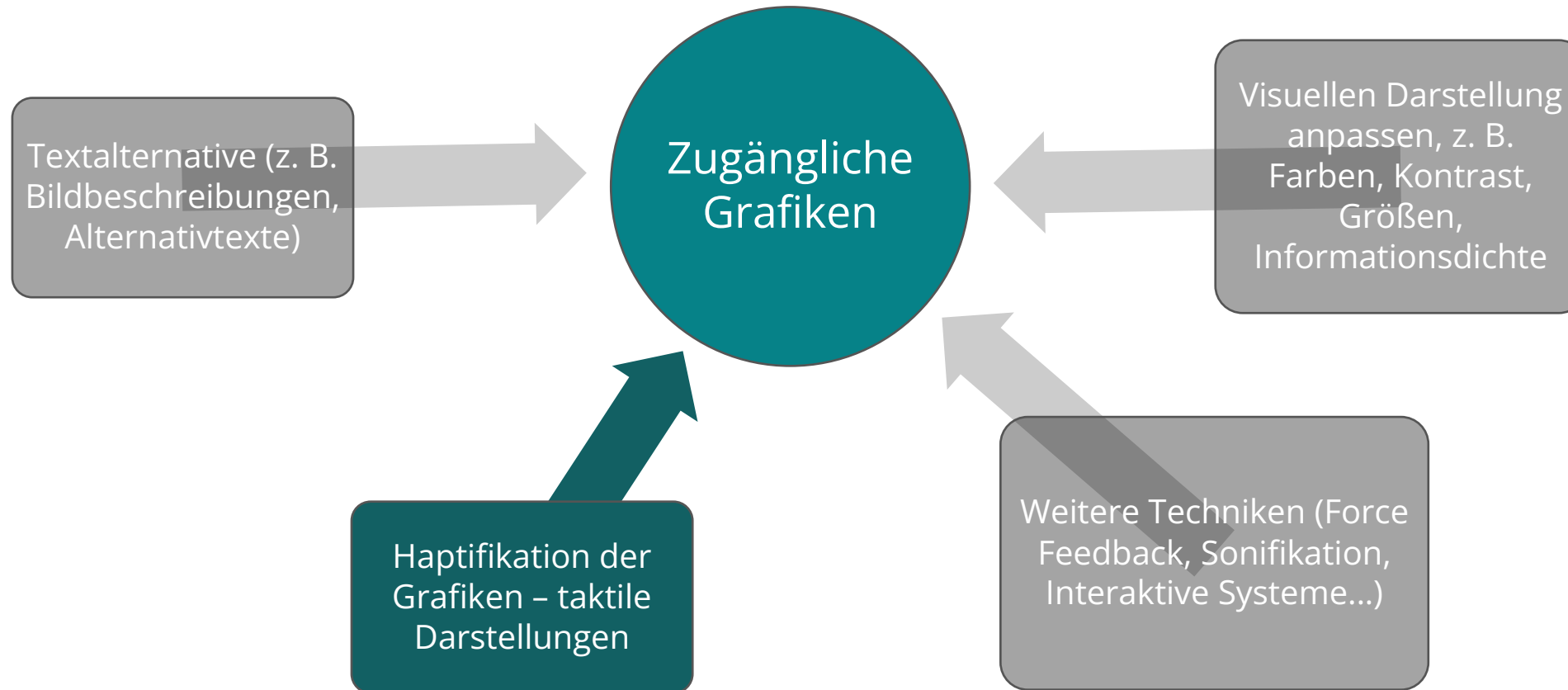
- Bitte zeitnah Hinweise bei Herausforderungen, Fragen, Missverständnissen oder technischen Problemen geben.

A close-up photograph of a hand with fingers pointing to a tactile grid on a page. The grid consists of several rectangular cells, some containing solid lines and others containing a pattern of small black dots. The background is slightly blurred, showing more of the grid structure.

5 Taktile Grafiken

Einführung und Gestaltung

Grafiken für Menschen mit Beeinträchtigungen (z.B. Blindheit oder Sehbeeinträchtigung, kognitive Beeinträchtigungen) zugänglich gestalten



Taktile Grafiken | Selbsttest

Schließen Sie die Augen und legen Sie eine oder beide Hände auf die Unterlage, die vor Ihnen ist (z.B. Tisch, Bett...).

1. Legen Sie eine Hand flach auf den Untergrund, ohne sie zu bewegen.

Was fühlen Sie? Welche Eigenschaften des Untergrundes können Sie wahrnehmen?

2. Führen Sie kreisende Bewegungen aus, um die ungefähren Ausmaße zu bestimmen.

3. Beginnen Sie nun Ihre Hand/Finger über den Untergrund zu bewegen.

Erfühlen Sie die Oberflächenstruktur. Welche Eigenschaften nehmen Sie wahr?

Was nehmen Sie wahr?

Temperatur? Oberflächenstruktur? Material? Rauigkeit? Muster? ...

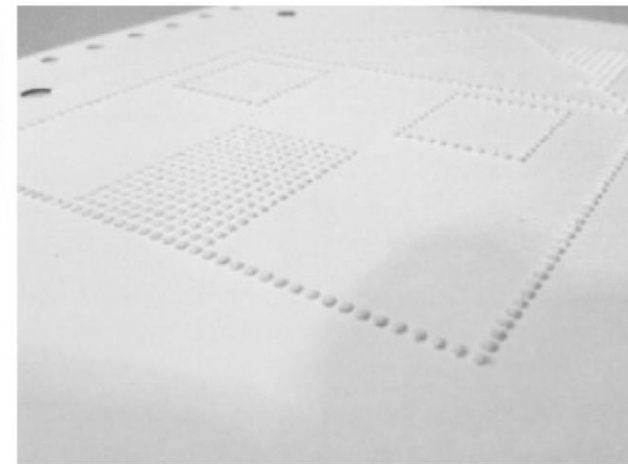
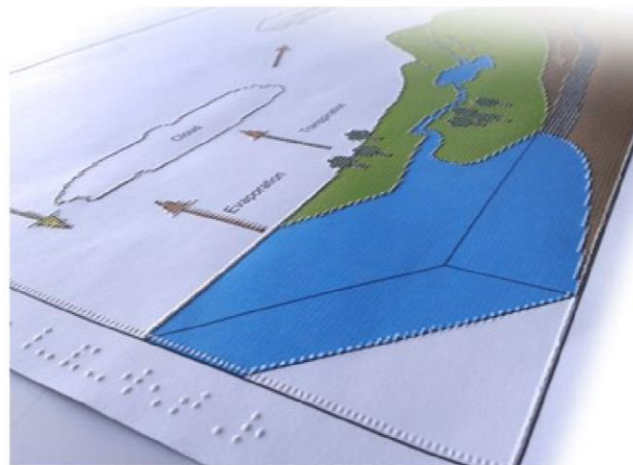
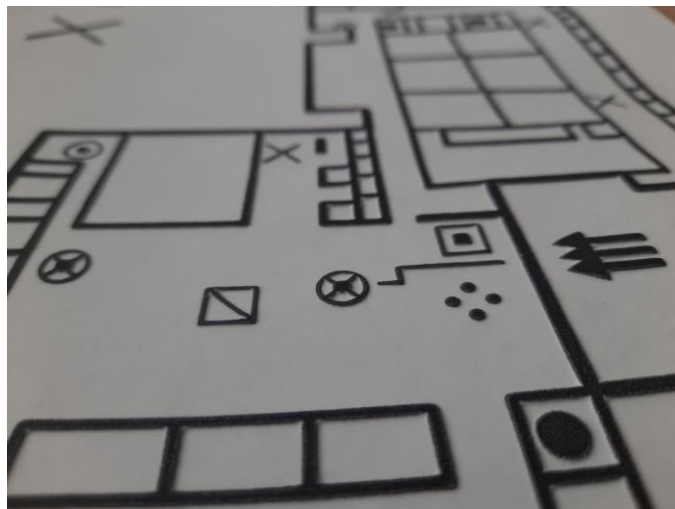
Auf welche Art konnten Sie mehr Informationen erfassen?

Ruhende Hand vs. bewegte Hand/Finger



Taktile Grafiken | Definition

- zahlreiche Informationen mittels **Haptik** wahrnehmbar
- **fühlbare Grafiken**, wahrnehmbar mit Tastsinn
- bestehen aus erhabenen **Punktsymbolen, Linien** und **Texturen** → Unterscheidung (Farbersatz)
- häufig in Kombination mit **Braille-Beschriftungen**
- verschiedene **Erstellungsverfahren** und Techniken verfügbar



Beispiele verschiedener taktiler Grafiken, v.l.n.r. Schweltpapier, Prägedruck, Brilledruck

Taktile Grafiken | Verschiedene Herstellungsmethoden

- Gestaltungseigenschaften und Auflösung sowie taktile Variablen stark von Herstellungsmethode abhängig
- Unterschiede in Haltbarkeit, Mobilität, Vervielfältigung, Veränderbarkeit, Druckhöhe, Druck/Prägestärke, Auflösung, ...



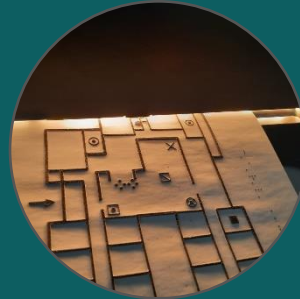
Punktreliefs



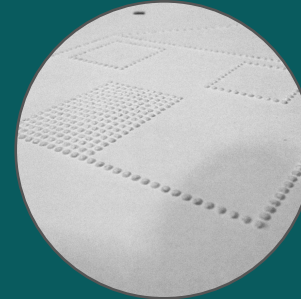
Tiefziehfolie



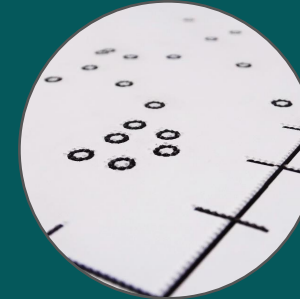
Kollagen



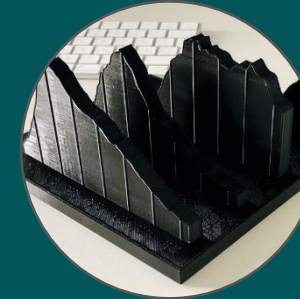
Schwellpapier



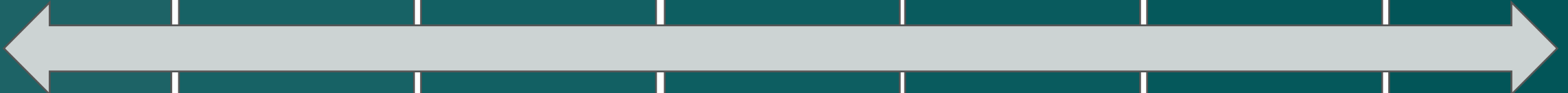
Brailledruck



**Taktile
Prägedruck**



3D-Druck



Taktile Grafiken | Distributionsformen



Prägen von Punkten in Zinkblech [Quelle](#)



Folienrelief mit Basismatrize der DZB lesen Leipzig [Quelle](#)



Tiefziehfolie [Quelle](#)



Manuell hergestellte Kollage aus verschiedenen Materialien

Taktile Grafiken | Distribution Braille Drucker

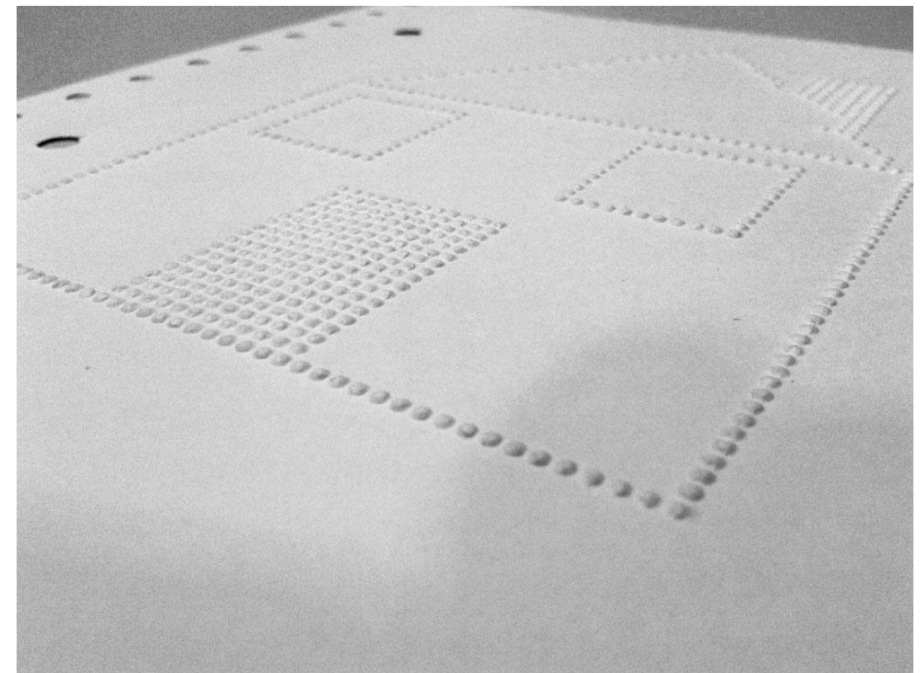
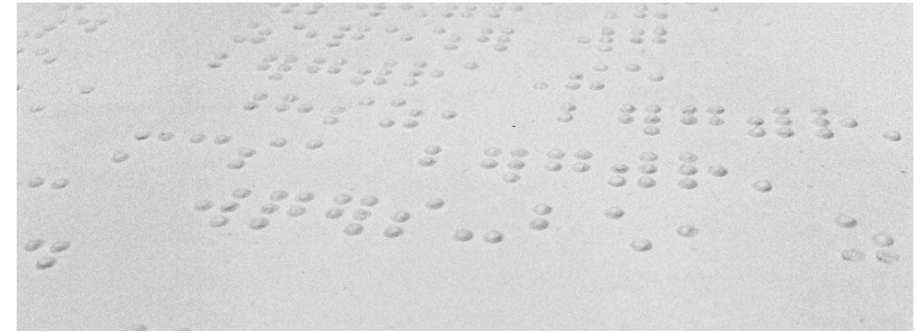
- Für Braille-Schrift-Druck optimiert
- Punktabstand lässt sich verändern (Braille-Schrift, äquidistant)

Vorteile:

- ✓ Tiefe Prägung
- ✓ Variable Auflösung
- ✓ Kann aus Text generiert werden
- ✓ Duplexdruck möglich

Nachteile:

- Geringe Auflösung (ca. 10 dpi)
- nur eine Reliefhöhe sicher erkennbar



Taktile Grafiken | Distribution Schwellopapier

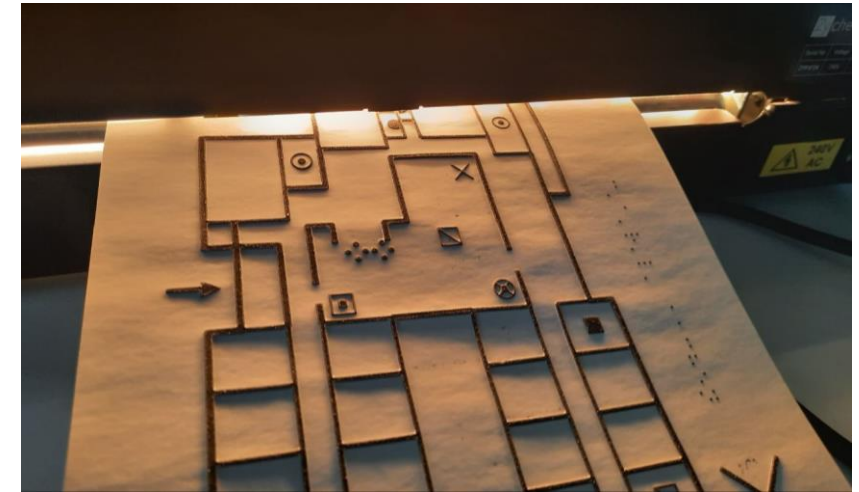
- Druck auf Spezialpapier → gleichmäßig erhitzen
- Helligkeitswert entspricht Schwellhöhe: Je dunkler desto höher geschwellt

Vorteile:

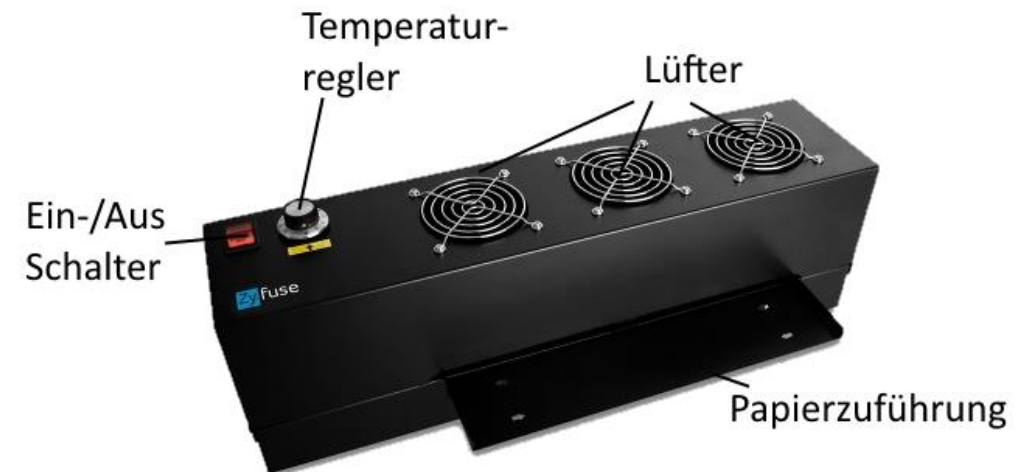
- ✓ Handelsübliche Laserprinter verwendbar
- ✓ Glatte Linienverläufe
- ✓ Unterschiedliche Relieffhöhen
- ✓ Hohe Auflösung

Nachteile:

- Schlecht für Braille-Schrift
- Keine harten Kanten
- Benötigt Spezialgerät zum „Schwellen“ (Fuser)
- Schwellopapier ist preisintensiv (ca. 1€ pro A4 Blatt)



Schwellen mit einem Fuser



Taktile Grafiken | Distribution Prägedruck für Grafiken

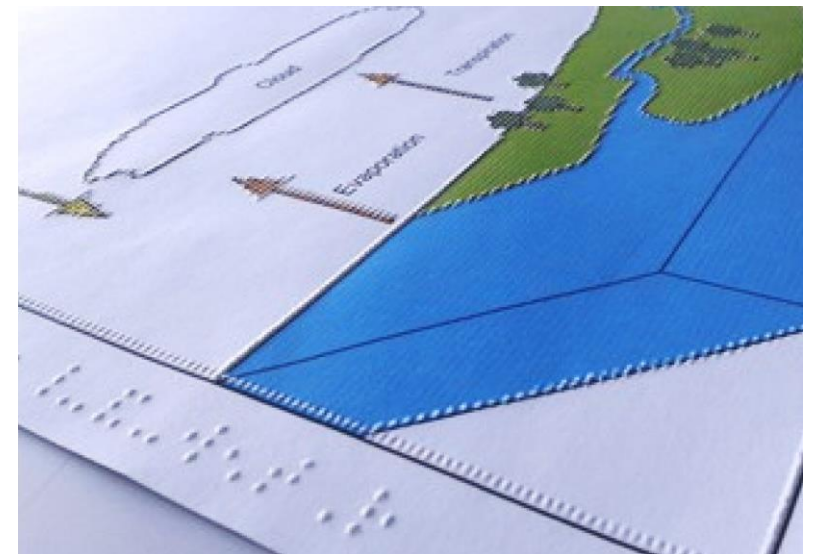
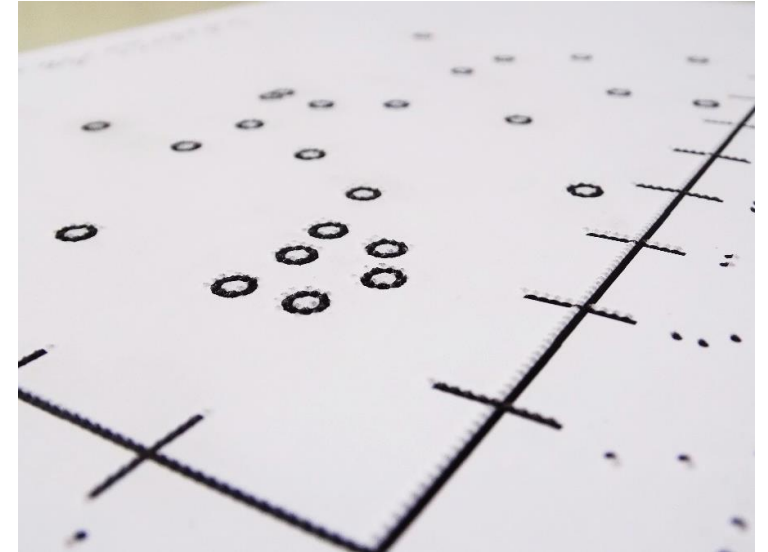
- für Grafikdruck optimiert
- Automatische Umsetzung von Helligkeitswerten in Reliefhöhen

Vorteile:

- ✓ 8 Stufen von Prägungstiefen (praktisch max. 3 unterscheidbar)
- ✓ scharfe Kanten und Linien
- ✓ große Papierformate
- ✓ kombinierbar mit Schwarzschrift, Farben

Nachteile:

- Auflösung (ca. 20 dpi)
- kostenintensive Hardware
- unüblicher als Braille-Druck → geringe Verfügbarkeit



Taktile Grafiken | Distribution 3D-Modelle

Dreidimensionale Körper zur Vermeidung perspektivischer Abbildungen (Projektionsbilder in 2D)

Vorteile:

- ✓ Veranschaulichung von Volumina möglich
- ✓ Realitätsnahe, haptisch angepasste Modelle
- ✓ beliebige Druckhöhen und Detailgrad möglich
- ✓ auch Braille-Schrift druckbar
- ✓ Einsatz von Farben möglich
- ✓ unterschiedliche Materialien

Nachteile:

- teilweise zeitintensive Erstellung der 3D-Modelle
- teilweise lange Druckzeiten
- Erstellung erfordert Expertise



3D Modell eines Flächendiagramms hergestellt mit 3D-Drucker
Quelle: [Prof. MCI](#)

Umfragen zu Erstellung und Erfahrung mit taktilen Medien

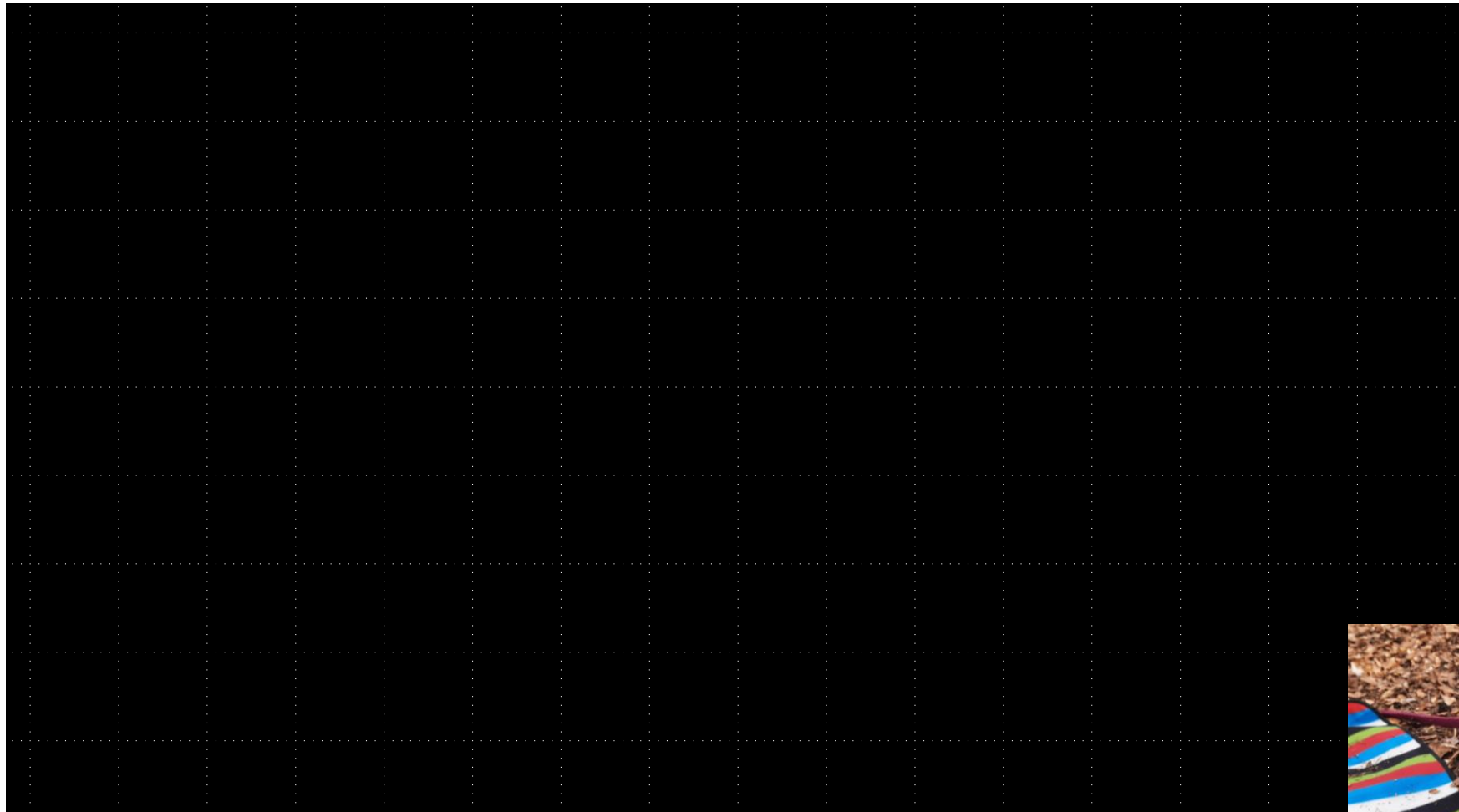
Verfahren	Erstellung (Institutionen) *	Verwendung (Nutzer:innen) **
Schwellpapier	80 %	90 %
Brailledrucker	55 %	72 %
Kollage	20 %	62 %
Tiefziehfolie	55 %	87 %
3D-Model	20 %	63 %

* Befragung von 20 deutschsprachigen Institutionen zum Transkriptionsprozess von Grafiken

** Befragung von 78 blinden Menschen mit Erfahrung in der Grafikerkundung

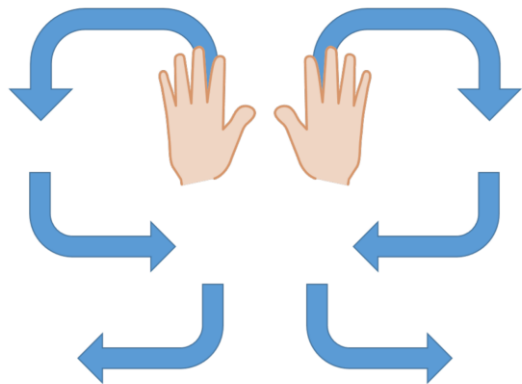
Taktile Grafiken | Erkundung

Grafikerkundung ist ein Prozess – Wahrnehmung durch Bewegung

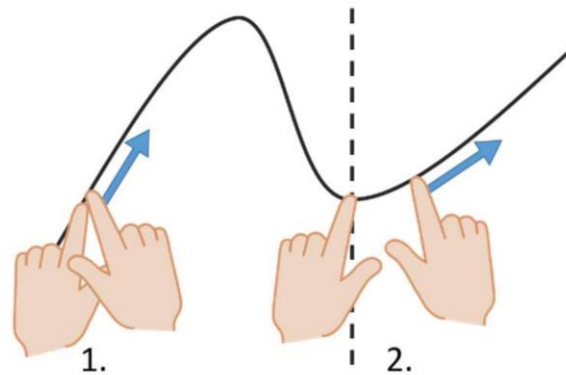


Taktile Grafiken | Erkundung

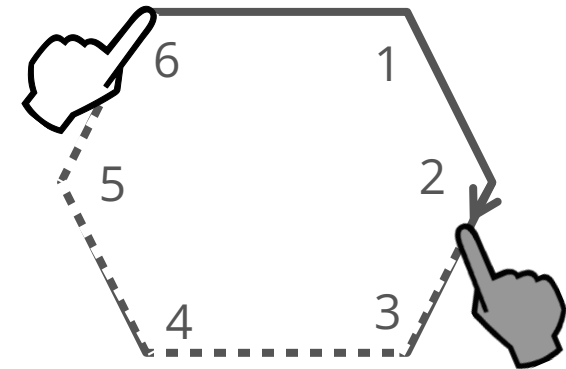
- **Lernprozess:** Erkundung taktiler Grafiken muss erlernt werden
- **Kognitiver Prozess:** Zusammensetzen eines Bildes aus vielen Einzelbildern
- **Strategien:** unterschiedliche Strategien zum Bildverständnis
- **Anwendung:** wird meist in Schule unterrichtet
- **Grafikverständnis:** Minimalverständnis des Grafiktyps wichtig (v.a. bei komplexen Grafiken)
- **Braille:** meist Braillekenntnisse erforderlich



Initiales Abtasten zur Abschätzung der Ausmaße, Grafiktyp

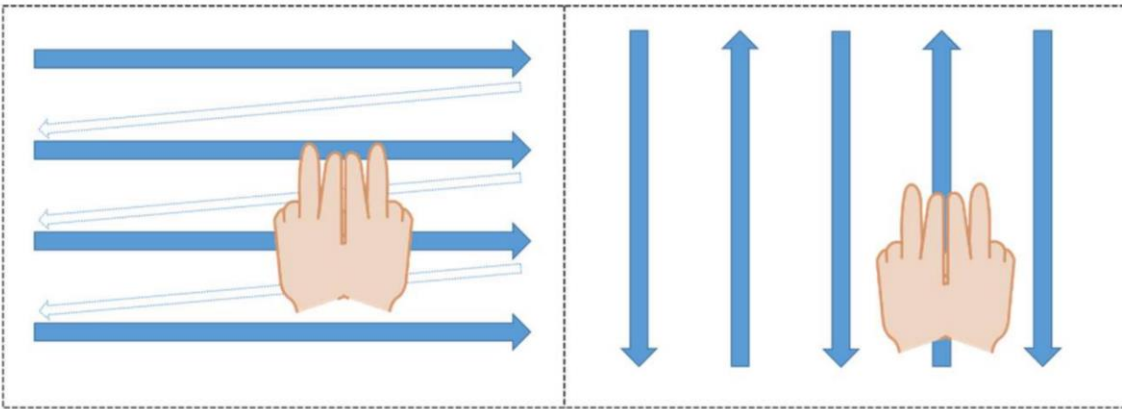


Linienverfolgung und Referenzfinger am Entscheidungspunkt



Linienverfolgung mit Referenz Anfang und Ende

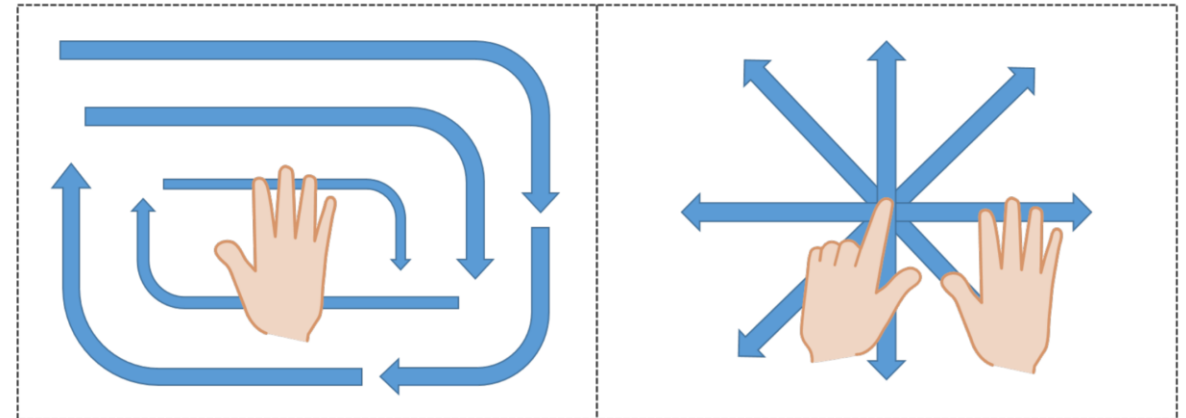
Systematische Strategien (horizontales/vertikales Erkunden)



Synchron, beidhändiges Erkunden von links nach rechts (links) sowie von oben nach unten (rechts)

Perimeter/ Speicherrad-Strategie

Erkundung rundum einen Point-of-Interest



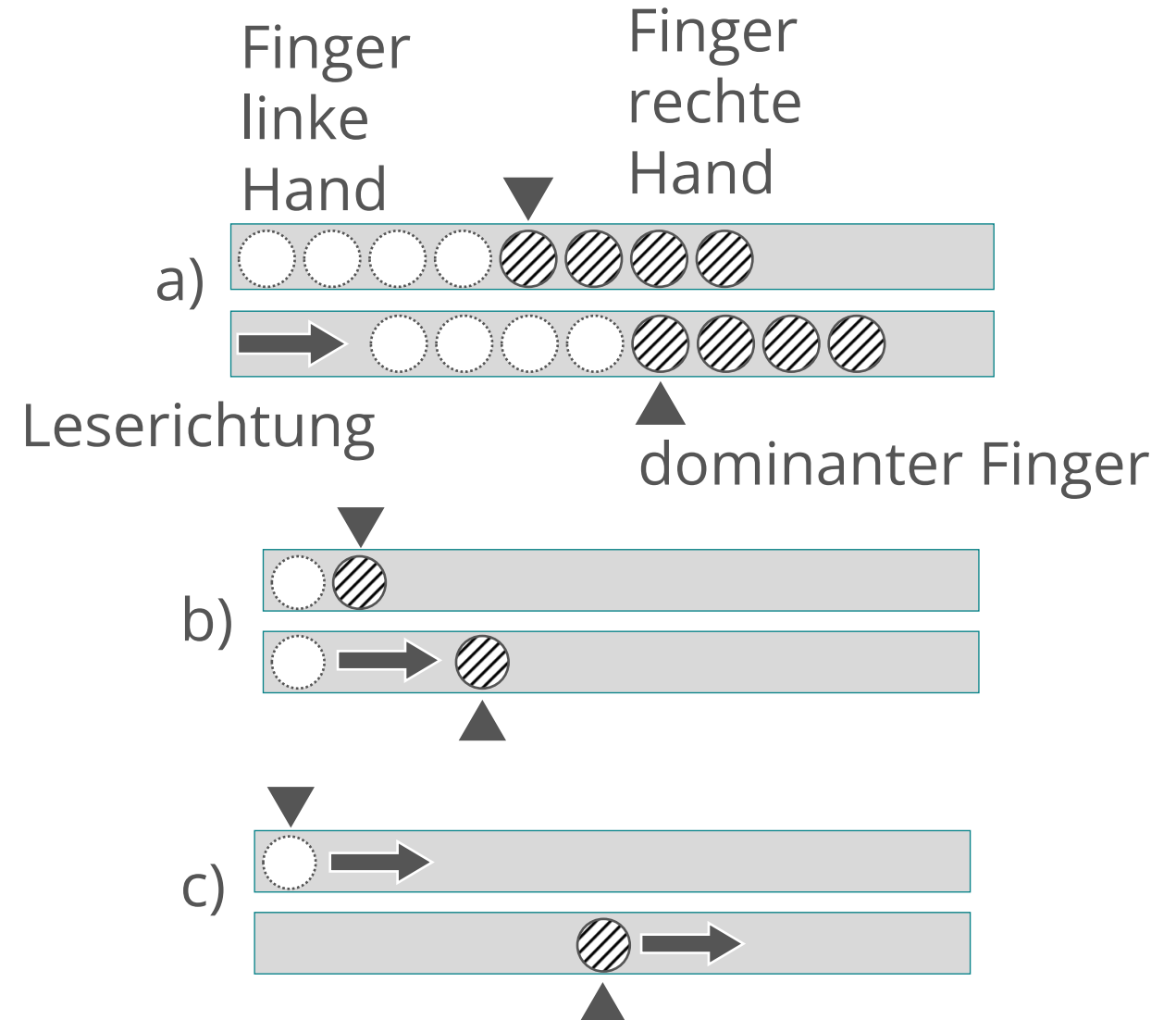
Perimeter-Methode (links) und Speicherrad-Methode (rechts) zur Erkundung taktiler Grafiken

Braille lesen

a) Beide Hände mit vier Fingern
→ Unterstützung beim Verfolgen der Zeile

b) Linker Zeigefinger referenziert und rechter Zeigefinger liest

c) Linker Zeigefinger liest zur Mitte, danach rechter Zeigefinger



Zeitpunkt der
Erblindung (geburts-
/ früherblindet vs.
späterblindet)

Fähigkeiten
(z.B. Sehrest)

Beeinträchtigungen

Alter/ Zielgruppe

Training/ Bildung
(z.B.
Braillekenntnisse)

Vorwissen (z.B.
Grafiktyp)

Erwartung

Umgebung (Indoor,
Outdoor, ...)

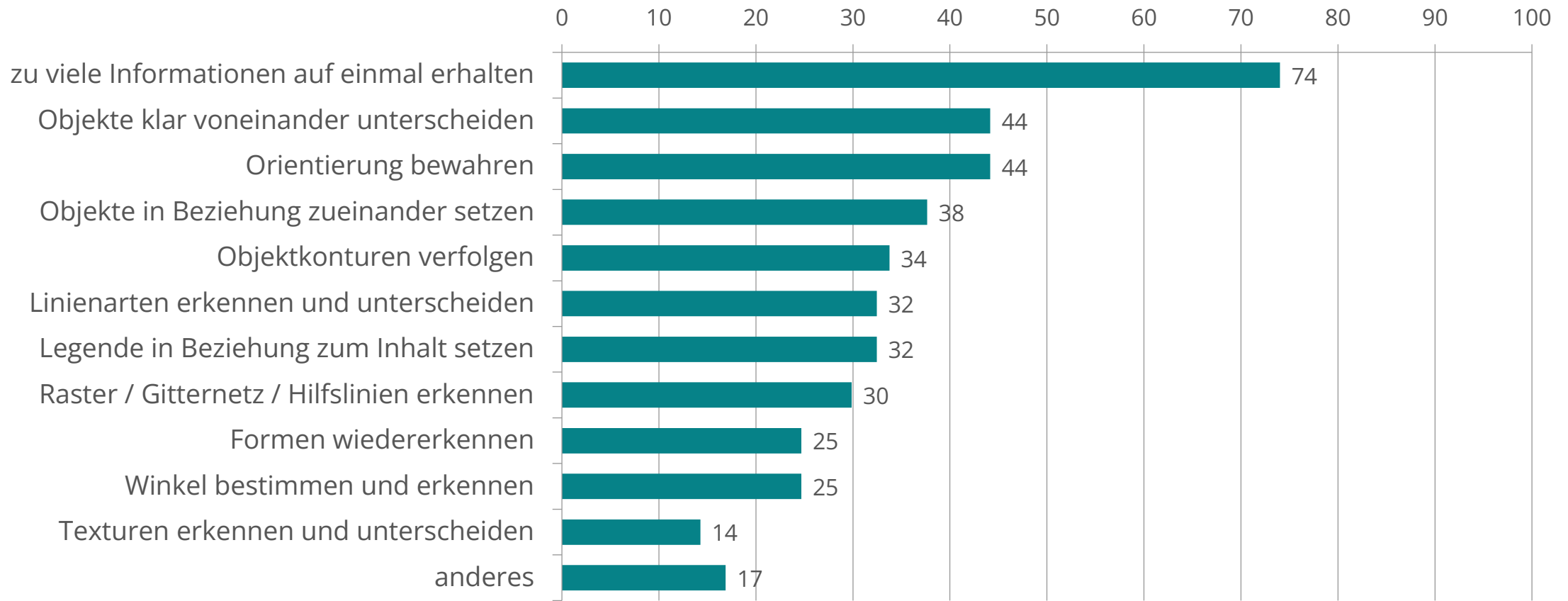
Wesentliches fühlbar gestalten.

Eine Grafik wird durch ein- oder zweihändiges Ertasten „begriffen“.

Probleme:

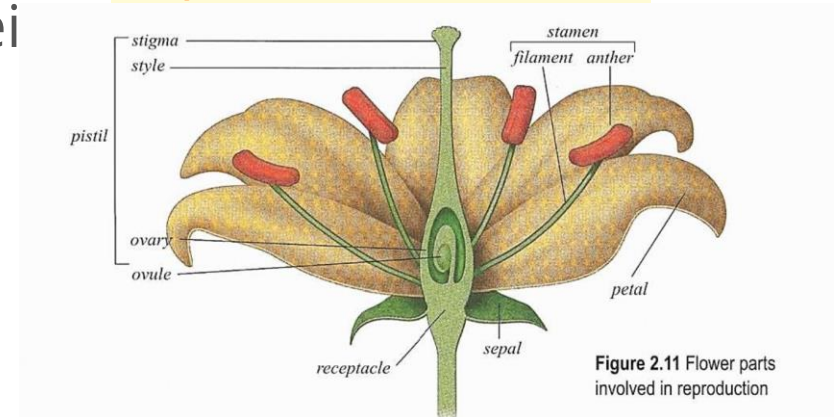
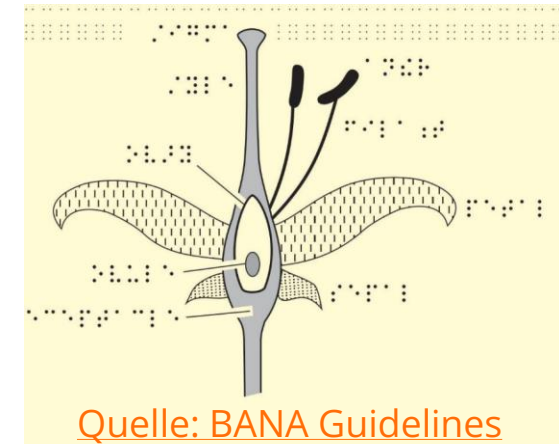
- Wie sollen zusätzliche Hilfslinien/Beschriftungen von den wesentlichen Aussagen der Illustration getrennt gelesen werden?
- Welche ästhetischen Eigenschaften machen eine **gute** taktile Grafik aus?
- Welche speziellen Eigenschaften hat das Ausgabemedium?
- Welche Fehler werden beim Ertasten gemacht?
- Wie kann die Erkennbarkeit und Unterscheidbarkeit gewährleistet werden?

Schwierigkeiten bei der Erkundung taktiler Grafiken (Angaben in %)



Taktile Grafiken | Herausforderungen

- Fehlender sukzessiver Erkundungsvorgang
- zu großes Format (> A3)
- überladen mit Informationen
- mangelhafte taktile Unterscheid- und Erkennbarkeit
- Braille auf Texturen nicht erkennbar
- zu wenige Tastebenen verwendet (Reliefs)
- fehlende Zeichenerklärung (Legende)



Vorhandene Richtlinien beachten, um Fehlerquellen zu vermeiden, z.B.

- *BANA Guidelines and Standards for Tactile Graphics* [BANA Guidelines \(2022\)](#)
- *Richtlinien zur Umsetzung taktiler Grafiken* (Prescher und Bornschein, 2016)
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-196167>

Taktile Grafiken | Allgemeine Richtlinien

- Grundlegende Regeln zur Transkription von visuellen Grafiken in taktile Grafiken
- Gestaltungsanpassungen nötig

Wahrung der ursprünglichen Aussage

Reduzierung der Komplexität

Texturen, Linienstile und Punktsymbole sparsam verwenden

Perspektive vermeiden

Aufteilen komplexer Objekte

Unterscheidbarkeit

Verwendung von Braille-Schrift

Linienlänge

- Stil der Linie muss eindeutig erkennbar sein
- Hauptlinien: mind. 2,5cm lang
- Dreimalige Wiederholung bei unterbrochenen Stilen

Versenkungen

- Wichtige Elemente erhaben darstellen
- Versenkungen sollten mind. 6x6mm groß sein
- Linien immer erhaben

Unterscheidbarkeit

- Mindestabstände und -größen beachten
- Geprüfte Texturensets mit geringer Ähnlichkeit untereinander verwenden



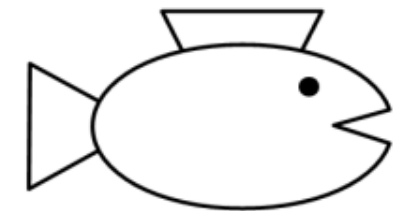
zu kurz



korrekt



falsch



korrekt

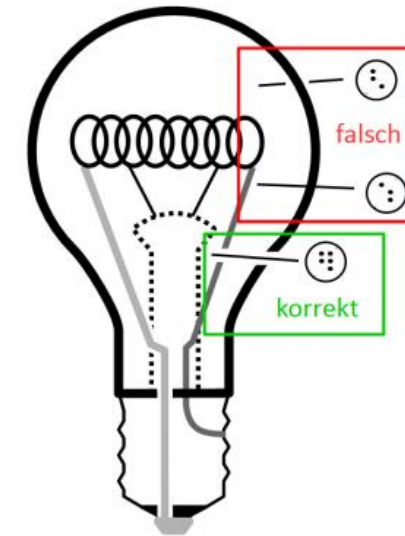
Abb. 3 und 4: Beispiele aus „Richtlinien zur Umsetzung taktiler Grafiken“ von D. Prescher und J. Bornschein. (2016); [Link zur Quelle](#)

Sich kreuzende Linien

- Kleiner Abstand zwischen angrenzenden Texturen und sich kreuzenden Linien (1 bis 2mm)
- Unterbrechung der auffälligeren Linie

Texturen

- Mindestgröße 50x50mm für Bereiche mit Textur
- Abstand zwischen Füllung und Kontur: 2mm
- Mindestens dreimalige Wiederholung des Musters



Fläche zu klein



Textur angemessen
für Fläche

Taktile Grafiken | Unterscheidbarkeit | Füllmuster/ Texturen

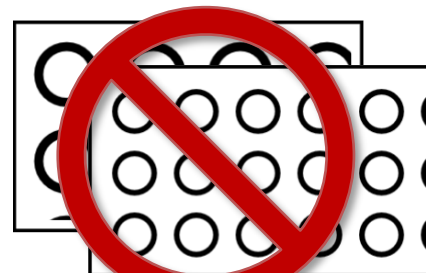
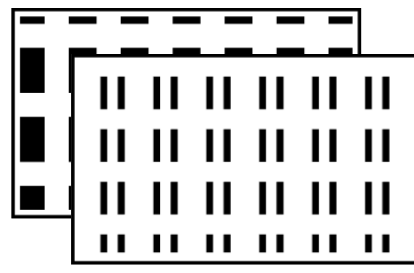
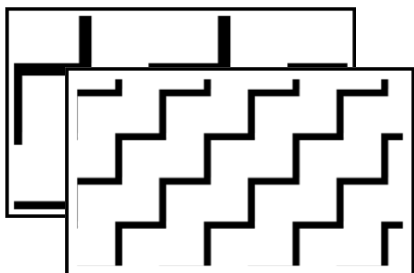
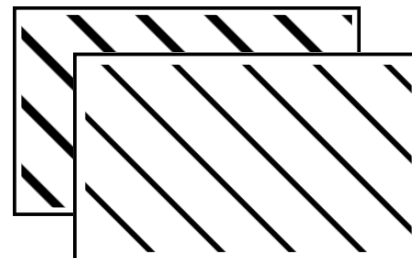
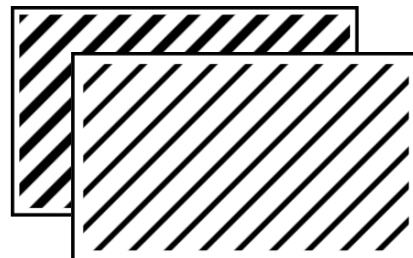
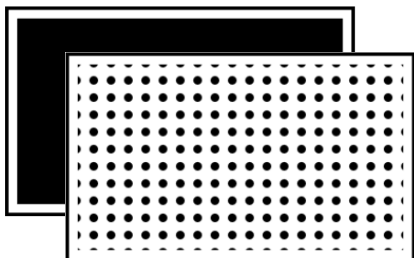
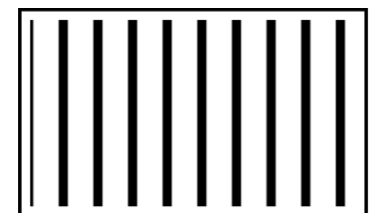
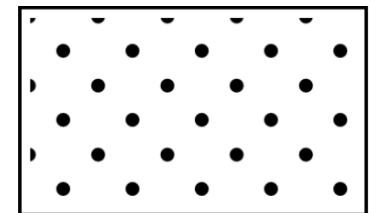
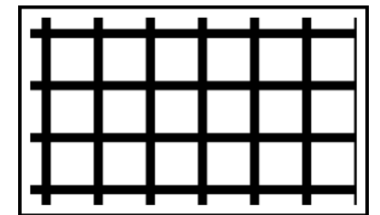
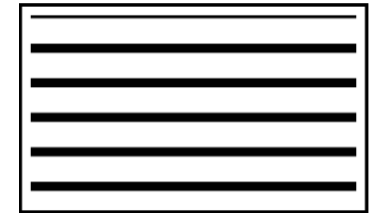
- Verwechslungen ausschließen
- Wiedererkennung ermöglichen (konsistente Nutzung)
- Ausgabemedium einbeziehen
- Flächengröße beachten
- Verwendung evaluierter Texturen-Sets empfohlen



Fläche zu klein



Textur angemessen für Fläche



Taktile Grafiken | Braillebeschriftungen

- Verwendung von Braillefont
- Achtung:** Auf richtige Größe achten!
- kurze Labels hervorheben
- min. zwei Buchstaben für Beschriftungen
- eindeutige Zuordnung zu Element

Merke: Brailleschrift ist nicht skalierbar!

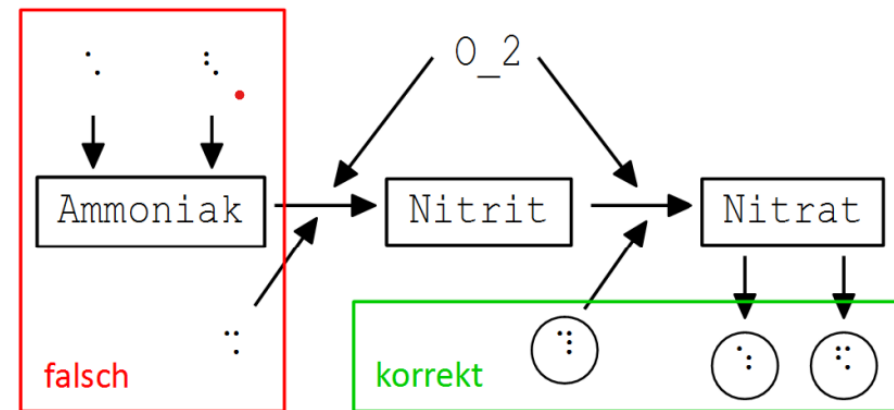
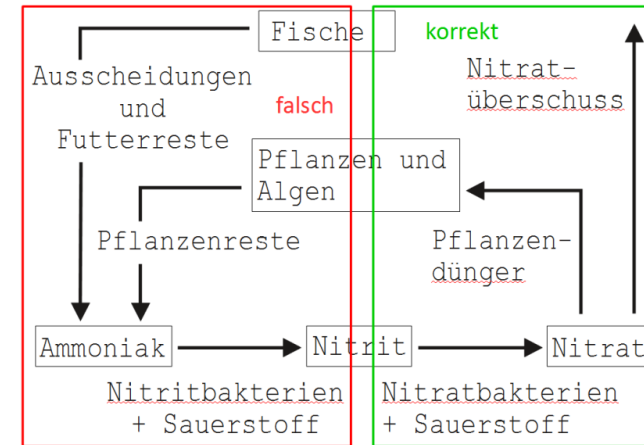
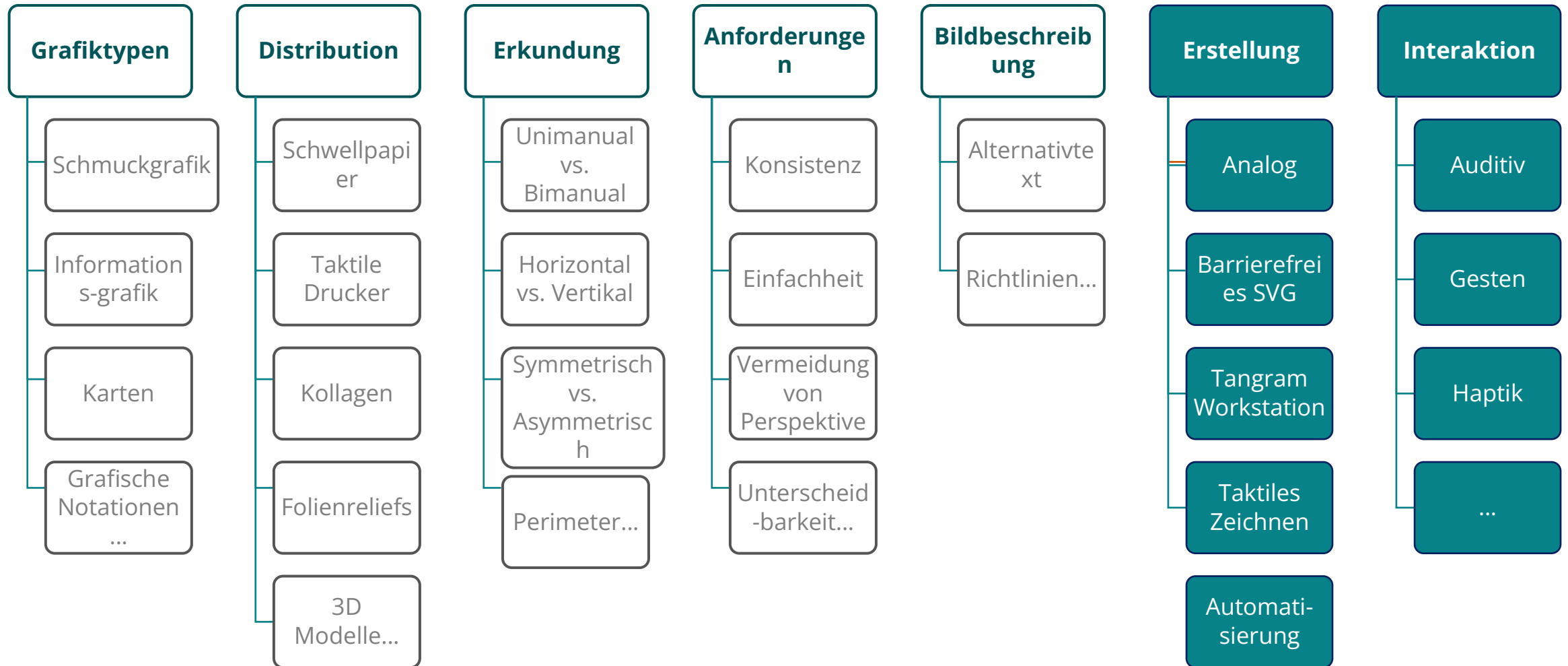


Abbildung 7: Bsp. zur Hervorhebung von sehr kurzen Braille-Beschriftungen

A close-up photograph of a person's hand pointing to a tactile grid on a document. The grid consists of several rectangular cells, some of which contain small black dots. The hand is positioned in the foreground, with the index finger pointing towards the grid. The background is slightly blurred, showing more of the document and the hand.

6 Taktile Grafiken Erstellungsmethoden

Zugängliche Grafiken | Kommendes

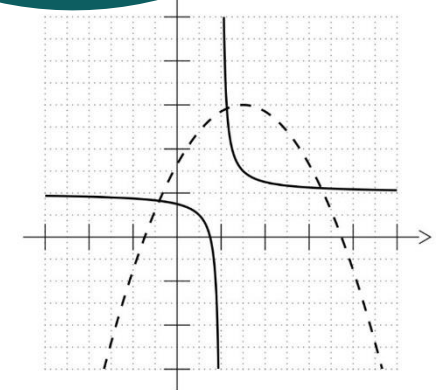
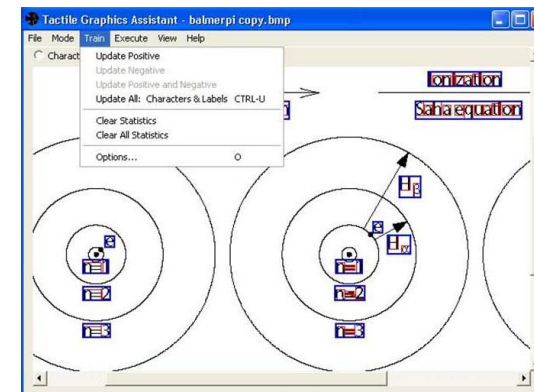
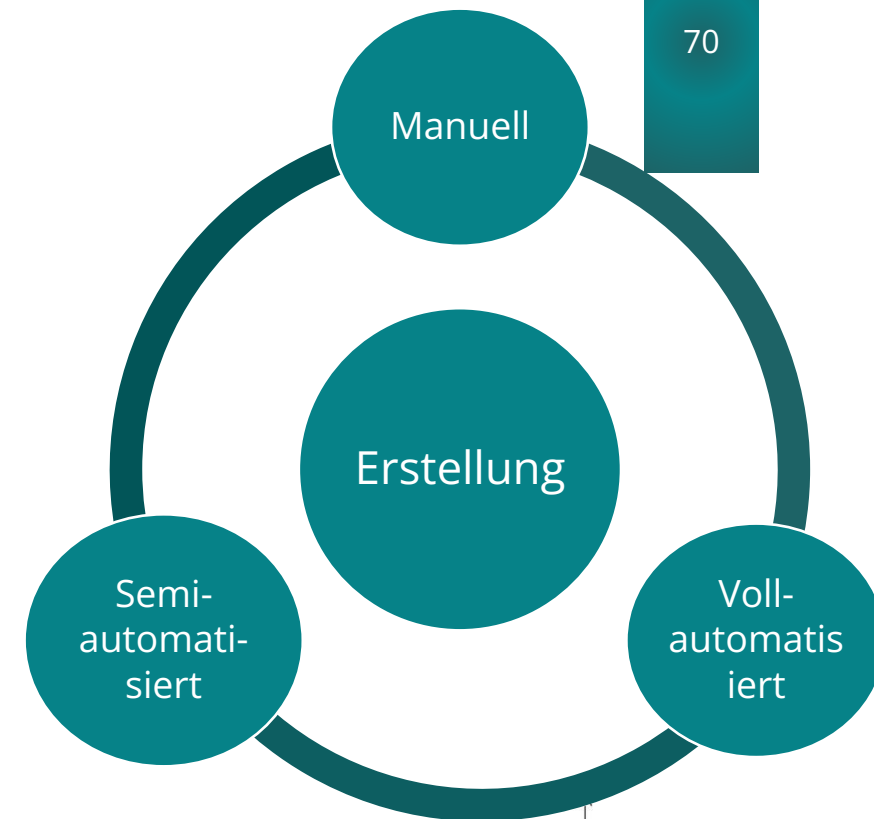


Taktile Grafiken | Erstellung (digital)

- häufig aufwendiger, manueller Prozess
- Richtlinien für taktile Grafiken müssen eingehalten werden
- häufig als Transkription von visuellen Grafiken
- Optimalfall: Autor:in erstellt taktile und visuelle Grafik

Herausforderungen

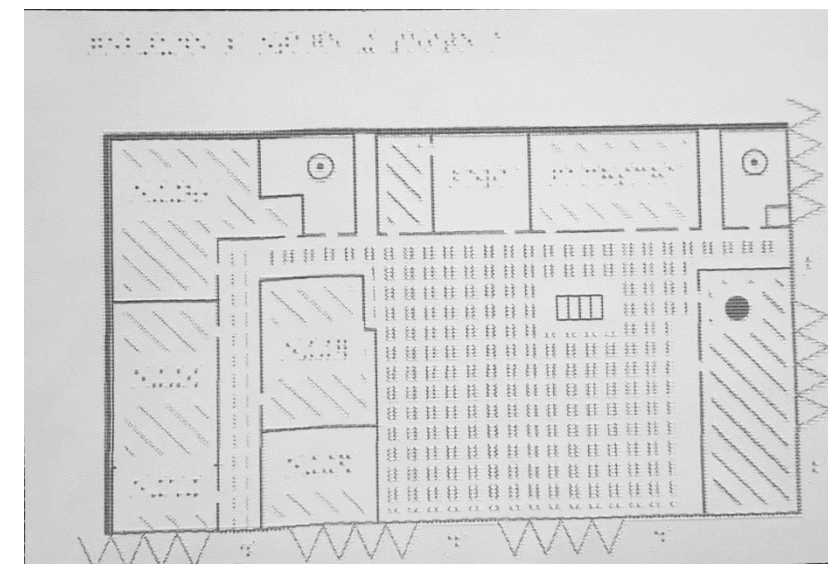
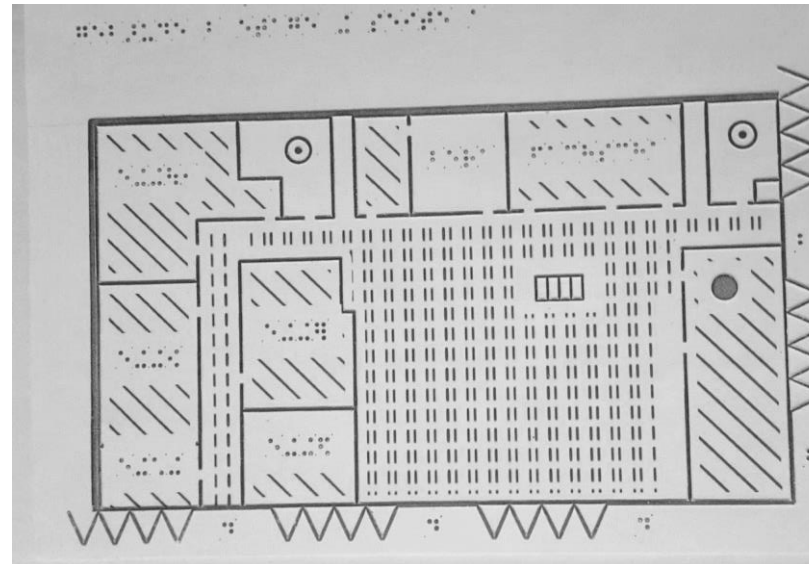
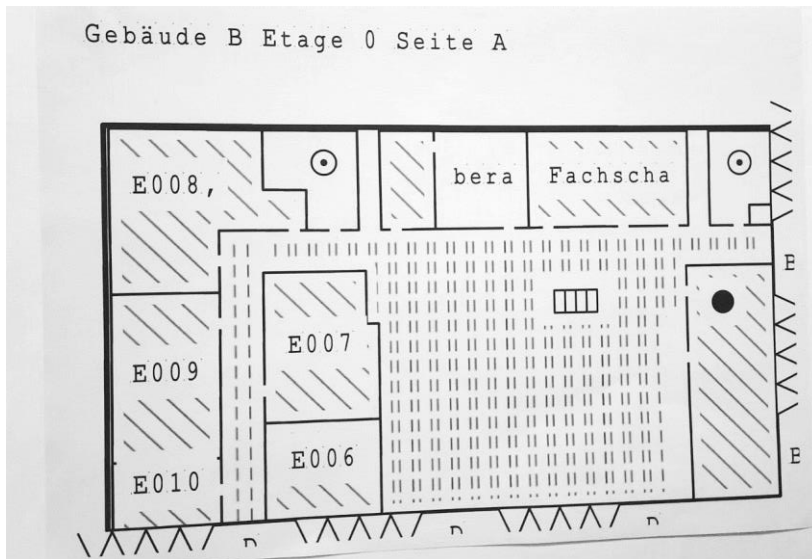
- Menschen mit Blindheit und Sehbeeinträchtigung selbstständige Erstellung ermöglichen
- Qualitätskontrolle durch Zielgruppe
- Vereinfachung vs. Informationsgehalt vs. Überblick
- Beachtung der Eigenschaften verschiedener Herstellungsverfahren



Beispiel eines mit SVGPlott automatisch erzeugten Funktionsgraphen

Taktile Grafiken | Erstellung (digital)

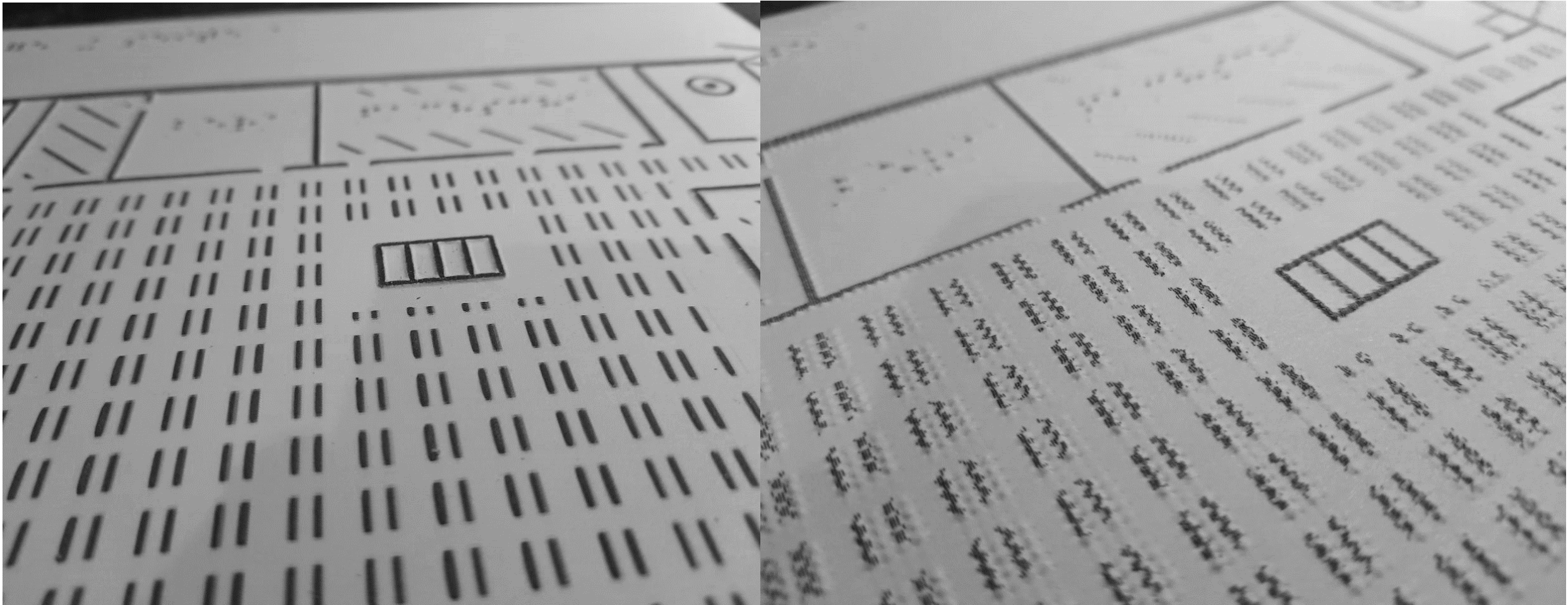
- Ausgangslage ist eine digitale Bilddatei (Pixel- oder Vektorgrafik)
- Helligkeitswerte bestimmen Druckhöhe
- Gestaltung an Ausgabemedium anpassen
- Verwendung Braille-Schriftart mit ASCII Variante (Bildschirm lesbar)
- Taktile Prägedruck: Druckertreiber rastert Bild auf 20dpi



Taktile Grafikerstellung: Links -Originaldruck (nicht geprägt, Schwarzschrift). Mitte: Schwellpapier. Rechts: Prägedruck

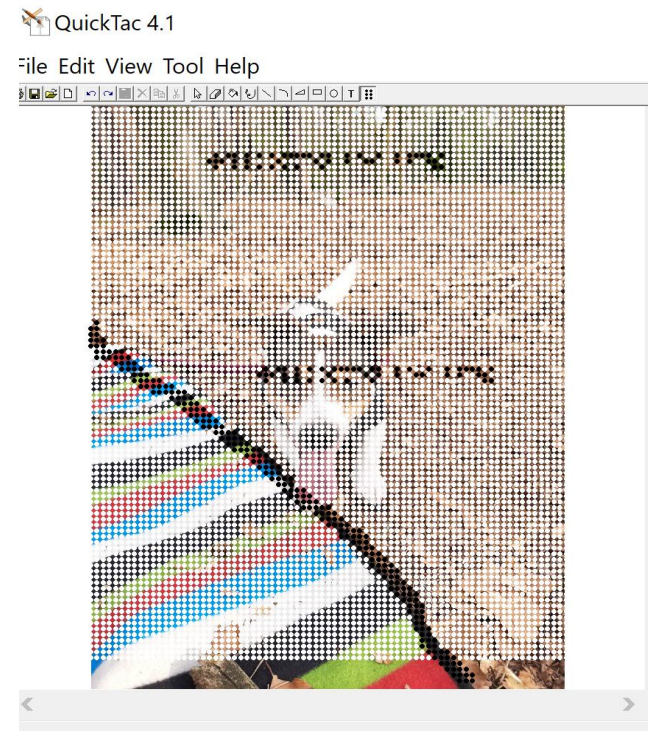
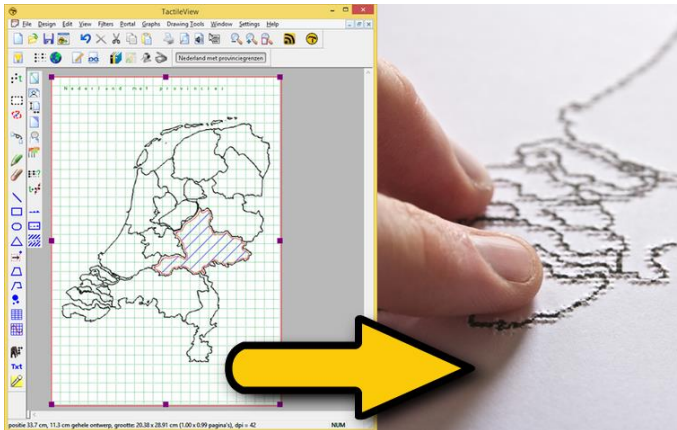
Taktile Grafiken | Erstellung (digital)

Vergleich – Schwellpapier (links) und Prägedruck (rechts)



Taktile Grafiken Erstellen | Editoren

- klassische oder spezielle Grafikedatoren (z.B. mit speziellen Texturen) → Helligkeitswert bestimmt Prägehöhe für z.B. Schwellpapier und Grafikdrucker
- Bereitstellung taktiler Texturen und Linienstile
- Texte in Schwarz- und Brailleschrift
- Ausgabe: Pixelbilder oder proprietäre bzw. Brailledrucker-Formate
- Konvertierung von Pixel- in Braillegrafiken möglich



Quick-Tac Editor

(Verfügbar unter:

<https://www.duxburysystems.com/product2.asp?product=QuickTac&level=free&action=up>)

TactileView Designsoftware

(Quelle: <https://www.tactileview.com/>)

Braille Tool

Braille Entry:

Background:

Willkommen bei bfd!

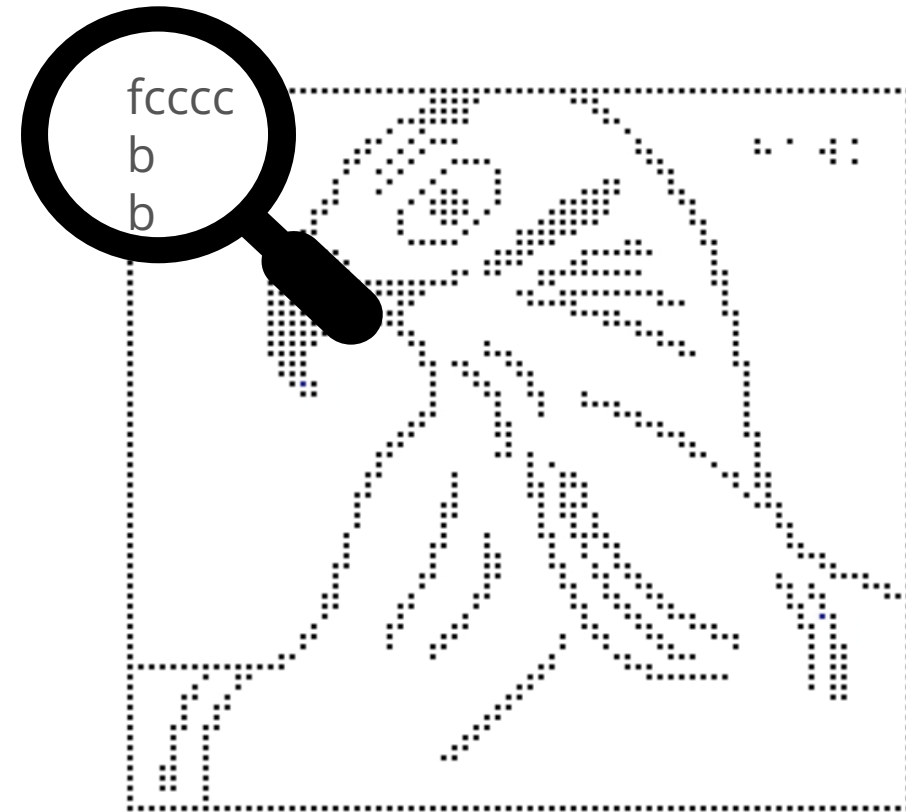
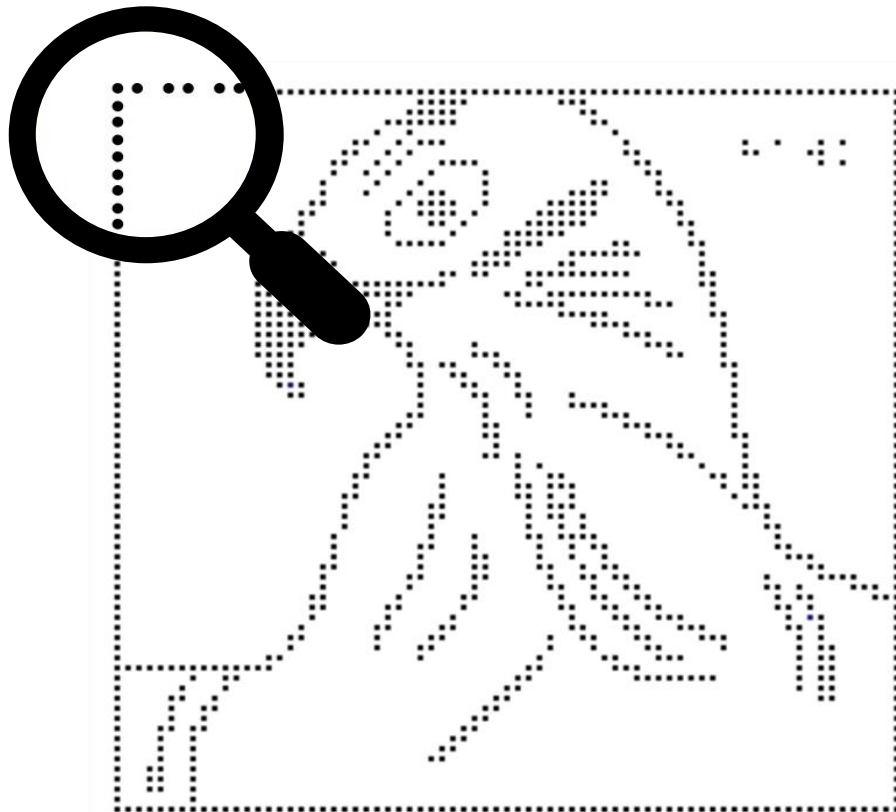
1. Type braille characters into the edit control above. Use Ctrl+Enter if you want to insert several lines of braille. When your braille is ready, click and hold with the left mouse button in the braille image below.

2. Drag the braille image to the main window. Release the mouse button when the braille is correctly placed.



Taktile Grafiken Erstellen | Editoren

- Erstellung taktiler Grafiken mit Hilfe von ASCII-Zeichen → durch Aneinandersetzen dieser zu einem Bild
- kann mit Standardeditor erstellt und mit Braille-Drucker geprägt werden



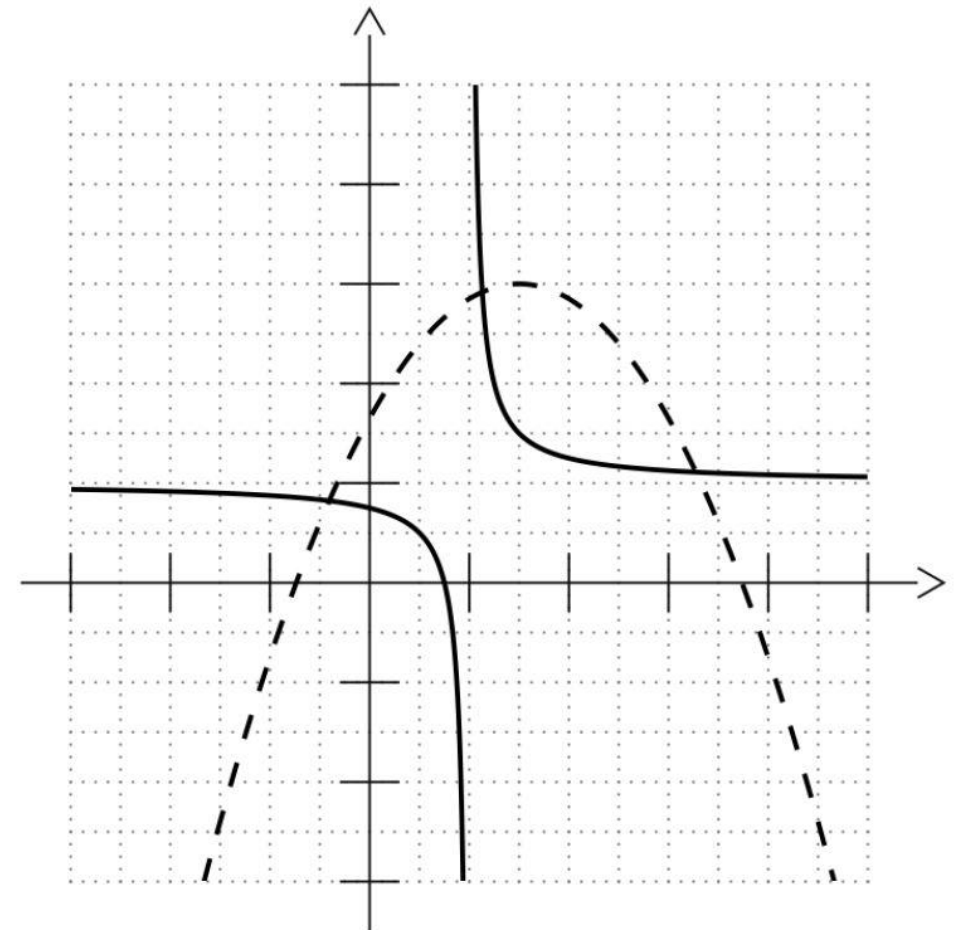
mathematische Grafiken sind Kombination aus definierten Visualisierungstechniken und Illustrationen

Anwendungsgebiete

- Visualisierung mathematischer Funktionen
- Geometrie, z.B. Dreieck + Winkel

Darstellung

- 2,5D: Hilfslinien und Funktionsverlauf als Relief
- Linearisierung, z.B. von Graphen, ermöglicht selbstständiges Schreiben
- Spezielle Darstellungsformen für bestimmte Anwendungsgebiete, z.B. Schachschrift



Beispiel eines mit SVGPlott automatisch erzeugten Funktionsgraphen

Taktile Grafiken | Vollautomatische Erstellung

- geeignet für wohldefinierte Grafiktypen (z.B. Diagramme)
- wenige Anwendungen mit guten Ergebnissen
- Qualitätskontrolle sicherstellen
- barrierefreie Erstellung möglich, z. B. für Menschen mit Blindheit oder Sehbeeinträchtigung
- selbstständige Kontrolle des Ergebnisses ohne taktilen Ausdruck schwierig
- Beispiele Thema „Diagramme“



7 Taktile Interaktion

Interagieren mit taktilen Grafiken

Nachteile taktiler Grafiken

- begrenzte Auflösung → geringe Informationsdichte
- Unterscheidbarkeit der Elemente (max. 5 Texturen/ Symbole/ Linienstile)
- Erlernbarkeit → hoher kognitiver Aufwand

Ansatz

- **Multimodale Systeme** → Kombination verschiedener Ein- und Ausgabemöglichkeiten, z. B. haptischer und auditiver Elemente
- Nutzung verschiedener Sinne, z. B. haptisch, visuell, auditiv

Talking Tactile Tablet:


- Berührungsempfindliches Tablet erlaubt akustische Rückmeldung bei Fingerkontakt
- Grafikverwaltung durch Barcodes
- Einstufige Beschreibung, Interaktion mit Single Touch

Weitere Beispiele:


- *Nomad*
- *AudioTouch*
- *IVEO* (zweistufige Beschreibung in SVG mit title, desc durch Single- und Double-Tab Unterstützung)

→ Neuere Entwicklungen erlauben die Verwendung taktiler Grafiken auf herkömmlichen Tablets (mit berührungssensitiver Audioausgabe), z.B. TPad
<https://doi.org/10.1145/3313831.3376508>


TPad: A Mobile Audio-Tactile System for Graphics Used at School



- Tablet (iPad Pro 12“)
- Frame (3D printer)
- Mobile TPad App (Cross-platform)
- Raspberry Pi
 - Repository (audio-tactile files)
 - Converter
 - A back-end (for the teacher)
 - Local Wi-Fi network



SVG Calibration not required Off-line

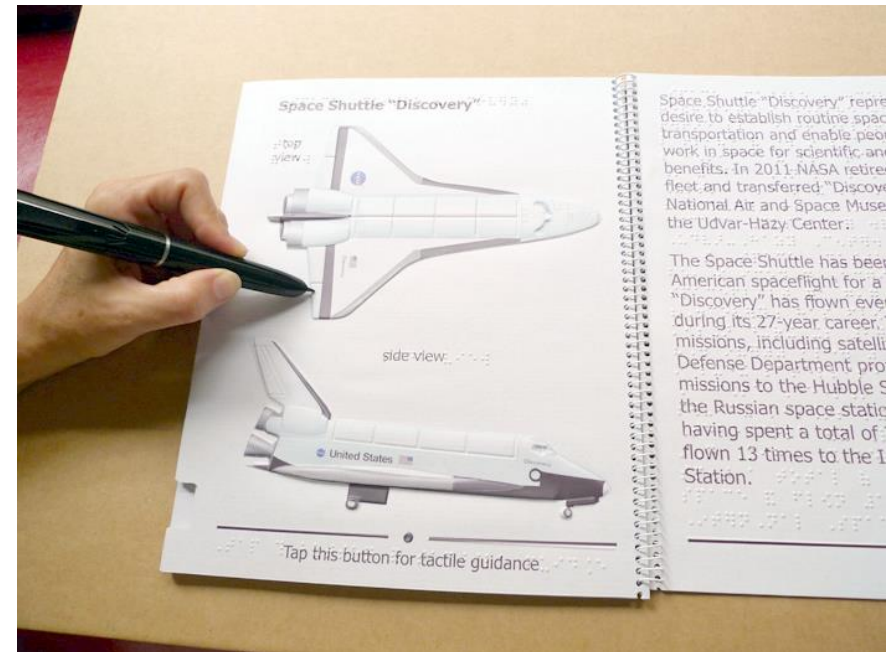
5 14.05.2020 Giuseppe Melfi – Tpad: A Mobile Audio-Tactile System for Graphics Used at Schools with Students with Visual Impairment  www.szs.kit.edu



Zahlreiche Ansätze, um Interaktion zu ermöglichen, z.B.

- Videobasiertes Tracken des Fingers bei der Exploration der Grafik
- Verwendung digitaler Stifte, die Position erkennen
- Einbetten von RFID-Tags
- 3D-Druck mit leitfähigen Filamenten
- u.a.

→ **Benötigen neuartige Interaktionskonzepte, die für spezielle Anwendungsfälle praktikabel sind**



Talking Tactile Pen → Basis Anoto Papier

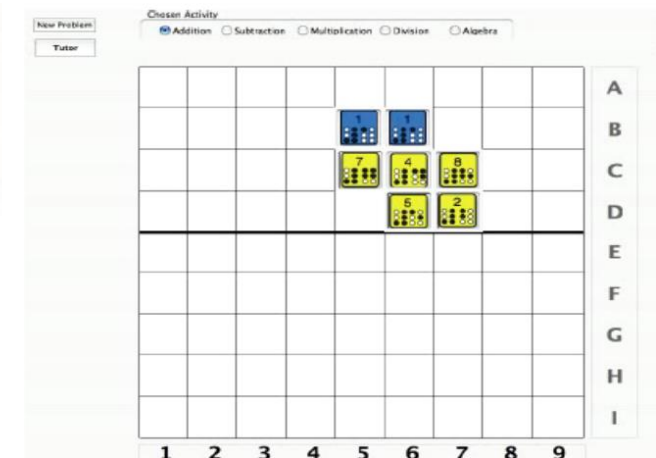
<https://touchgraphicseurope.com/en/services/talking-tactile-pen-ttp/30>

AutOMathic Blocks System

- taktile/haptische Interaktionstechniken durch Legen von Blöcken mit Braille-Beschriftung
- (Pseudo-)grafische Anordnung wird durch Rahmen auf IVEO gefördert
- Identifikation der Blöcke am Lesegerät (rechts) erforderlich
- Förderung der Kollaboration zw. sehenden und blinden Erstellenden durch visuelle Darstellung



[Karshmer08]



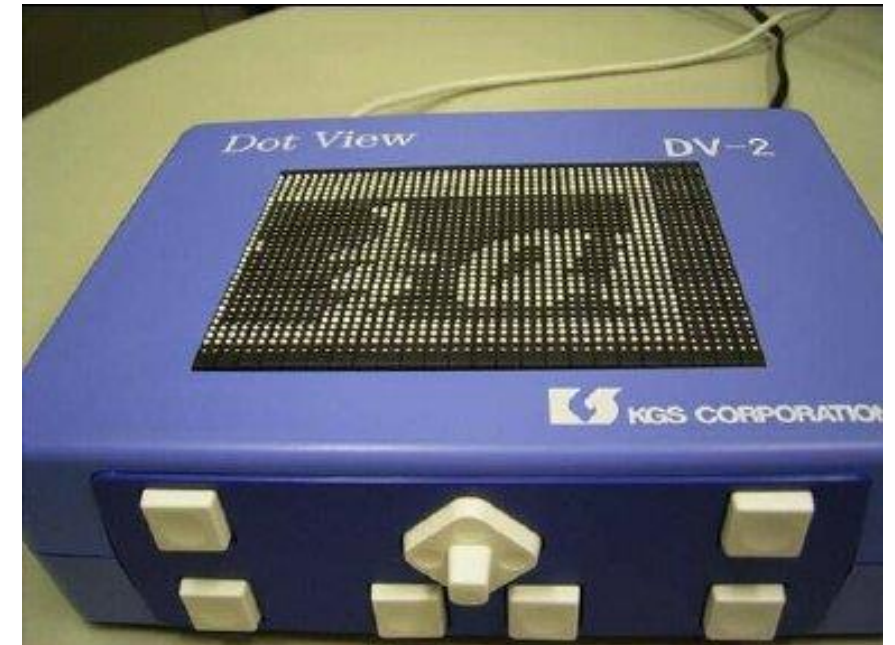
[Karshmer08]

Taktile Interaktion | Taktile Displays

- Unterschiedliche Auflösung
- Ein- und Ausgabemöglichkeiten (Toucheingabe, Sprachausgabe...)
- Anordnung der Stifte (z.B. äquidistant, zeilenweise)
- Größe des Displays und Mobilität
- Refreshzeit
- Eignung für Braille und Grafikerkundung
- Anschaffungskosten



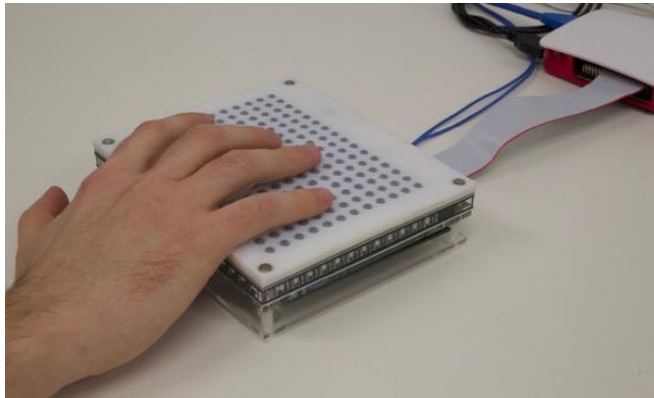
BrailleDis 7200 von Metec



Dot View DV-2 (32x48 dots)

Quelle: https://www.researchgate.net/publication/267565209_A_Survey_of_Math_Accessibility_For_Blind_Persons_and_An_Investigation_on_TextMath_Separation/figures?lo=1

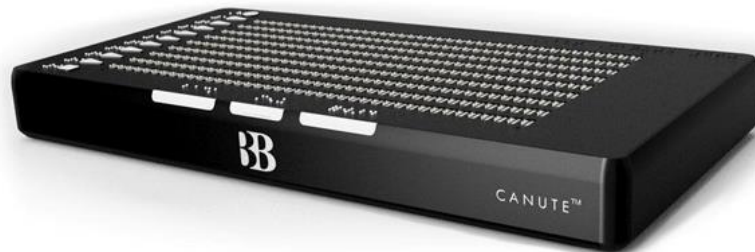
Taktile, dynamische Displays (Beispiele):



BlindPAD (EU), Quelle: <https://www.blindpad.eu/>



Graphiti 60x40 Punkte
Quelle: <https://www.orbitresearch.com/product/graphiti/>



Canute – Braille „E-Book Reader“
Quelle: <https://www.perkinselearning.org/technology/posts/bristol-braille-canute-multi-line-refreshable-braille>



Tactonom, ca. 10.000 Punkte
Quelle: <http://www.tactonom.com/produkte/>

Taktile, dynamische Displays (Beispiele):

- Modelle Firma Metec (Sitz: Stuttgart)
- Adressierung verschiedener Einsatzszenarien
- Mobile Variante (Tactile 2D)
- optimiert für Grafikexploration



HyperBraille S (BrailleDis 6240)



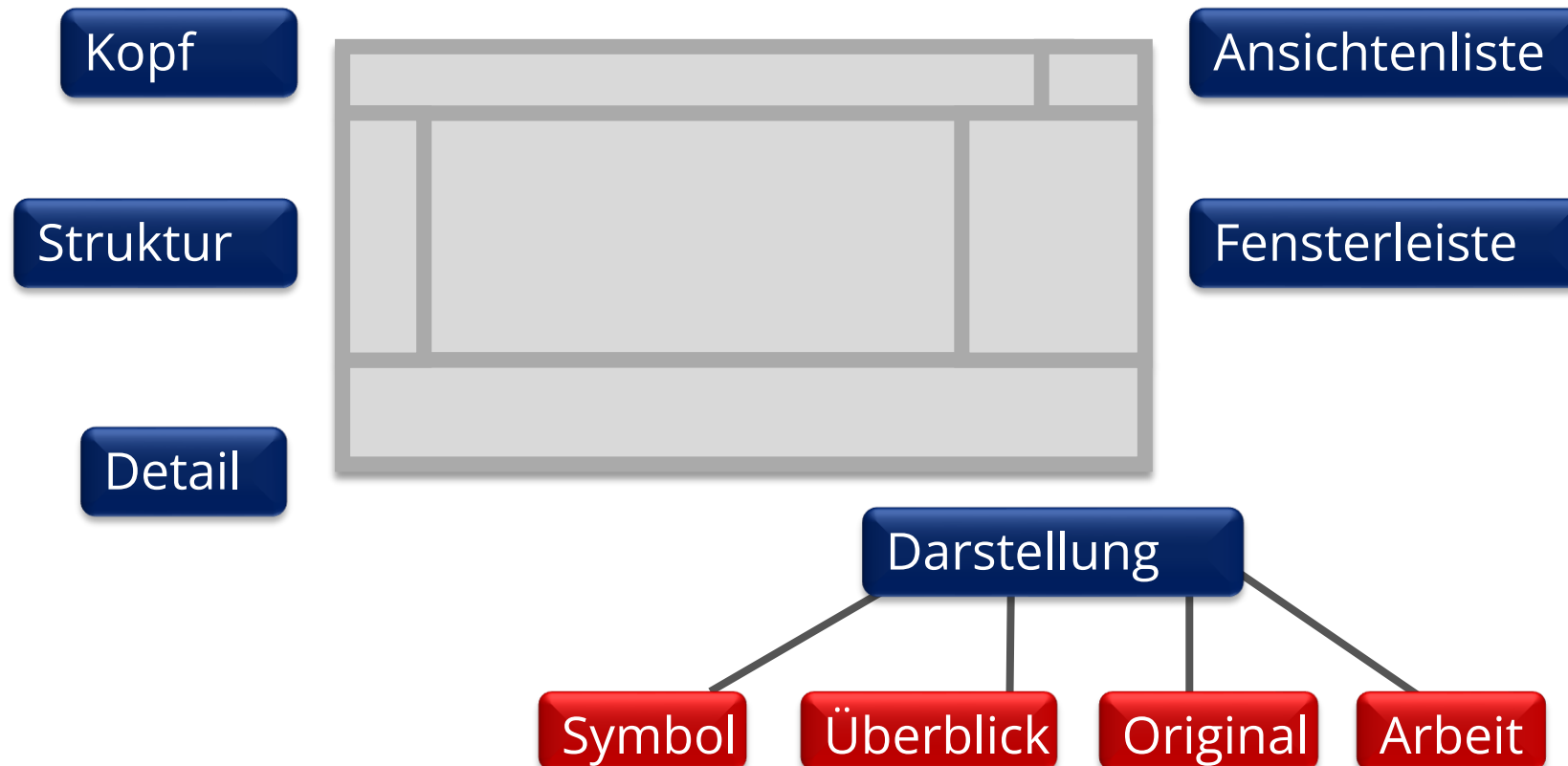
HyperFlat



Tactile 2D

Taktile Interaktion | Taktiler Fenstersystem

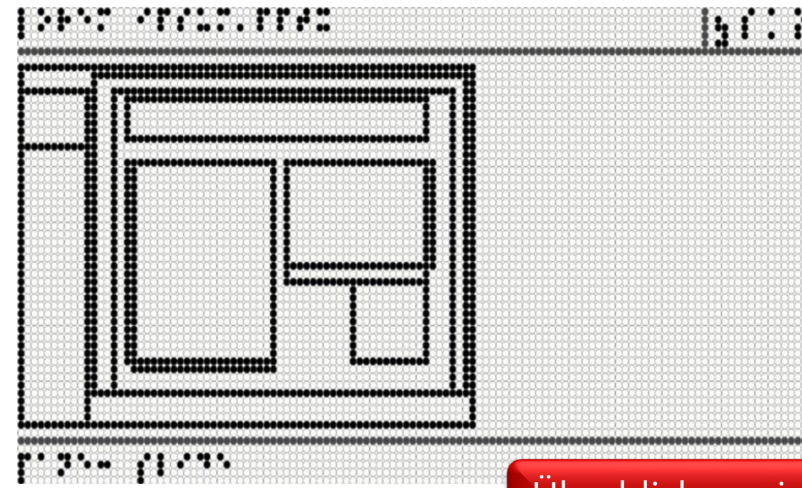
- Konzept zur taktilen Darstellung und Interaktion mit Anwendungen (Fenstersystemen)
- Evaluation mit der Zielgruppe innerhalb von empirischen Studien
- Unterstützung thematischer Ansichten für verschiedene Anwendungsfälle
- äquidistantes Braille erfordert Änderungen der Lesegewohnheiten



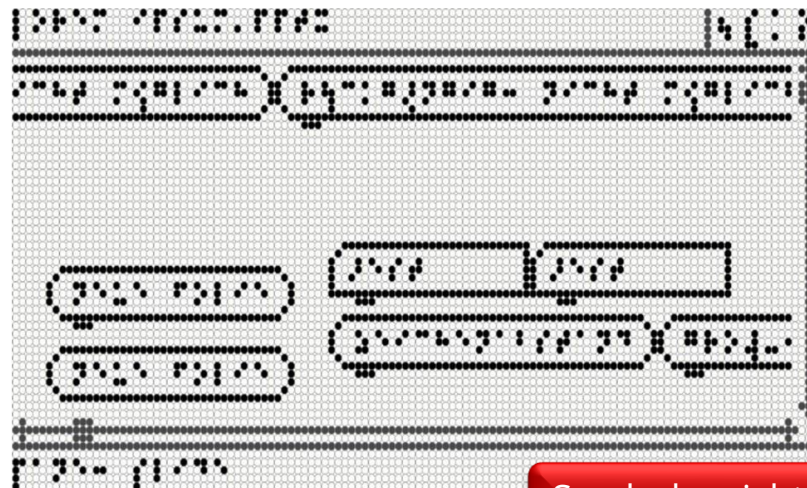
Taktile Interaktion | HyperBraille Fenstersystem



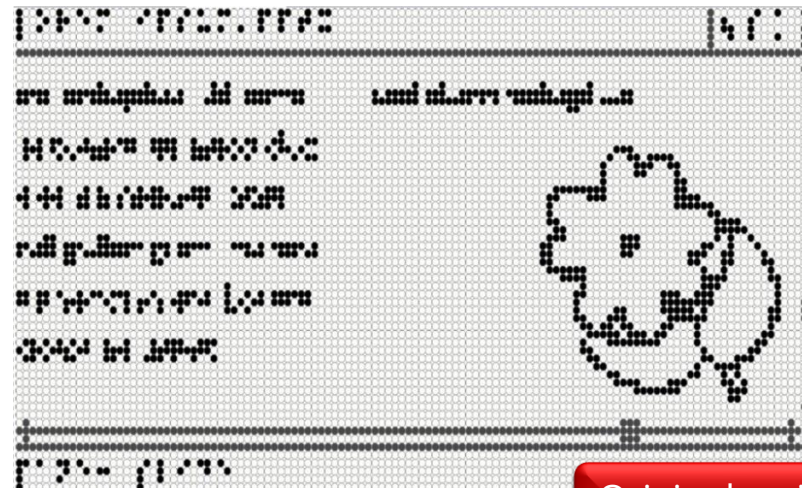
Arbeitsansicht



Überblicksansicht



Symbolansicht



Originalansicht

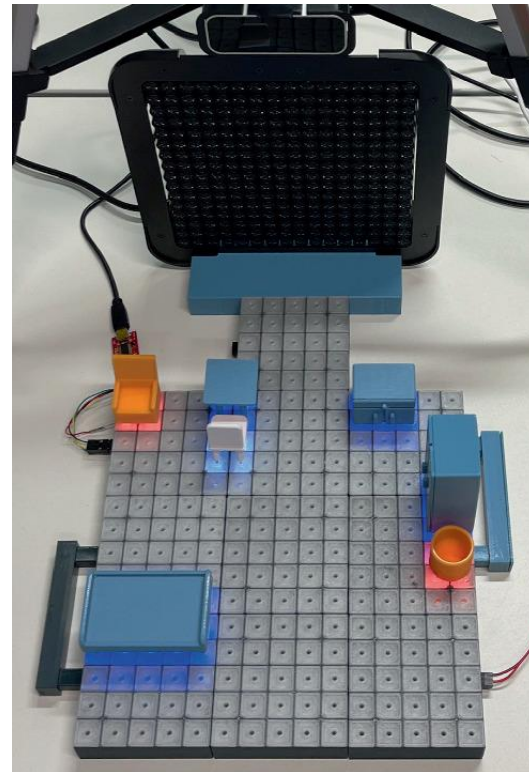
Taktile Interaktion | HyperReader



[Link zum Video auf Youtube](#)

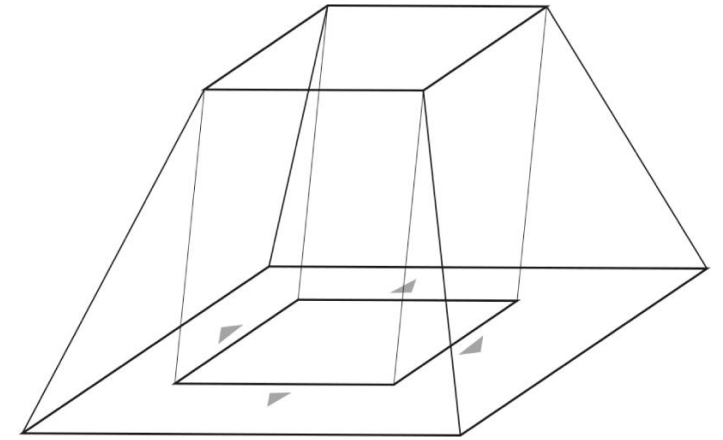
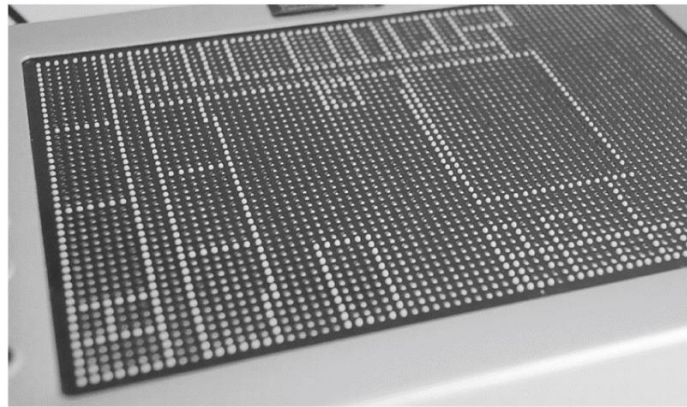
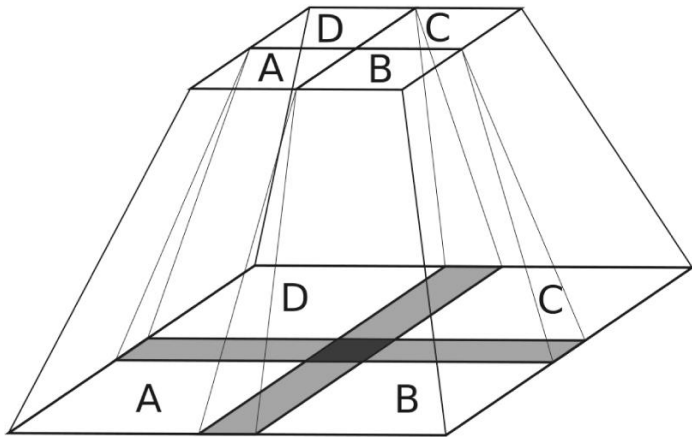


- Nutzung haptische Eigenschaften von **Ultraschall** (oberhalb der Hörfrequenz → Frequenzen im Bereich 20 kHz bis 1 GHz)
- Wahrnehmung im dreidimensionalen Raum
- Wahrnehmung unterschiedlicher Stärken, Position im Raum
- sensiblere Wahrnehmung an den Fingerspitzen



Quelle: https://doi.org/10.1007/978-3-031-42280-5_35

Taktile Interaktion | Beispiel Taktiler Infopoint

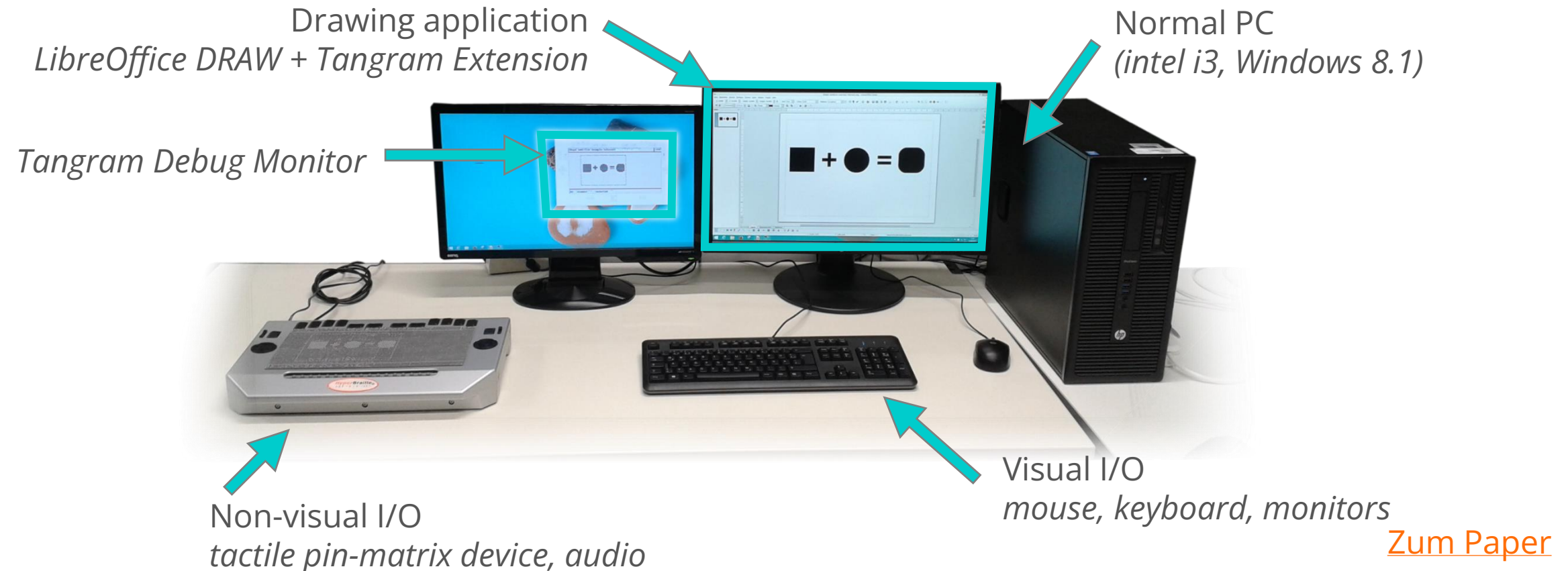


Zerteilen von Karten in Subkarten zur Darstellung auf einem mobilen, taktilen Display

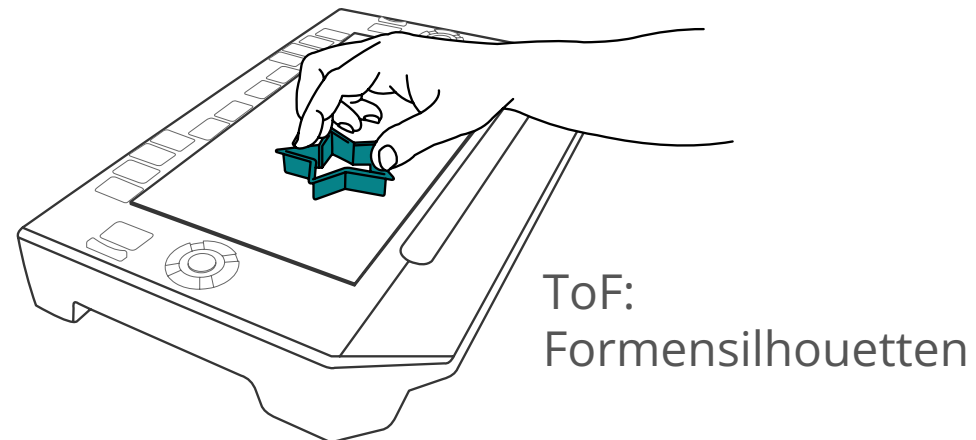
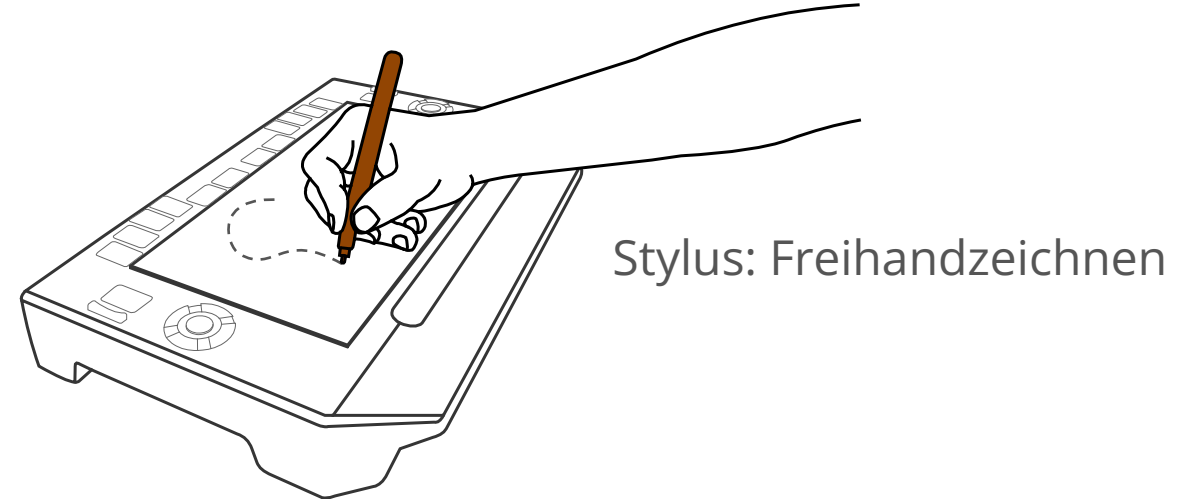
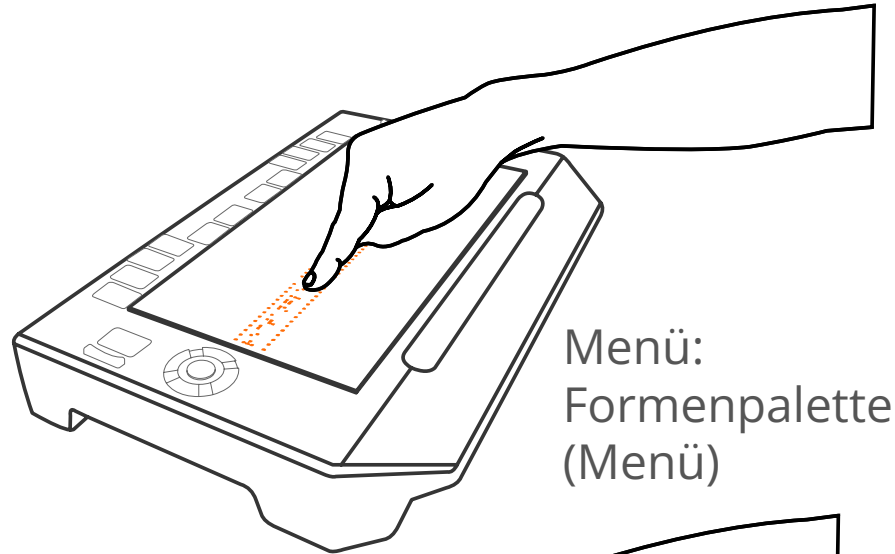
Quelle: https://doi.org/10.1007/978-3-031-08648-9_17

TangramWorkstation

Einbezug der Zielgruppe in Grafikerstellung → Kollaborative Grafikerstellung mit blinden und sehenden Lektor:innen



TangramWorkstation - 4 Interaktionsmodi



TangramWorkstation



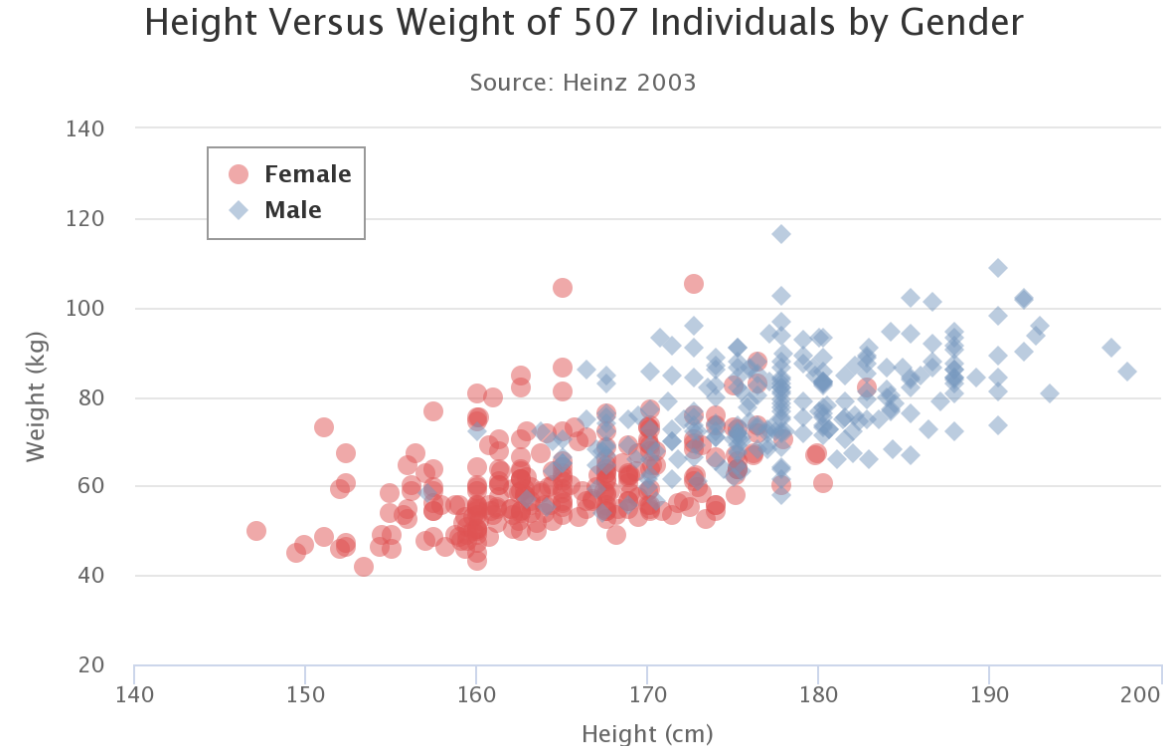
Video auf Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=hPOjj8PMtlI>



Zugängliche Grafiken

Anwendungsbeispiel:
Beschreibungen von Diagrammen

- visuelle Repräsentation von (abstrakten) Daten
- Ausnutzung der Vorteile des visuellen Sinns:
 - Präattentive Wahrnehmung
 - schnelle Mustererkennung
 - Erkennung von Ausreißern
- “Sensemaking Process” → Entdecken von Wissen (Zusammenhänge, Beziehungen, Verteilungen etc.) in den Daten
- abhängig von Visualisierungsmethode



Highcharts.com

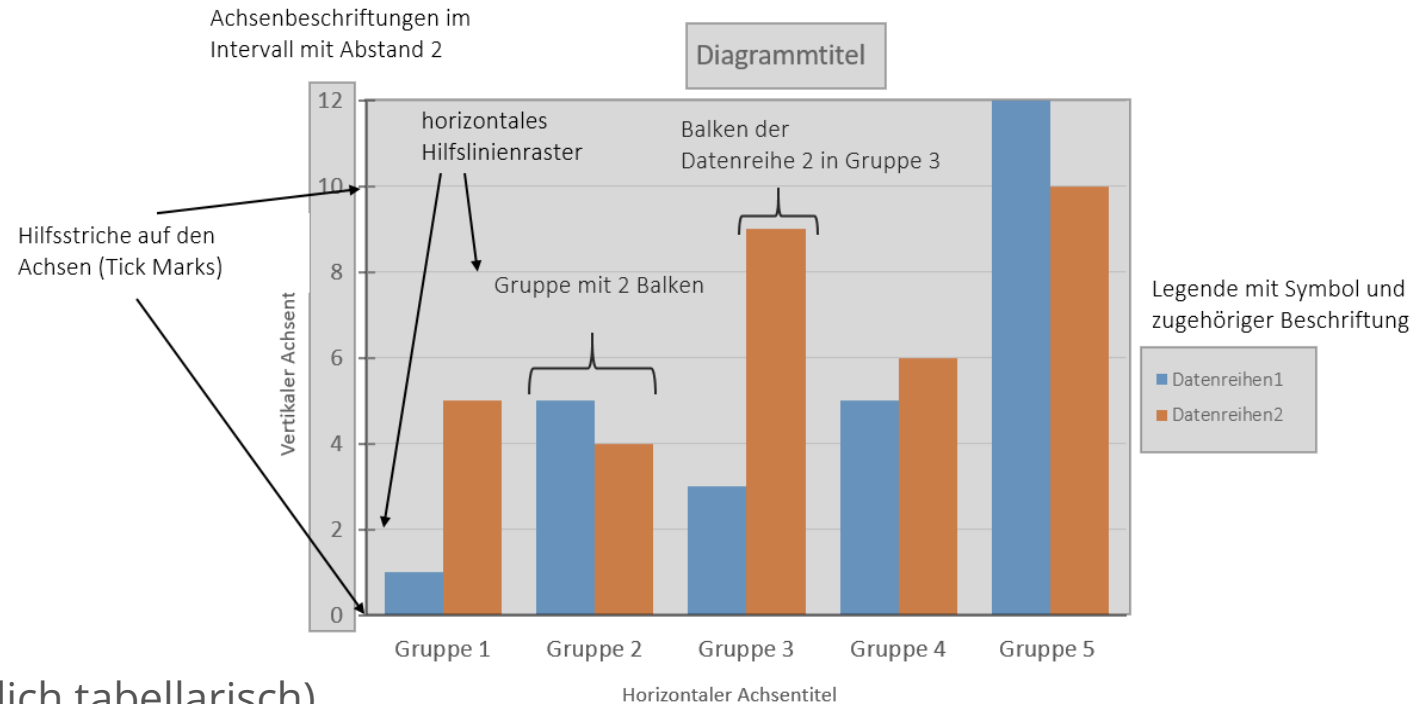
<http://jsfiddle.net/gh/get/library/pure/highcharts/highcharts/tree/master/samples/highcharts/demo/scatter/>

Beschreibungen von Diagrammen | Struktur

1. Überblick: Diagrammtyp (Bezeichnung),
Besonderheiten (z.B. horizontal vs. vertikal),
Titel

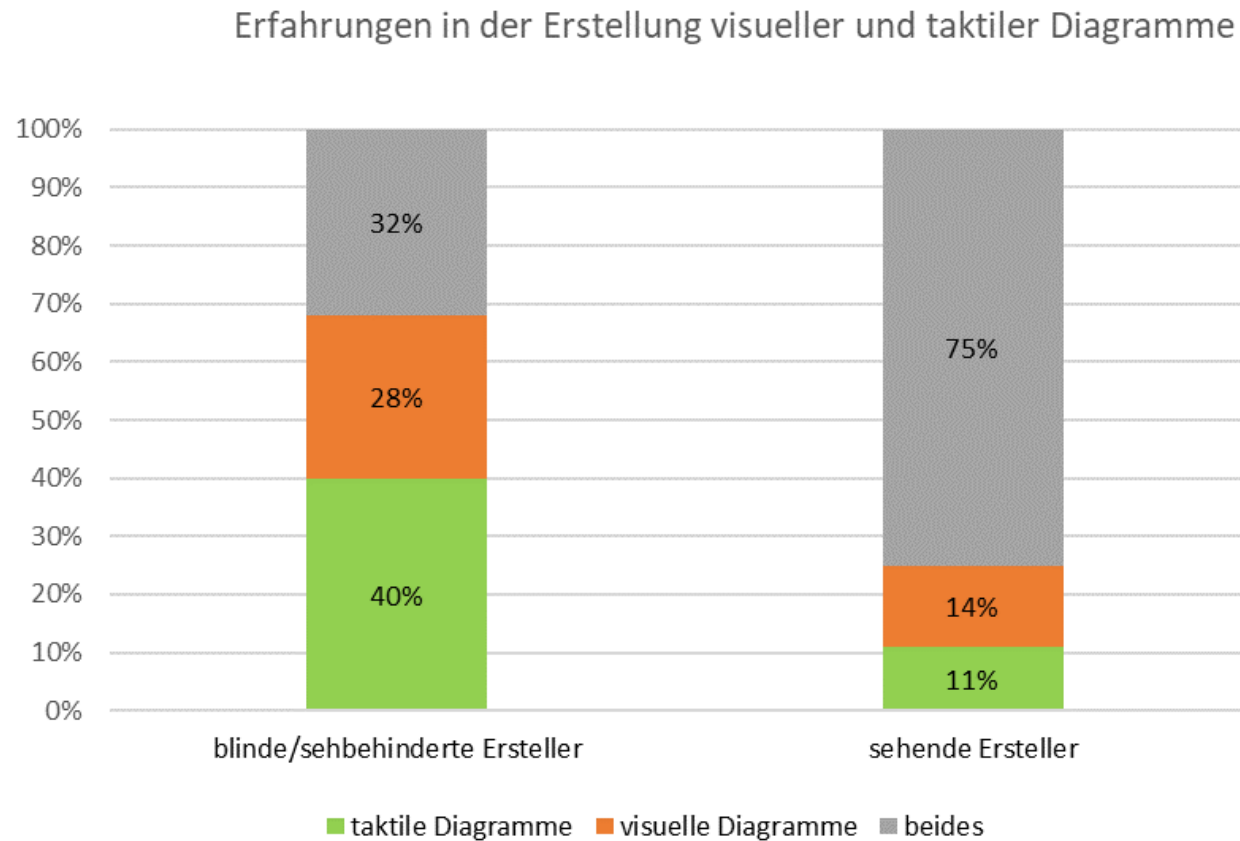
2. Achsen: Anordnung/Lage,
Beschriftung,
Einheit,
Skala (Wertebereich, Intervalle)

3. Daten: je nach Diagrammtyp, z.B.
Anzahl der Datenreihen,
Name und Anordnung Daten,
konkrete Datenwerte (wenn möglich tabellarisch)



Beschreibungen von Diagrammen

Beispiel: Wie würden Sie dieses Diagramm beschreiben?

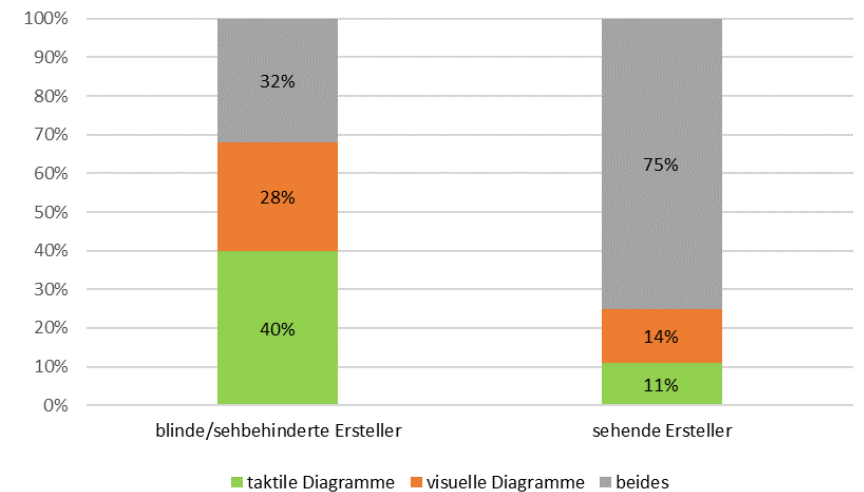


Beschreibungen von Diagrammen

Beispiel: Wie würden Sie dieses Diagramm beschreiben?

Gestapeltes Säulendiagramm "Erfahrungen in der Erstellung visueller und taktiler Diagramme". Zwei gestapelte Säulen mit Werten auf der vertikalen Achse von 0% bis 100% in 10%-Schritten. Linke Säule: blinde/sehbehinderte Ersteller. Rechte Säule: sehende Ersteller. Werte der Säulen von unten nach oben "taktile Diagramme", "visuelle Diagramme" und "beides". Folgende Daten werden dargestellt:

Erfahrungen in der Erstellung visueller und taktiler Diagramme

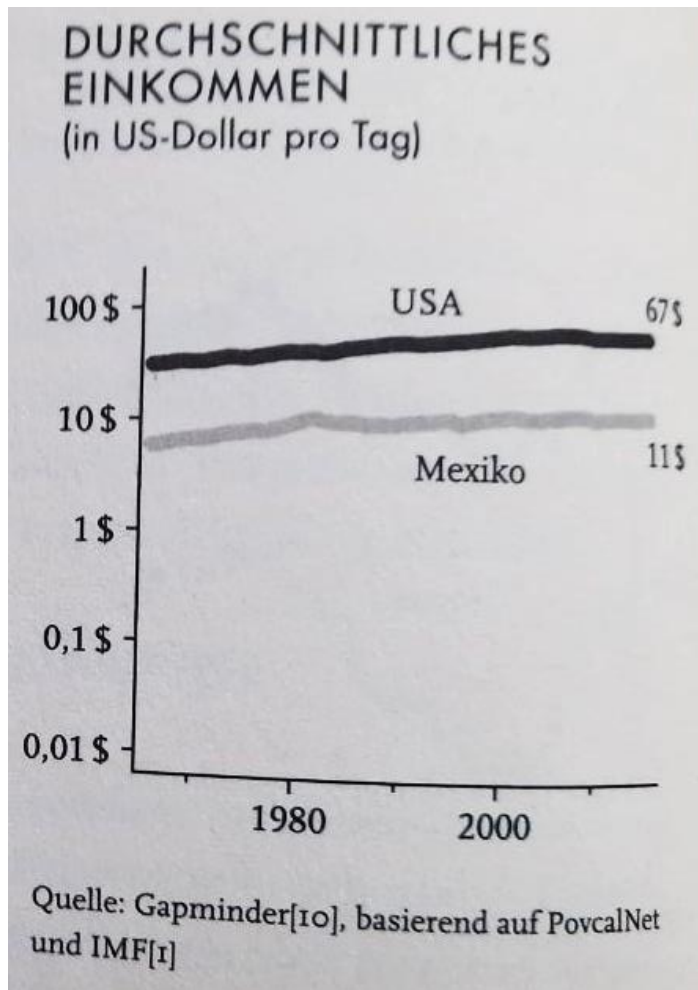


Beachte: Der Kontext ist entscheidend!

	Taktile Diagramme	Visuelle Diagramme	Beides
blinde/ sehbehinderte Erstellende	40%	28%	32%
sehende Erstellende	11%	14%	75%

Beschreibungen von Diagrammen | Daten

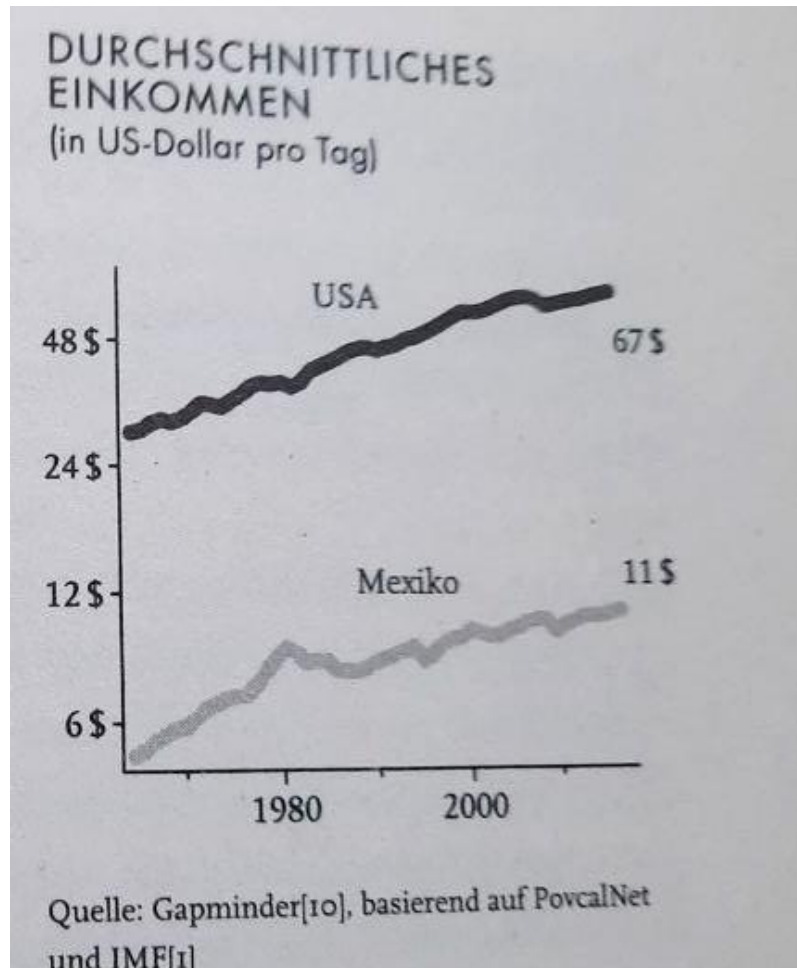
- Kurvenverläufe, Min/Max Werte oder Anzahl und Verteilung der Datenpunkte kann inkludiert werden – ACHTUNG: **Keine Interpretation** der Daten!



Wie würden Sie diese Kurve bzw. Diagramminhalte beschreiben?

Beschreibungen von Diagrammen | Daten

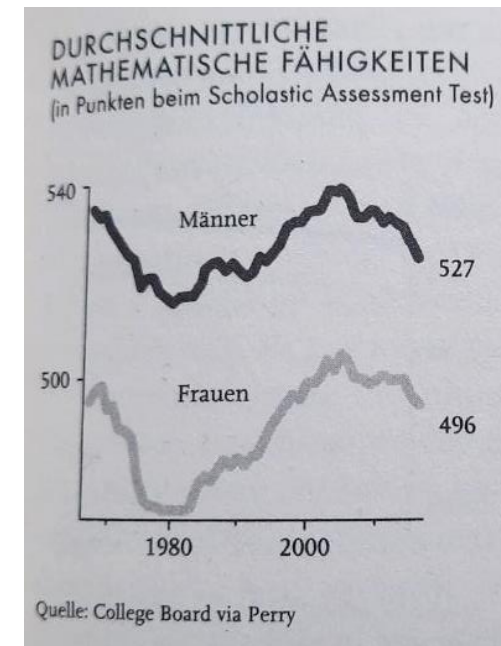
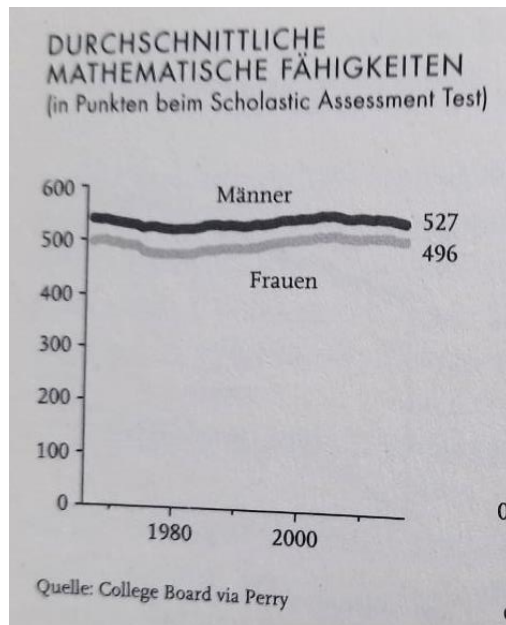
- Kurvenverläufe, Min/Max Werte oder Anzahl und Verteilung der Datenpunkte kann inkludiert werden – ACHTUNG: **Keine Interpretation** der Daten!



Wie würden Sie diese Kurve bzw. Diagramminhalte beschreiben?

Aussagen über Diagramminhalte und Bedeutung der Daten

- Keine Interpretationen, Deutungen oder verallgemeinerte Aussagen → Subjektiv
- Andernfalls: Interpretationen und Deutungen kennzeichnen!



„Der Unterschied in den mathematischen Fähigkeiten zw. Männern und Frauen ist relativ **gering** und blieb im zeitlichen Verlauf verhältnismäßig **konstant**“

„Der Unterschied in den mathematischen Fähigkeiten zw. Männern und Frauen ist **sehr hoch** und **schwankt** im zeitlichen Verlauf **stark**.“

Beschreibungen von Diagrammen | Daten

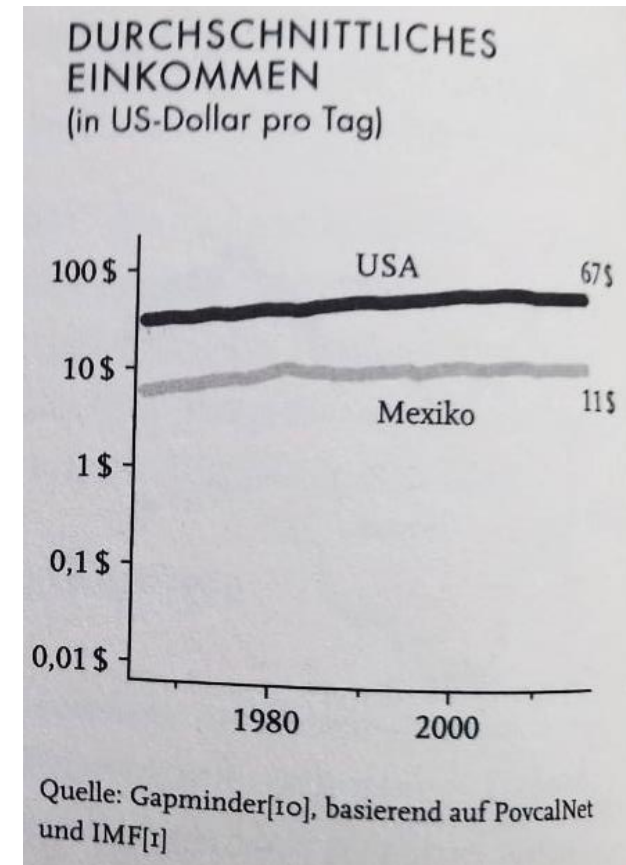
Aussagen über Diagramminhalte und Bedeutung der Daten

- Keine Interpretationen, Deutungen oder verallgemeinerte Aussagen → Subjektiv
- Andernfalls: Interpretationen und Deutungen kennzeichnen!

Besser: Verlauf neutral und ggf. abschnittsweise beschreiben - „steigend“, „fallend“, „stagnierend“; Hoch- und Tiefpunkte nennen

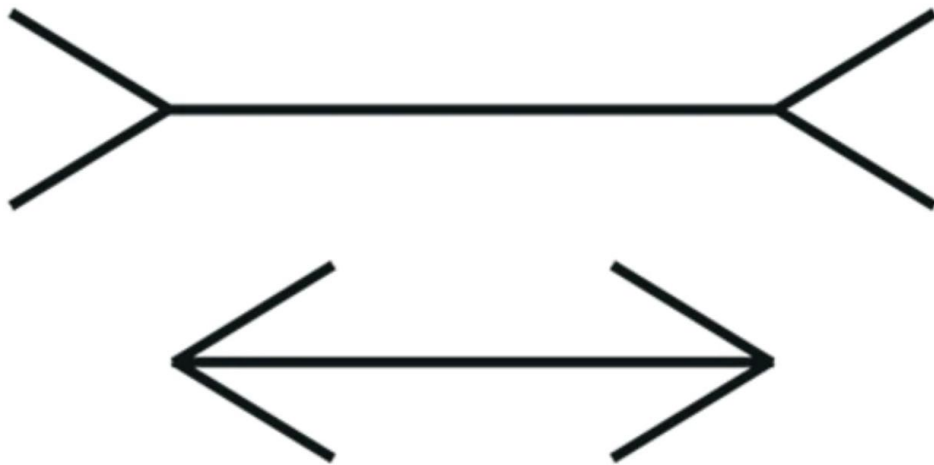
Beispiel:

„...die Kurve ‚USA‘ beginnt bei einem Wert von etwa xx auf der y-Achse und steigt bis zum Ende der x-Achse kontinuierlich auf 67\$ an (höchster Wert)...“



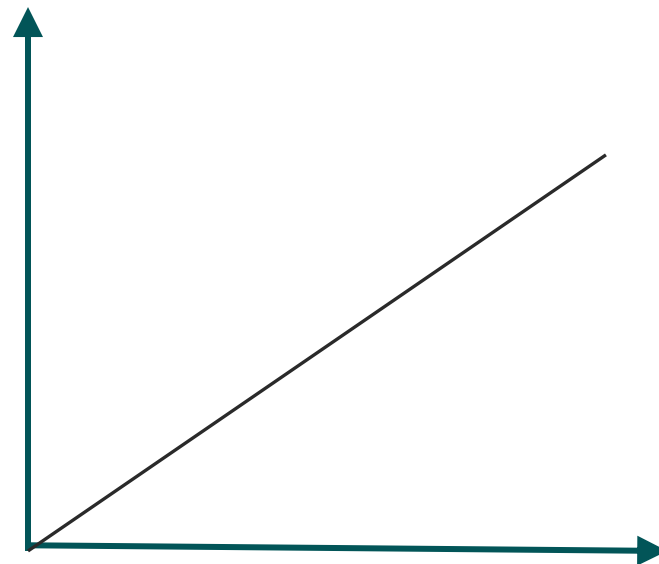
Konkrete Datenwerte und visuelle Merkmale integrieren

- im Allgemeinen: Beschreibung soll eigenständige Erschließung der Inhalte ermöglichen
- nur visuelle Aspekte beschreiben → Wahrnehmung ist subjektiv!



Ist die untere Dinge Linie kürzer?

Beispiel für optische Täuschungen

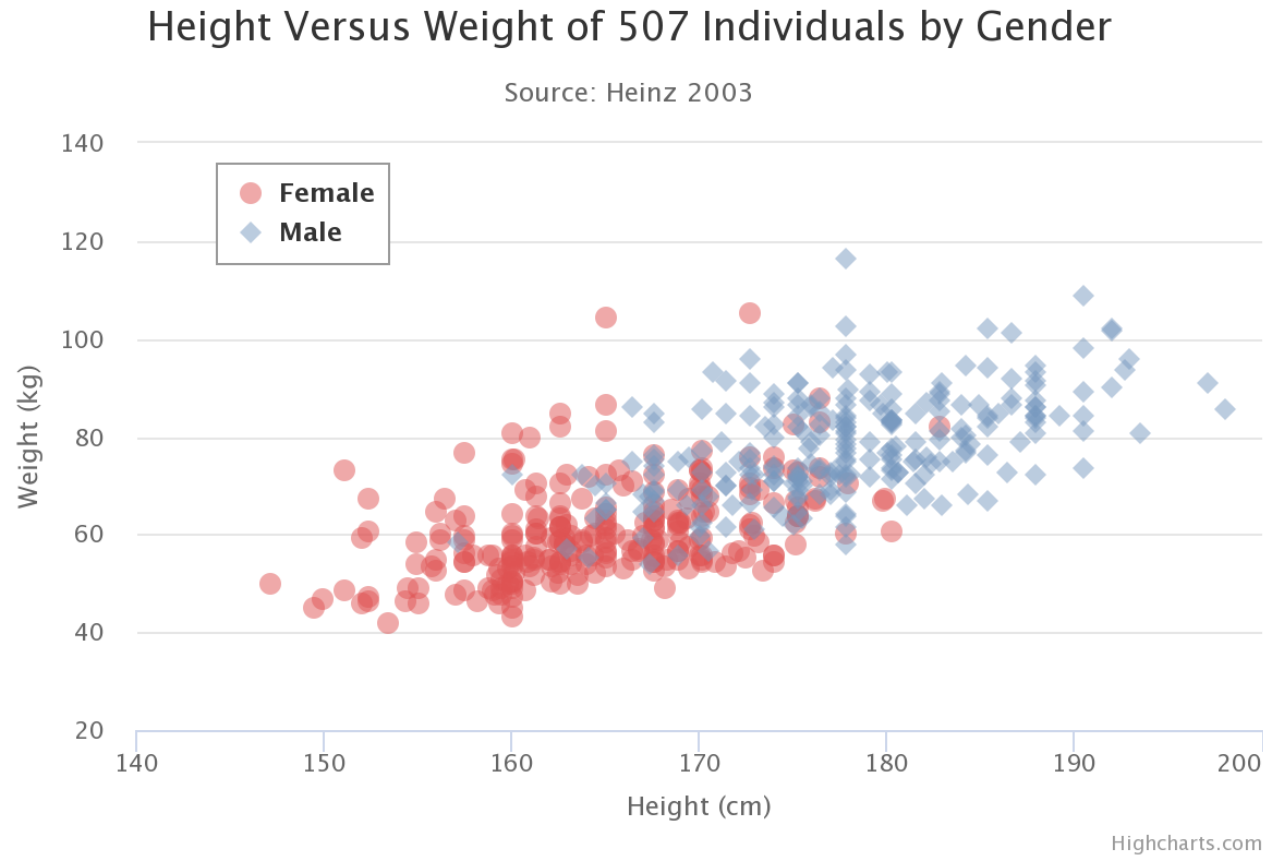


Wie verläuft die Kurve?

Steil? Sehr steil? Stark ansteigend?

Eindeutig: von links nach rechts steigend, ggf. Winkel

Beispiel: Wie würden Sie dieses Diagramm beschreiben?

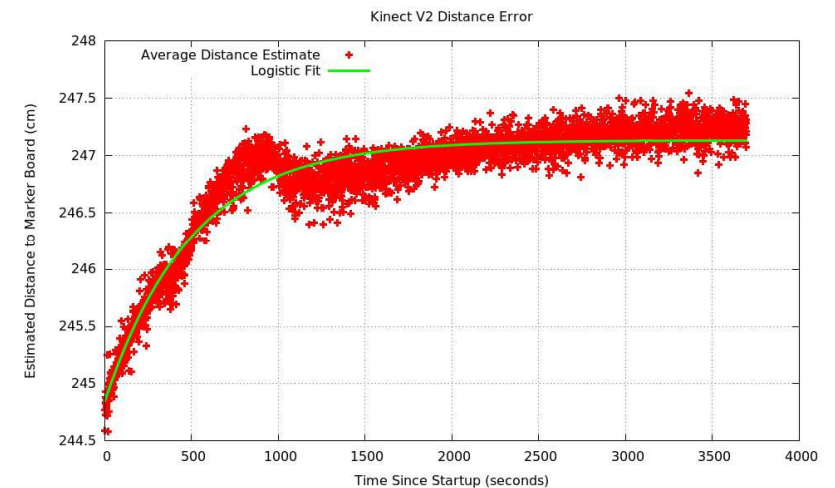


<http://jsfiddle.net/gh/get/library/pure/highcharts/highcharts/tree/master/samples/highcharts/demo/scatter/>

- Auflisten einzelner Datenwerte bei großen Datensätzen nicht sinnvoll
- Gleichwertiger Zugang zu den Inhalten → Zusammenhänge der Daten möglichst neutral beschreiben

- **zeitaufwändig** und anstrengend → Erstellung und Verstehen
- Erstellung **erfordert Sehvermögen** → kein selbständiger Zugang zu Diagrammen für Menschen mit Blindheit
- abhängig von Erstellenden (z. B. Wortwahl, Erfahrungen, Wissen...)
- **Kontext** der Grafik bzw. Zweck entscheidend für Nützlichkeit
- nur **bedingt Datenanalyse** möglich
- ungeeignet für **große Datensätze**/komplexe Visualisierungen
- Wahrnehmung ist subjektiv!

Quelle: Breuer, Timo ; Bodensteiner, Christoph ; Arens, Michael: Low-cost commodity depth sensor comparison and accuracy analysis. In: SPIE Security+Defence International Society for Optics and Photonics, 2014, S.92500G-92500G



Punktdiagramm mit Trendlinie

Problembeschreibung

Erstellung alternativer Bildbeschreibungen erfordert Fachwissen, Zeit und Anstrengung

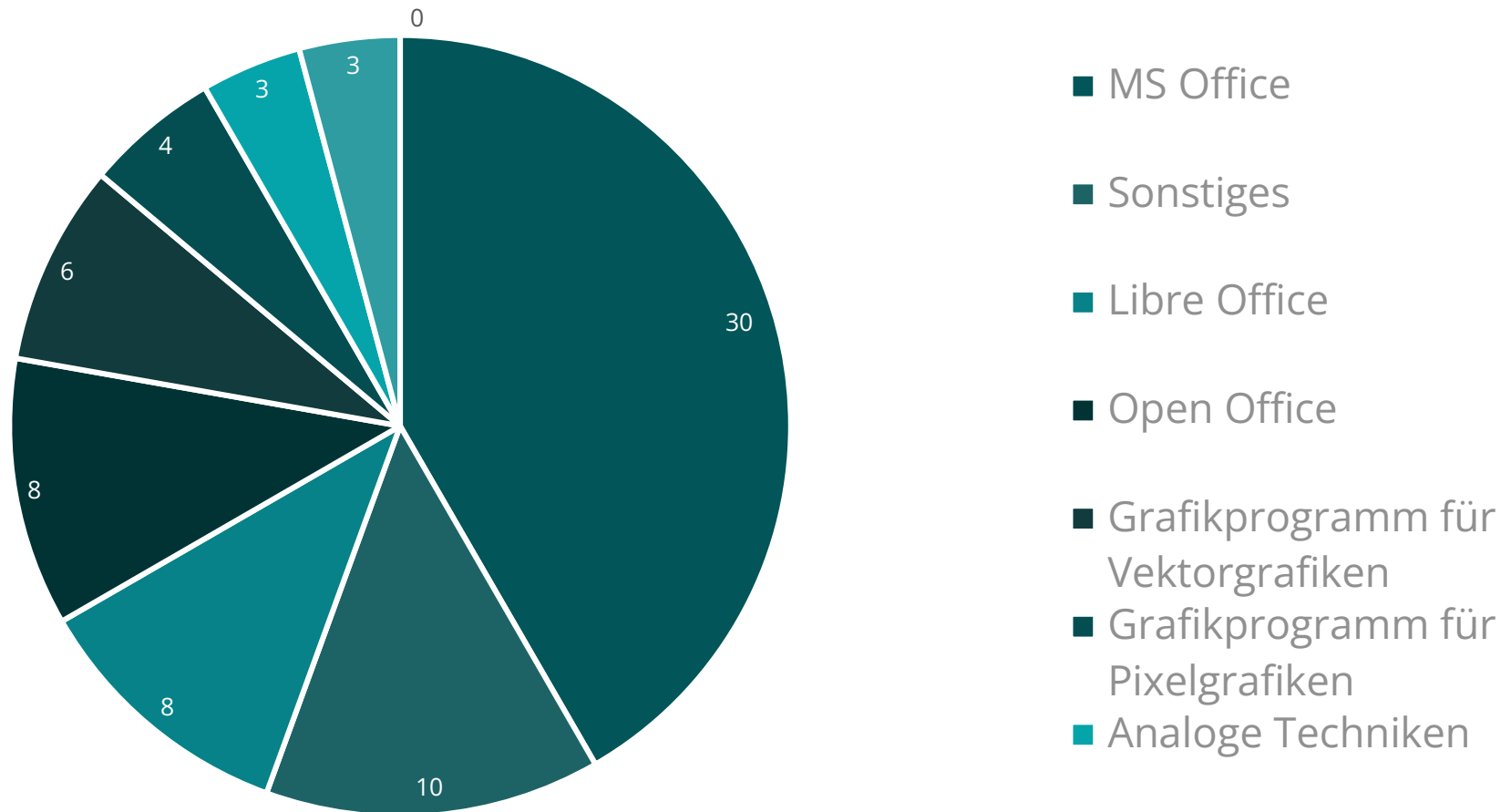
→ **Folge:** Beschreibungen werden meist nicht erstellt oder mit ungenügender Qualität

Lösungsansatz:

- Automatische Erstellung von Beschreibungen
- → **Vorteile:** Beschreibungen sind leicht zu erzeugen, anpassbar, systematisch und konsistent

→ Abbilden bekannter Konzepte und Workflows

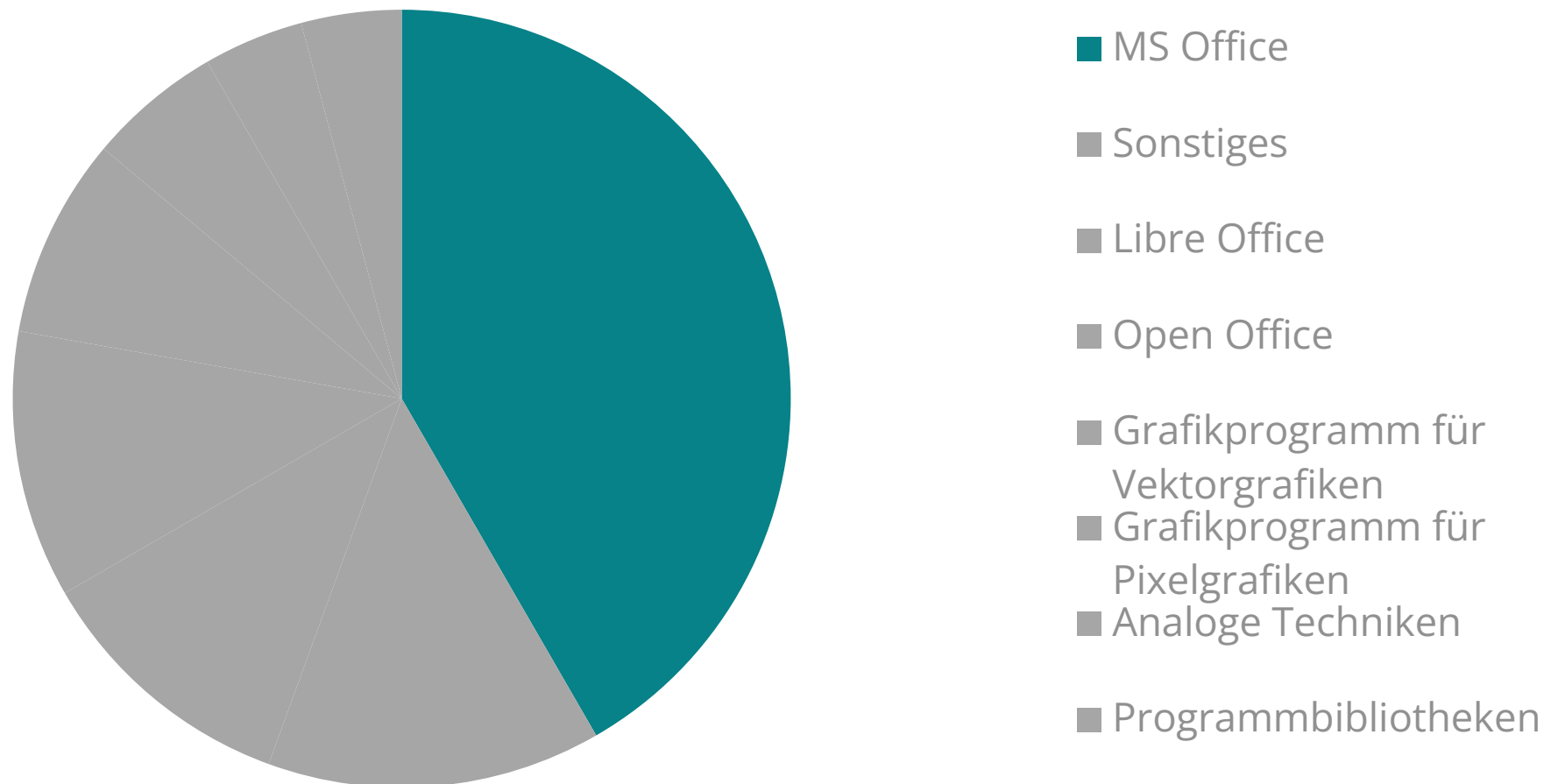
Software zur Erstellung visueller Diagramme



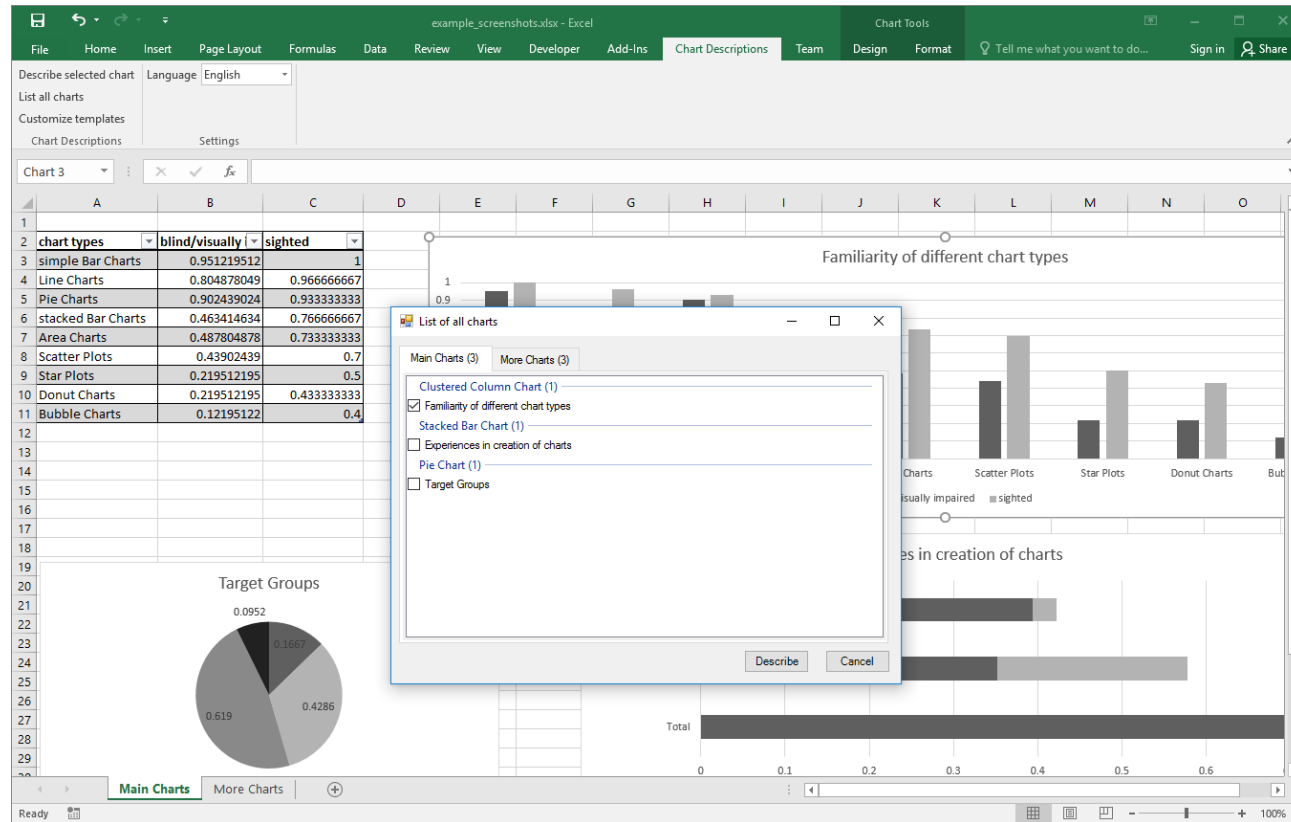
Diagrammbeschreibungen | Automatisierte Erstellung

→ **Abbilden bekannter Konzepte und Workflows**

Software zur Erstellung visueller Diagramme

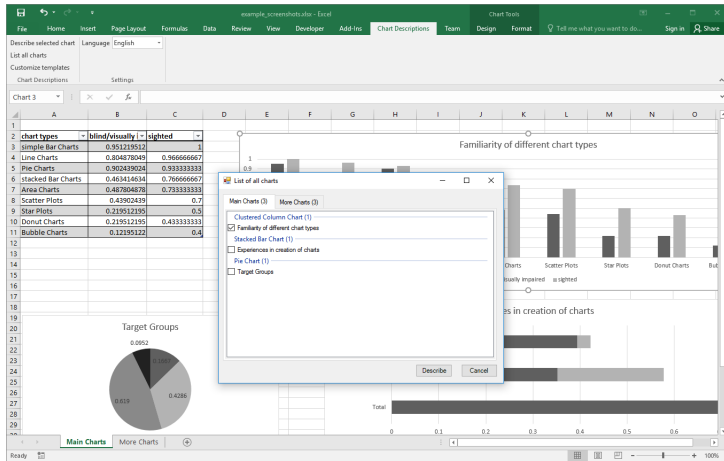


Prototyp: Automatische Diagrammbeschreibungen mit Excel

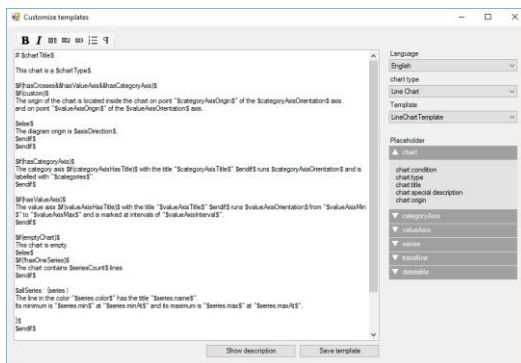


- Software: Microsoft Excel
- Zugängliches Plugin zur automatischen Erstellung von anpassbaren Diagrammbeschreibungen
- Generierung der Beschreibungen basierend auf Templates
- Definition eigener Templates mit Markdown
- Zielformat der Beschreibungen: HTML

Prototyp: Automatische Diagrammbeschreibungen mit Excel



1. Auswahl des Diagramms in Excel



2. Wahl und Anpassung der Templates

Familiarity of different chart types

This chart is a Clustered Column Chart.

The diagram origin is .

The category axis runs horizontal and is labeled with "simple Bar Charts, Line Charts, Pie Charts, stacked Bar Charts, Area Charts, Scatter Plots, Star Plots, Donut Charts, Bubble Charts".

The value axis runs vertical from "0" to "1" and is marked at intervals of "0.1".

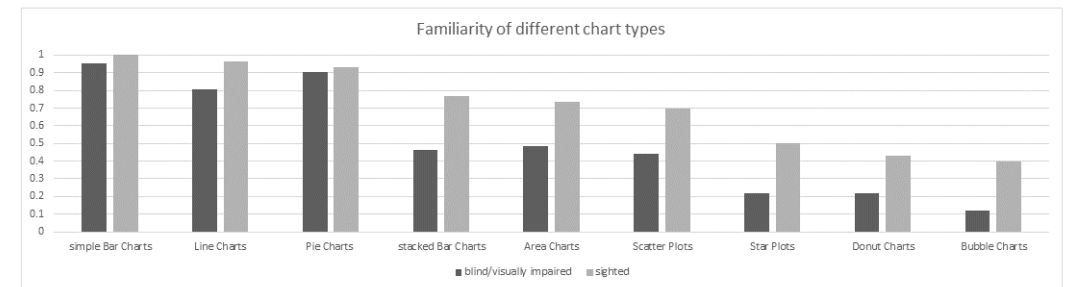
The chart contains 2 series.

The columns in the color "DimGray" display the series with the title "blind/visually impaired". Its minimum is "0.12" at "Bubble Charts" and its maximum is "0.95" at "simple Bar Charts".

The columns in the color "DarkGray" display the series with the title "sighted". Its minimum is "0.40" at "Bubble Charts" and its maximum is "1" at "simple Bar Charts".

Table with values of the chart:

	simple Bar Charts	Line Charts	Pie Charts	stacked Bar Charts	Area Charts	Scatter Plots	Star Plots	Donut Charts	Bubble Charts
blind/visually impaired	0.95	0.80	0.90	0.46	0.49	0.44	0.22	0.22	0.12
sighted	1	0.97	0.93	0.77	0.73	0.70	0	0.43	0.40



3. Ausgabe der Beschreibung in HTML

Diagrammbeschreibungen | Automatisierte Erstellung

The screenshot displays the Microsoft Excel interface with the 'Diagrammbeschreibungen' (Chart Descriptions) task pane on the left and the 'Templates anpassen' (Customize Templates) dialog box open in the center. The dialog box is for a 'Säulendiagramm' (Bar Chart) template. The description text includes:

- # SchartTitle\$
- Dieses Diagramm ist ein SchartType\$.
- \$SpecialChartDescription\$
- \$if(hasCrosses&&hasValueAxis&&hasCategoryAxis)\$
\$if(custom)\$
Der Diagrammsprung liegt innerhalb des Diagramms und befindet sich an Punkt "CategoryAxisOrigin\$" auf der CategoryAxisOrientation\$en Achse und an Punkt "SvalueAxisOrigin\$" auf der SvalueAxisOrientation\$en Achse.
- \$else\$
Der Diagrammsprung ist SaxisDirection\$.
- \$endif\$
- \$endif\$
- \$if(hasCategoryAxis)\$
Die kategorische Achse \$if(categoryAxisHasTitle)\$ mit dem Titel "CategoryAxisTitle\$" \$endif\$ verläuft CategoryAxisOrientation\$ und ist beschriftet mit "Scategones\$".
- \$endif\$
- \$if(hasValueAxis)\$
Die metrische Achse \$if(valueAxisHasTitle)\$ mit dem Titel "SvalueAxisTitle\$" \$endif\$ verläuft SvalueAxisOrientation\$ von "SvalueAxisMin\$" bis "SvalueAxisMax\$" und ist in SvalueAxisIntervalSer Intervalle unterteilt.
- \$endif\$
- \$if(emptyChart)\$
Dieses Diagramm ist leer.
- \$else\$
- \$if(hasOneSeries)\$
Das Diagramm enthält SseriesCount\$ Datenreihen.
- \$endif\$
- \$allSeries : (series |
Die Sseries.type\$ in der Farbe "Sseries.color\$" stellen die Datenreihe mit dem Titel "Sseries.names\$" dar.
Ihr kleinster Wert ist "Sseries.min\$" bei "Sseries.minAt\$" und ihr größter Wert ist "Sseries.max\$" bei "Sseries.maxAt\$".

The dialog box also shows a 'Platzhalter' (Placeholder) list on the right, including 'Allgemein', 'X-Achse', 'Y-Achse', 'Serien', 'Trendlinie', and 'Datentabelle'. At the bottom of the dialog, there are buttons for 'Beschreibung anzeigen' and 'Template speichern'. The background shows a bar chart with a legend containing six items: 'legende1' (blue), 'legende2' (orange), 'legende3' (grey), 'legende4' (yellow), 'legende5' (dark blue), and 'legende6' (green). The chart's x-axis is labeled 'Zeit' and shows months from January to December. The y-axis ranges from 0 to 35. A status bar at the bottom indicates 'Data' and 'Tabelle1'.

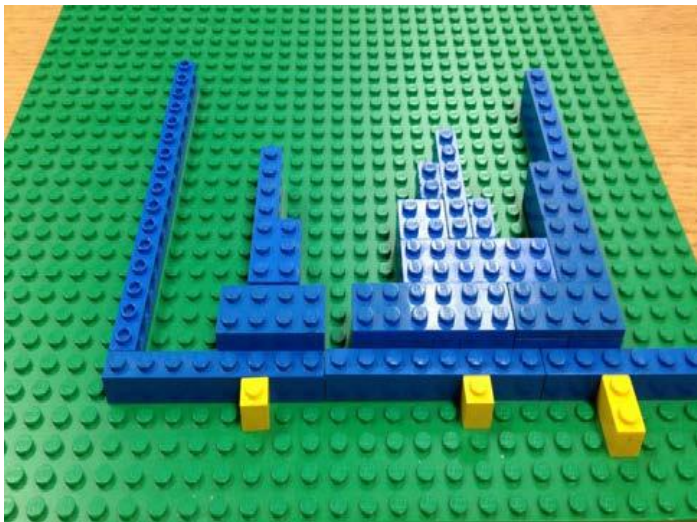
Zugängliche Grafiken

Anwendungsbeispiel: Taktile Diagramme

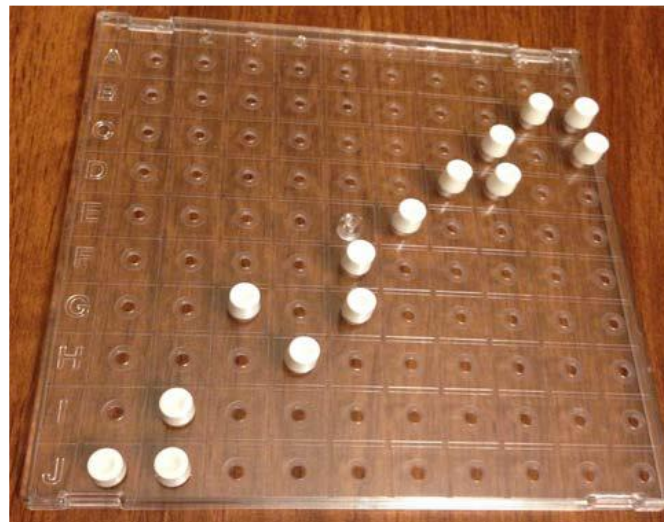
Taktile Diagramme | Einführung

- grafische Diagramme werden als taktile Grafik für blinde/sehbehinderte Menschen zugänglich gemacht
- verschiedene Distributionsformen und Materialien möglich

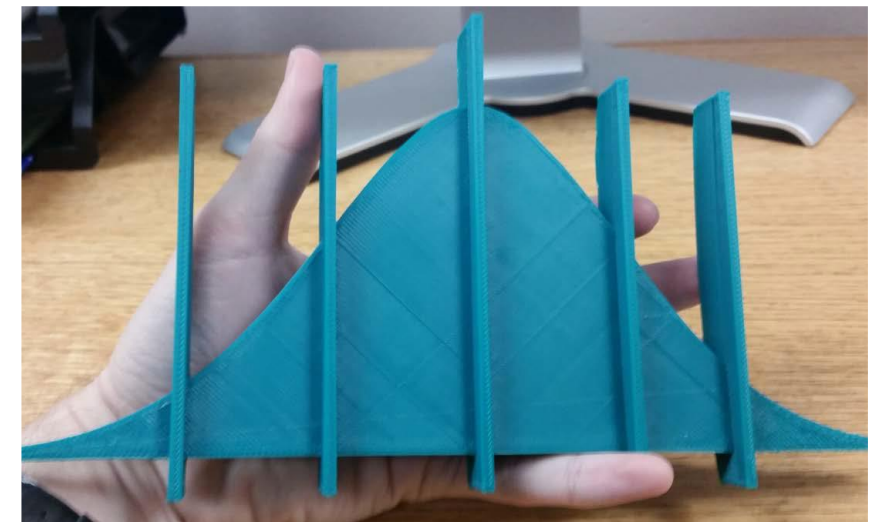
Beispiele:



Taktiler Diagramm mit Legosteinen



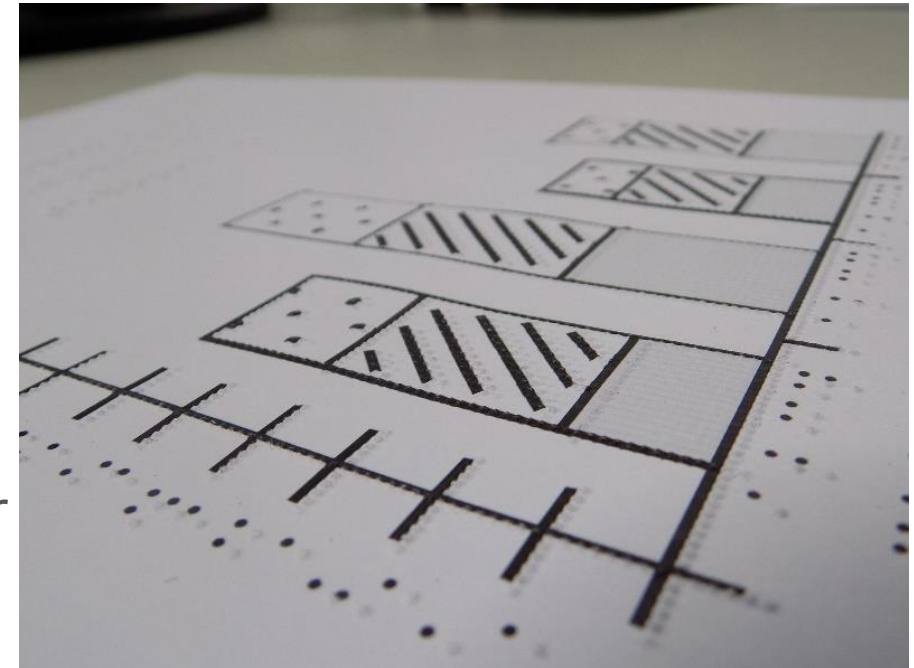
Scatterplot (Schiffe versenken)



3D-gedrucktes Liniendiagramm

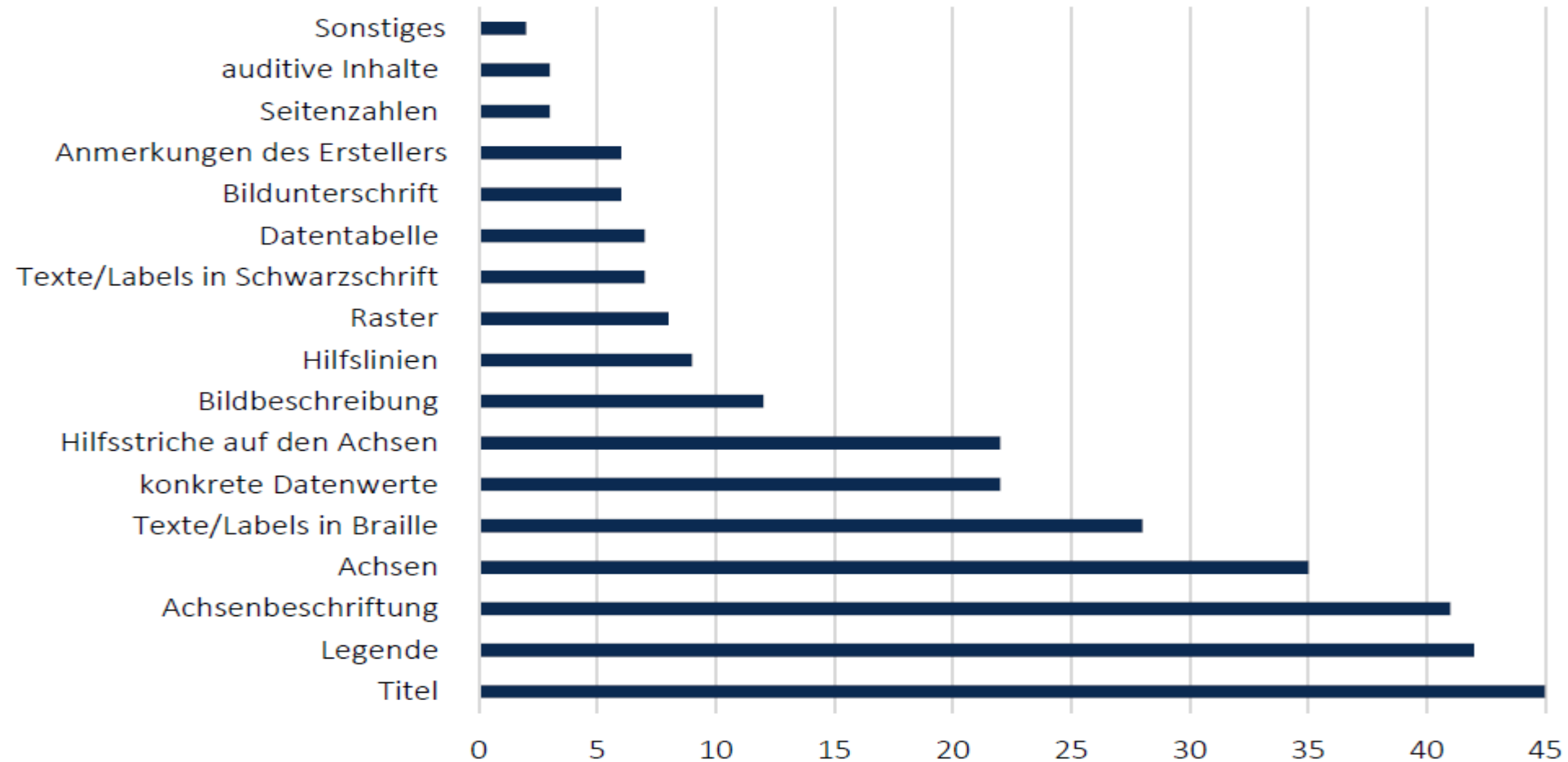
Taktile Diagramme | Einführung

- Verwendung vor allem im Bildungskontext üblich
- vorrangig klassische Diagramme wie Balken-, Linien-, Punkt- oder Kreisdiagramme taktile umgesetzt
- meist mit Schwellpapier, Brailledruck oder als Prägedruck erzeugt
- keine speziellen Richtlinien zur Gestaltung taktiler Diagramme, ABER
- die Gestaltung der Diagramme muss an den taktilen Sinn angepasst sein
- keine reine „Übersetzung“ von grafischen in taktiler Diagramme sinnvoll



Taktiler gestapeltes Säulendiagramm (Auflösung Prägedruck: 20dpi)

Essentielle Elemente taktiler Diagramme



Befragung unter 72 sehenden, sehbehinderten und blinden Nutzenden taktiler Diagramme (N=55) [EW17]

Taktile Diagramme | Kriterien

Titel

- Brailleschrift, oberhalb des Diagramms, linksbündig, max. 2 Zeilen

Achsen

- deutlich ertastbar mind. 1mm, Braillebeschriftungen
- Hilfslinien mind. 6mm auf jeder Seite
- Datenwerte mit Braille beschriftet

Legende

- Kennzeichnung als Legende in Braille
- Symbole linksbündig, gleiche Skalierung wie im Diagramm
- Braillebeschriftungen rechts daneben
- Reihenfolge: Bereiche, Linien, Punktsymbole, alphabetischer Schlüssel, numerischer Schlüssel

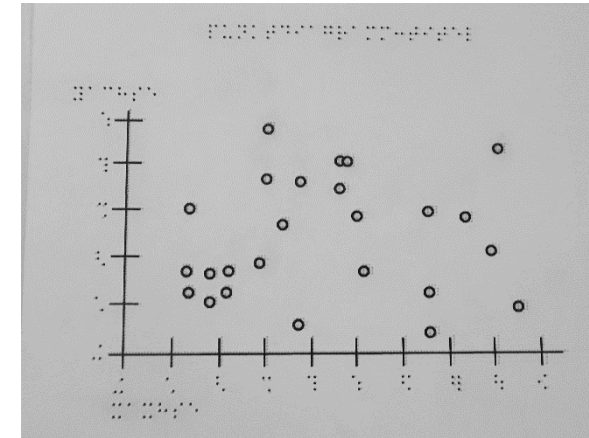
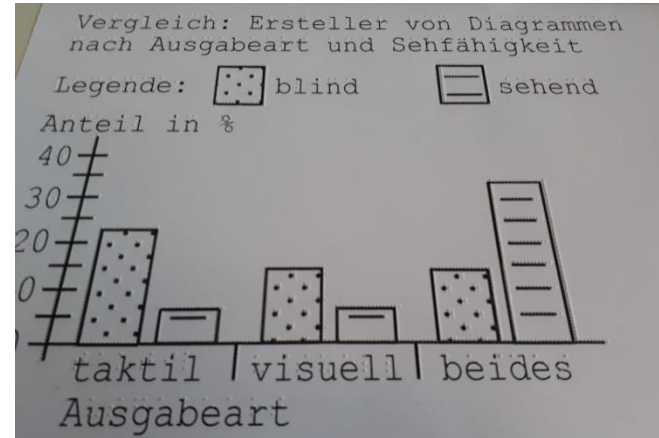
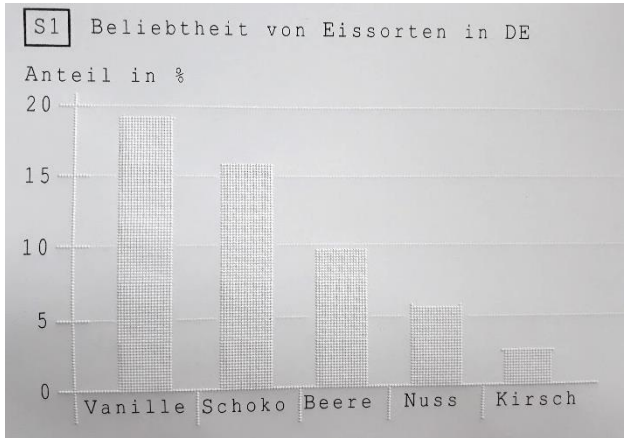
Raster

- sparsamer Einsatz, nur wenn benötigt
- gute Unterscheidbarkeit von Diagrammelementen gewährleisten
- dezenter Linienstil

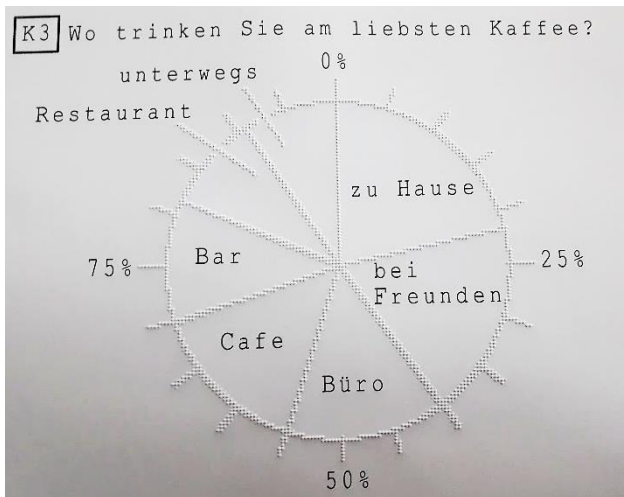
Beschriftungen

- keine unnötigen Beschriftungen
- Titel, Achsenbeschriftungen, Achsenwerte, Legendensymbole notwendig
- horizontale Ausrichtung

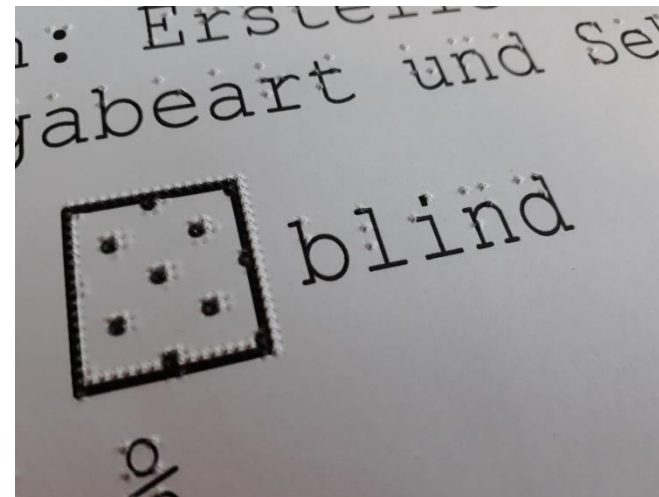
Taktile Diagramme | Beispiele (Prägedruck)



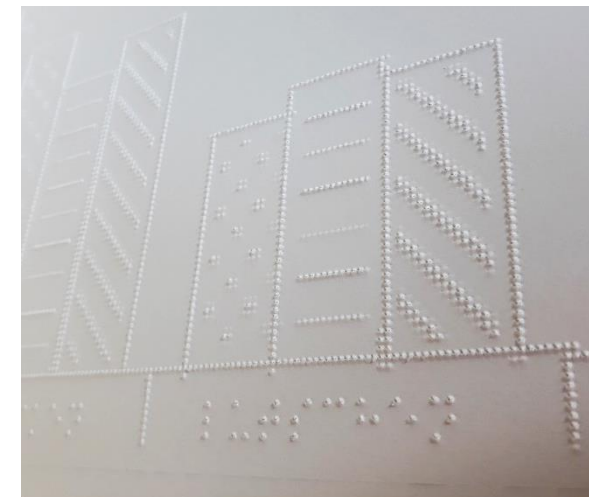
gedruckte und
geprägte
Brailleschrift



taktile Prägung +
Schwarzschrift (kein Braille)



Prägung + Druck (Brailleschrift
und Schwarzschrift)

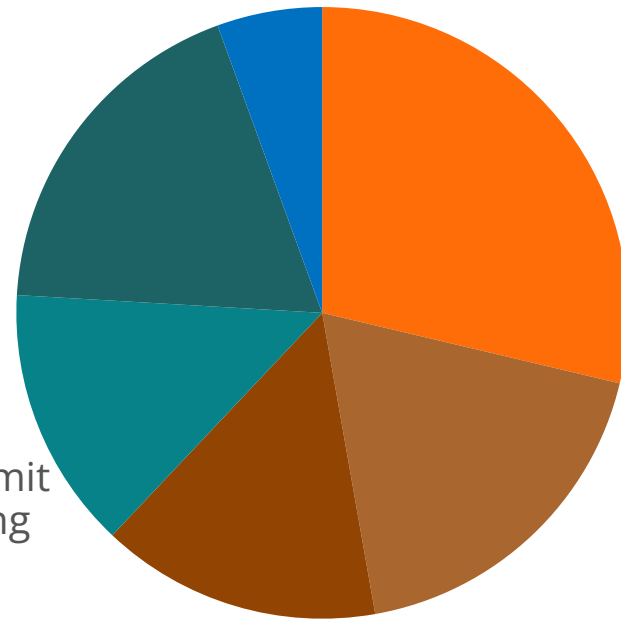


Prägung mit Brailleschrift

Taktile Diagramme | Verwendung

- taktile Diagramme werden nicht nur als zugängliche Alternative für ein grafisches Diagramm verwendet
- Auch als Mittel zur Datenanalyse anwendbar → Gestaltung kann die Lesbarkeit unterstützen

Gründe für die Verwendung taktiler Diagramme

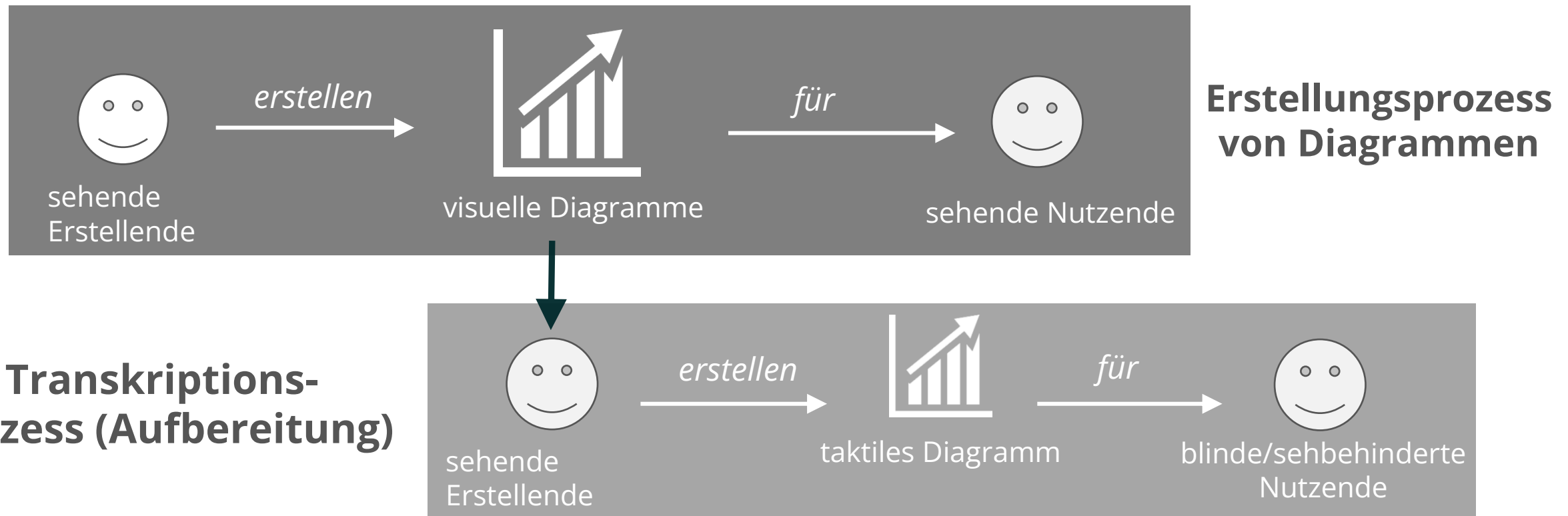


- Zugang zu grafischem Diagramm
- Diagrammkonzepte erlernen
- Datenanalyse
- Überblick über Daten gewinnen
- Werte ablesen
- Evaluation des Diagramms

Befragung von 72 Nutzenden mit und ohne Sehbeeinträchtigung bzw. Blindheit zum Nutzungszweck taktiler Diagramme (N=55) [EW17]

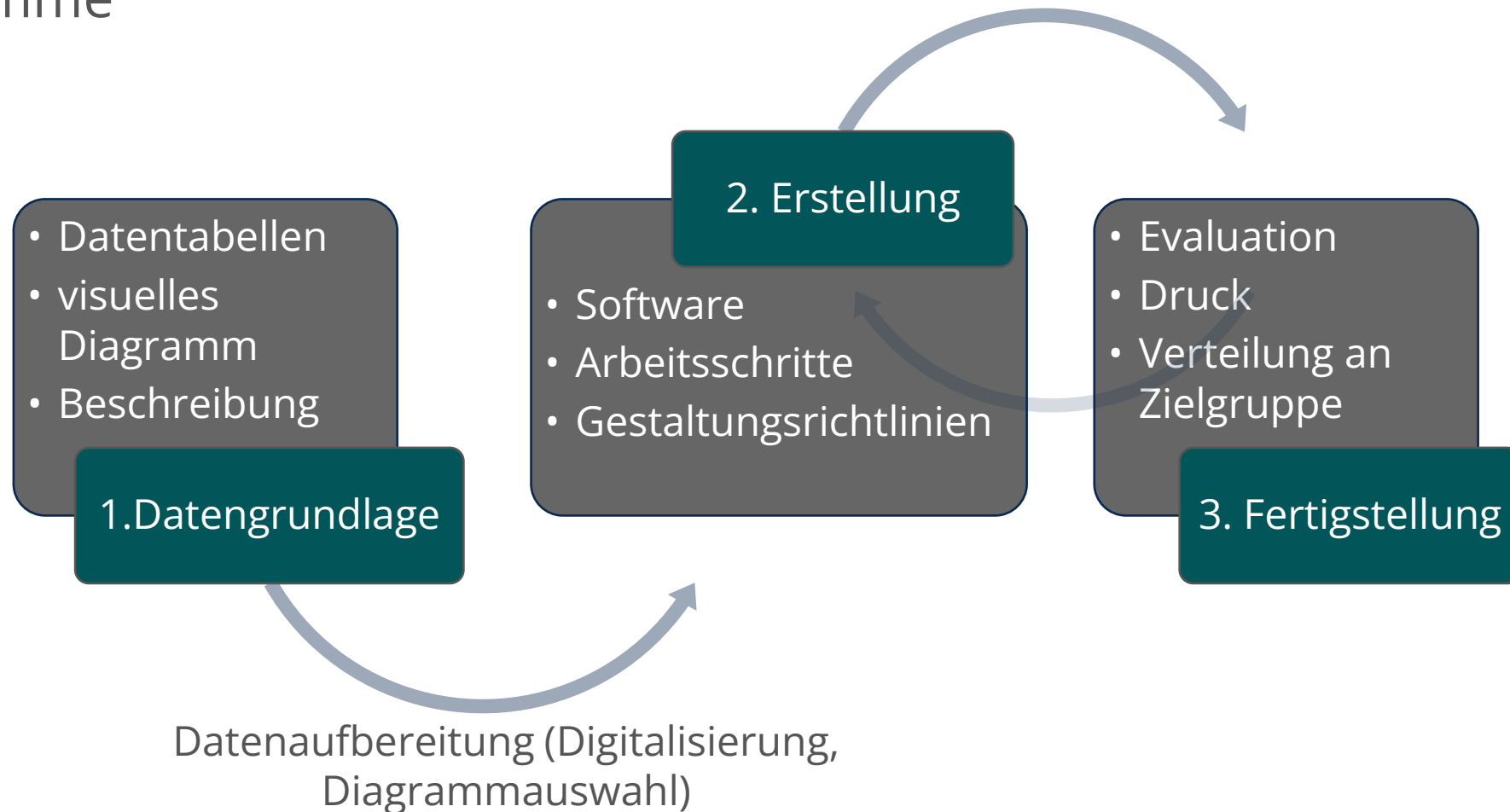
Taktile Diagramme | Erstellungsprozess

- häufiger Anwendungsfall: taktiles Diagramm als Zugang zu einem visuellen Diagramm zu bekommen
- Ausschluss von Menschen mit Blindheit oder Sehbeeinträchtigung vom Erstellungsprozess → kein selbständiger Zugang zu Diagrammen möglich



Taktile Diagramme | Erstellungsprozess

Typische Schritte und Komponenten des Erstellungsprozesses taktiler Diagramme



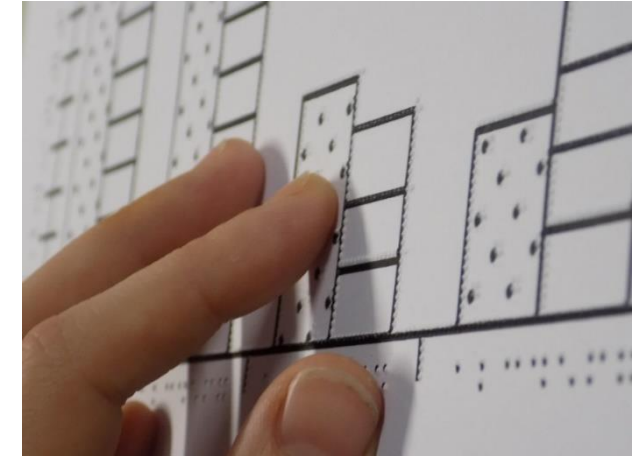
Taktile Diagramme | Eigenschaften

Vorteile:

- ✓ räumliche Strukturen und Zusammenhänge ertastbar
- ✓ schnelle Erfassung von Verteilungen, Höhenunterschieden
- ✓ Kombination von Braille und taktilen Elementen in einer Grafik
- ✓ selbständiges Erschließen des Inhaltes durch blinde Menschen

Nachteile:

- Brailleschrift erfordert viel Platz → wenige Elemente darstellbar
- Ablesen genauer Werte schwierig
- benötigt Erfahrung in der Erkundung taktiler Diagramme
- nur zweidimensionale Darstellungen mit wenigen Überschneidungen möglich
- Erstellung aufwändig, Exploration meist zeitintensiv

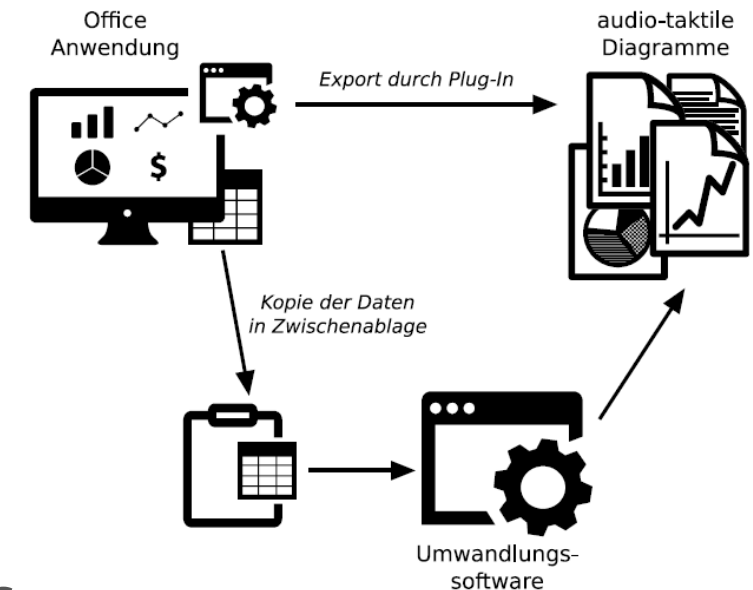


Taktile Diagramme | Automatisierte Erstellung

Ziel: Menschen mit Blindheit oder Sehbeeinträchtigung die Erstellung zugänglicher, taktiler Diagramme ermöglichen

Anforderungen

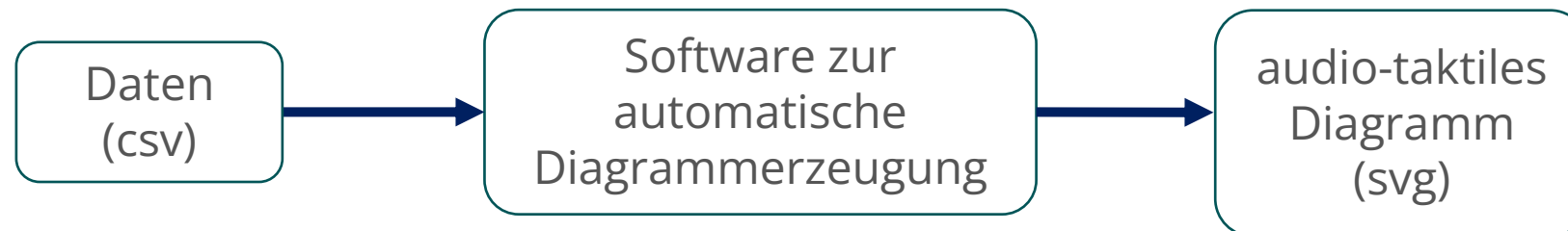
- Barrierefreie Software zur automatischen Erzeugung zugänglicher Diagramme
- Bereitstellung versch. Eingabeformate: z. B. Datentabellen, grafisches Diagramm, Mark Up
- geeignete Formate für zugängliche Grafiken: SVG, HTML
- verschiedene Diagrammtypen und individualisierbare Designs
- zugängliche Bildschirmdarstellung für Menschen mit Sehbeeinträchtigung integrieren
- Konsistente Gestaltung auf Grundlage von Richtlinien (css)
- Unterstützung versch. Erstellungsmethoden, z. B. Schwellpapier, Brailledrucker, Prägedrucker

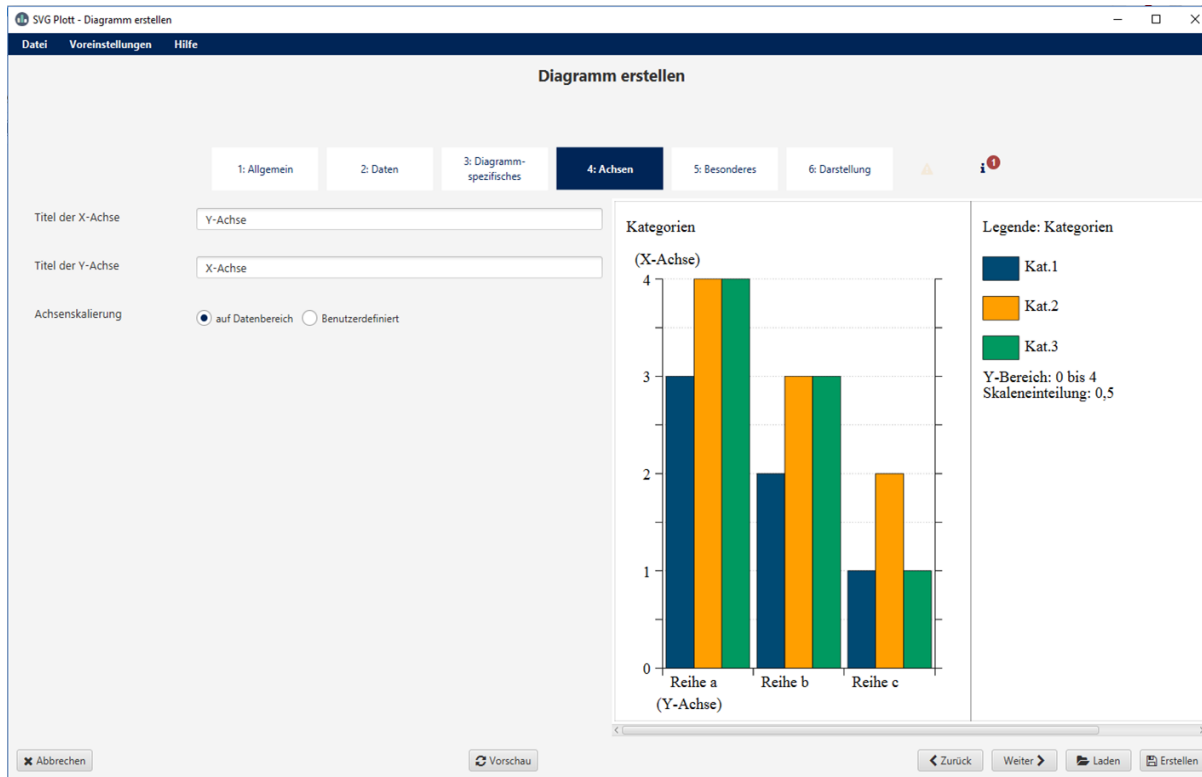


Beispiel: Konzept des Prozesses zur automatisierten Diagrammerstellung

Taktile Diagramme | Automatisierte Erstellung (SVGPlott)

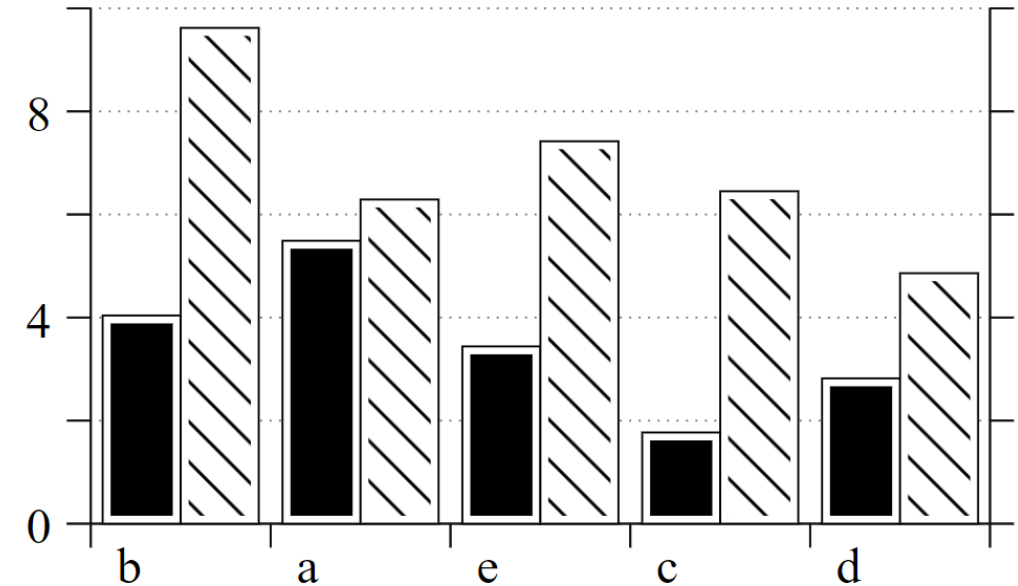
- **Prototyp** (in Java) für taktile Säulen-, Linien- und Punktdiagramme
- Eingabe: .csv-Dateien, kann nach Import editiert werden
- **Individualisierbarkeit**, z. B. Sortierung der Daten; Auswahl Linienstile, Symbole und Texturen; Titel und Wertebereich der Achse anpassbar
- **Presets** von nutzerdefinierten Einstellungen nutzbar
- **Automatisierung**, z. B. Abkürzungen, Legendenerstellung, kontextabhängige Auswahl von Texturen, Linienstilen nach bester Unterscheidbarkeit; Anwendung Gestaltungsrichtlinien
- Erzeugung zugänglicher **SVG-Dateien** (inkl. Legende und separater Beschreibung), Nutzung von title, desc → audio-taktile Nutzung, z.B. mit IVEO





Screenshot von SVGPlott. Das Vorschaufenster zeigt ein für Menschen mit Sehbeeinträchtigung optimiertes Säulendiagramm [EMW19]

Balken sortiert Kategorie

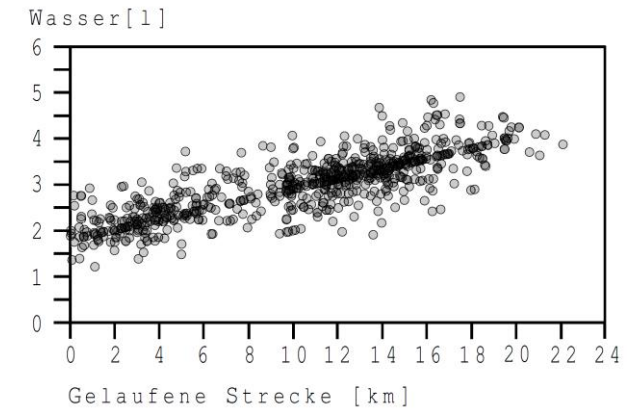


Beispiel eines mit SVGPlott erzeugten, gruppierten Säulendiagramms für den taktilen Prägedruck

Konzept zur Darstellung großer Datensätze

- Hinweise bei **Darstellungsproblemen** an Nutzende (z. B. zu kleine Elemente, starke Überlagerungen), zu lange Beschriftungen
- Vorschlag für geeignete **Diagrammtypen** anhand der Daten
- Automatische Erzeugung von **3D-Heatmaps** als aggregiertes Äquivalent zum 2D-Scatterplot (für 3D-Drucker)
- Automatische **Aufteilung der Daten** auf mehrere Diagrammblätter

Gelaufene Strecke und getrunkenes Wasser



Taktile Heatmap (oben) und automatisch erzeugte 3D-Heatmap derselben Daten

Audio-Taktile Diagramme | TipToi

- Ergänzung taktiler Diagramme um **auditive Ausgaben** bei Berührung
- in der Praxis weniger verbreitet (wenn auch bekannt)
- Verzicht Braillebeschriftungen möglich, Informationen über Audio vermitteln
- verschiedene Technologien, z. B. IVEO, Talking Tactile Tablet, audio-tactile pen u.a.

Beispiel: Audio-taktile Diagramme mit dem „tiptoi®“

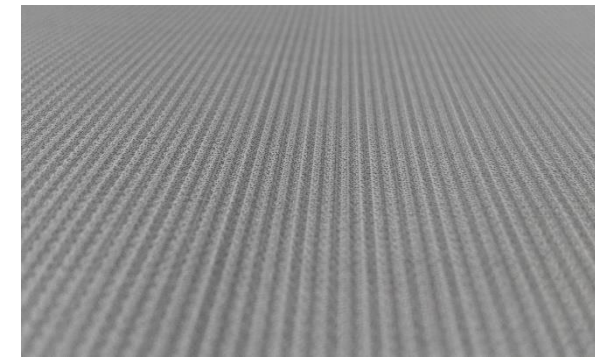
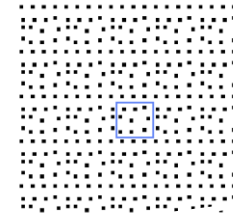
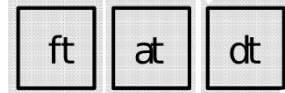
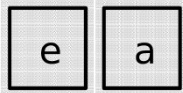
- digitaler Stift von Ravensburger® für audiodigitale Lehr-Lernsysteme für Kinder
- spielt in Abhängigkeit eines gelesenen Punktcodes eine Audiodatei ab
- OpenSource Tool „TTTool“ ermöglicht eigene Erstellung vom TipToi lesbarer Skriptdateien
- Abhängigkeiten, Bedingungen und Sprungbefehle nutzbar
- langsame Verarbeitung

Quelle: <https://www.tiptoi.com/de/tiptoi-manager/index.html>

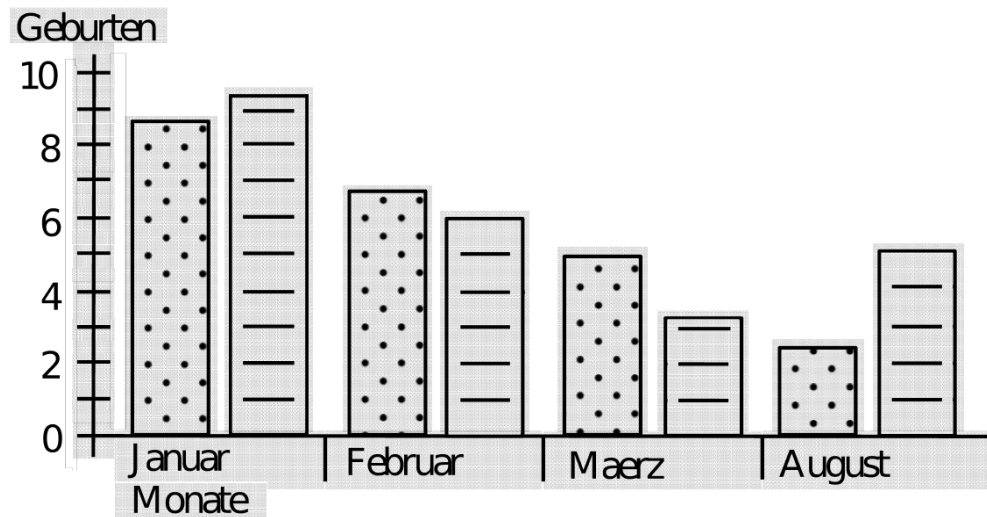


Audio-Taktile Diagramme | TipToi

Beispiel Säulendiagramm



geprägtes Blatt mit hinterlegtem Punktmuster



unter die einzelnen Diagrammelemente werden verschiedene Punktmuster (OID) platziert

- Prägung wird auf mit Punktmuster bedrucktes Blatt gedruckt
- Skriptsprache definiert Reaktion des Stiftes nach dem Einlesen einer OID (=Object Identifier)
- Speichern von Werten in Registern und verschiedene Modi möglich
- mobile und kostengünstige Variante zur Erzeugung individueller, audio-taktile Grafiken
- ABER: keine komplexen Gesten und Interaktionen möglich
- ausschließlich Wiedergabe vorgegebener Werte möglich



source: <https://www.ravensburger.de/entdecken/ravensburger-marken/tiptoi/tiptoi-stift/index.html>

TipToi®

- arbeitet mit Anoto Pattern
- sehr preiswert
- kein offizielles SDK
- integrierte Lautsprecher

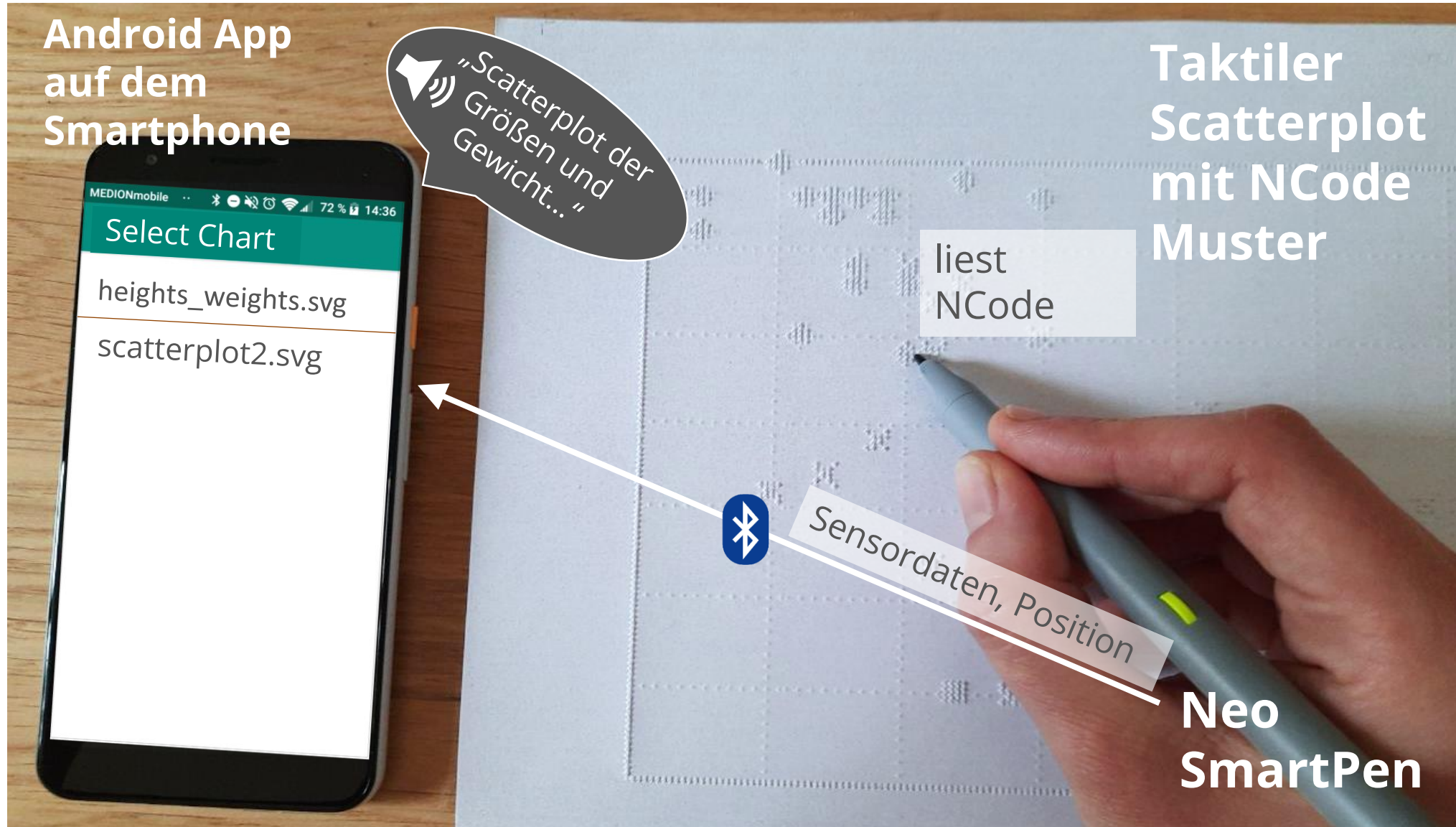


source: <https://www.neosmartpen.com/en/neosmartpen-m1/>

Neo Smartpen M1

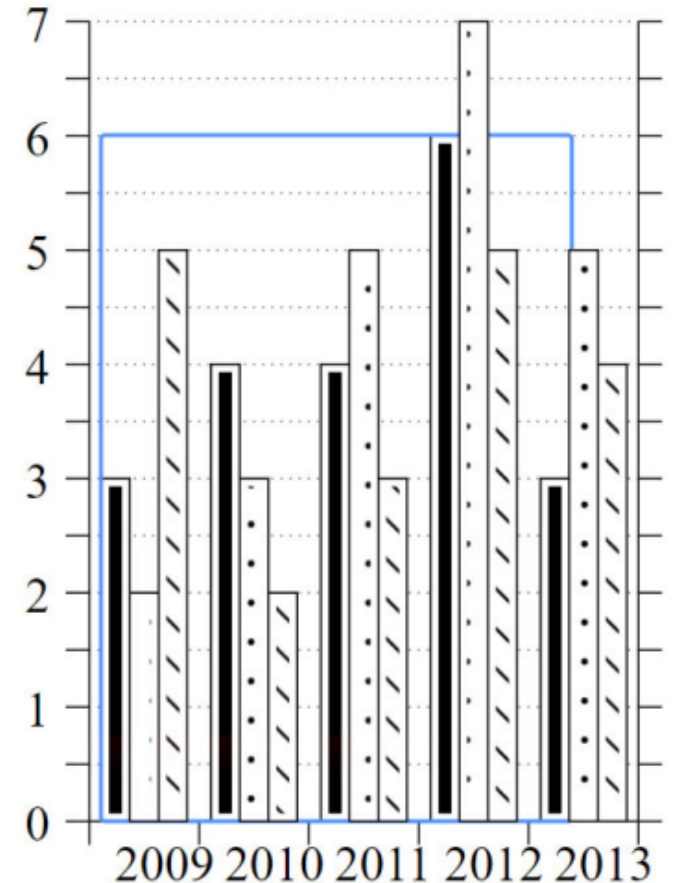
- arbeitet mit Ncode Punktmuster
- Bluetooth integriert
- offizielles SDK
- funktioniert mit Smartphone App

Audio-taktile Diagramme | Digitale Stifte Neo SmartPen



Auditive Zugängliche Diagramme in SVG

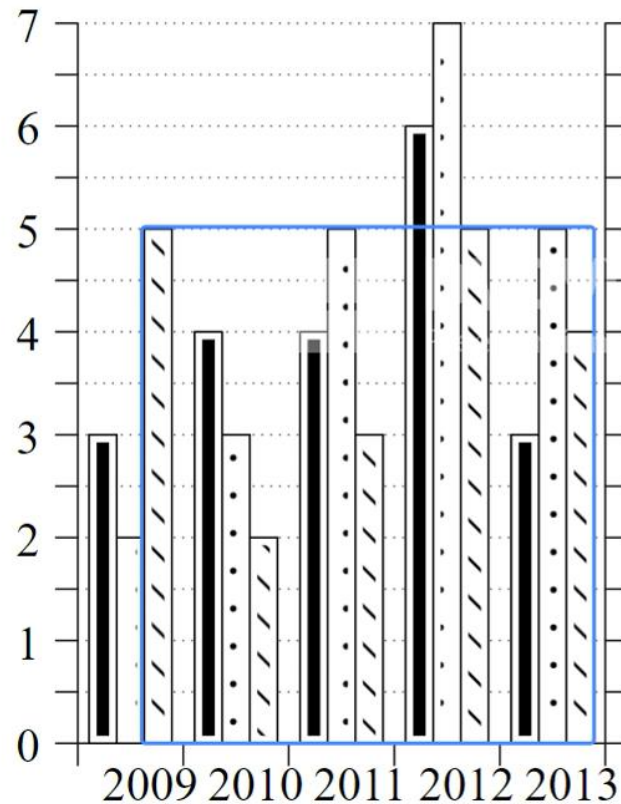
- **Idee:** Erstellung interaktiver Diagramme in SVG zur nicht-visuellen Exploration
- Erreichbarkeit aller Informationen mit Tastatur
- Zugänglichkeit der Informationen für den Screenreader
- Gruppierung von Inhalten zur effizienten Navigation
- Sonifikation der Daten, um generellen Trend darzustellen



Gruppiertes
Säulendiagramm mit
fokussierbaren Elementen

Zugängliche Diagramme in SVG

Beispiel: Alkoholkonsum Deutschland in Tonnen



NVDA-Sprachbetrachter

Enter Videoaufnahme pausieren
Enter Schalter Videoaufnahme pausieren
0,08 Mb Videogröße
2010
Bier : 2009 / 3
Schnaps: 2009 / 5
Bier : 2010 / 4
Bier : 2011 / 4
Wein : 2011 / 5
Schnaps: 2011 / 3
Bier : 2012 / 6
Wein : 2012 / 7
Schnaps: 2012 / 5
Bier : 2013 / 3
Enter Schalter Videoaufnahme anzuhalten
Bier : 2013 / 3
Enter Schalter Videoaufnahme pausieren
Enter Schalter Videoaufnahme anzuhalten
Alkoholkonsum Deutschland in Tonnen Fenster
Alkoholkonsum Deutschland in Tonnen Dokument

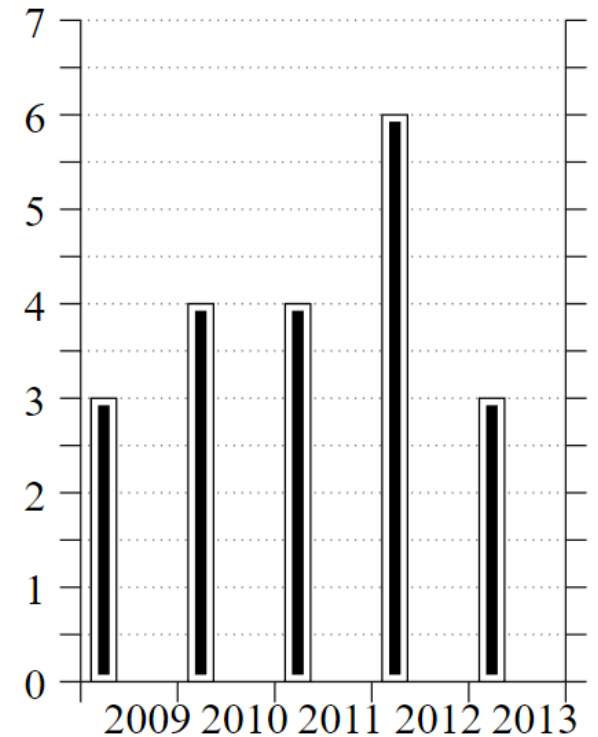
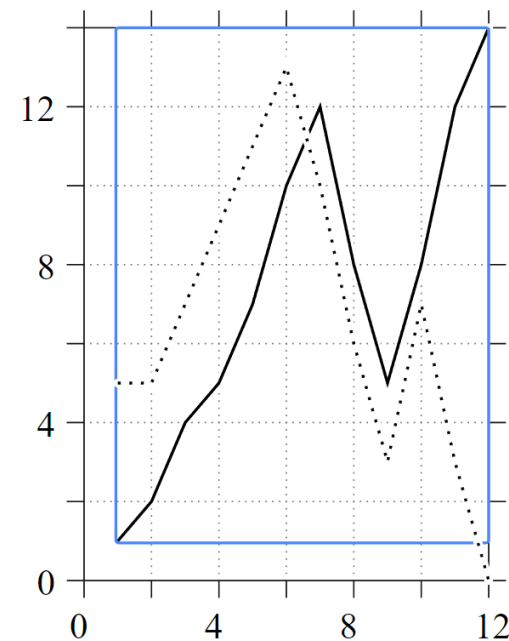
Alkoholkonsum Deutschland in Tonnen Grafik
Dieses Balkendiagramm trägt den Titel "Alkoholkonsum Deutschland in Tonnen". Die Balken sind vertikal gruppiert. Die Achsen und ihre Beschriftungen befinden sich links des Diagramms und darunter. Die vertikale Achse wird auch auf der gegenüberliegenden Seite des Diagramms dargestellt. Die vertikale Achse ist von 0 bis 7 in Intervallen von 0,5 markiert. nicht sortiert 2009 2010 2011 2012 2013 Es werden 3 Datenreihen dargestellt: Bier Wein Schnaps
Alkoholkonsum Deutschland in Tonnen Grafik
Bier Baumansicht
Wein Baumansicht
Schnaps Baumansicht

Sprachbetrachter beim Start anzeigen

Erkundung eines
gruppierten
Säulendiagramms mit
der Tastatur
(Screenreaderausgabe
über Sprachbetrachter
von NVDA rechts)

Sonifikation

- Synthetisieren der Datenwerte in Töne
- ein Tongraph je Datenwertgruppe
- keine direkte Beeinflussung der Sonifikation möglich
- bei Liniendiagrammen Sonifikation der vertikalen Werte
- Abspielen des Tongraphen per Tastendruck



Zusammenfassung Zugängliche Diagramme

Diagrammbeschreibungen

- Erstellung und Erfassung aufwändig, interpretativ
- Inhalt ist abhängig vom Anwendungsfall
- geeignet für kleine Datenmengen
- Automatische Erstellung ermöglicht selbständigen Zugang zur Beschreibung durch Zielgruppe

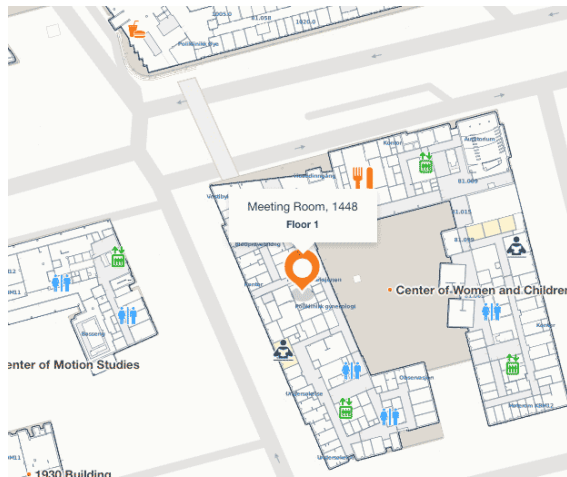
Taktile Diagramme

- selbständiges Erkunden des Diagramminhaltes möglich
- Erstellungsprozess sehr aufwändig
- Automatische Erstellung ermöglicht selbstständigen Zugang zu grafischen Diagrammen sowie Datenanalyse
- kann um auditive Elemente ergänzt werden (audio-taktile Diagramme) – versch. Multimodale Ansätze

Zugängliche Grafiken

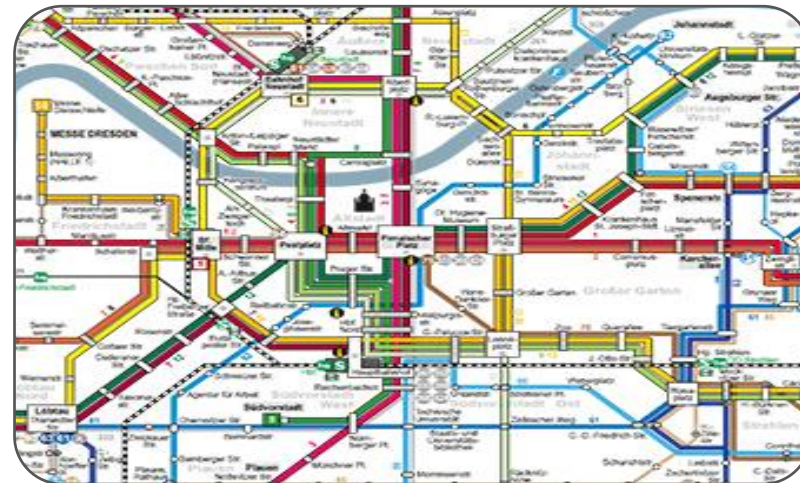
Anwendungsbeispiel: Barrierefreie Karten

- wichtig für die **Mobilität** in vielen Lebensbereichen
- versch. **Wissensformen** (z.B. POI, Routenwissen, Umgebungswissen, Überblickswissen)
- Unterstützung von **Mikro- und Makronavigation**
- **Themenkarten** für versch. Bereiche, z.B. Öffentlicher Nahverkehr, Outdoor, Indoor, usw.)
- versch. **GIS-Formate** für Datenspeicherung, z. B. BIM, OSM, GeoJSON
- **individuelle Informationen** für Menschen mit Beeinträchtigung notwendig



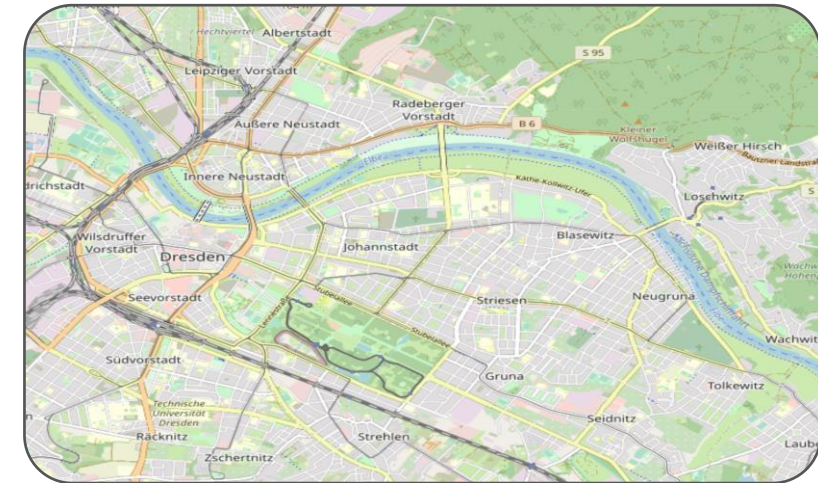
Beispiel: Indoor Karte

Quelle: <https://www.mazemap.com/indoor-maps>



Beispiel: Liniennetz

Quelle: <https://www.dvb.de/de-de/liniennetz/linienubersicht/>

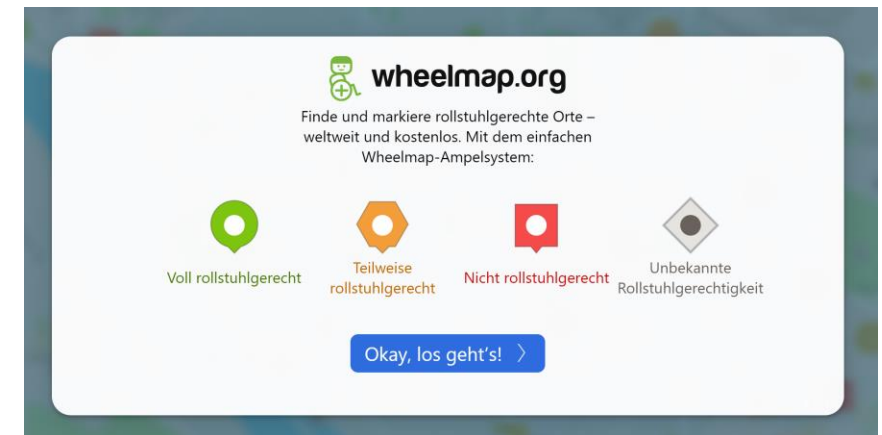
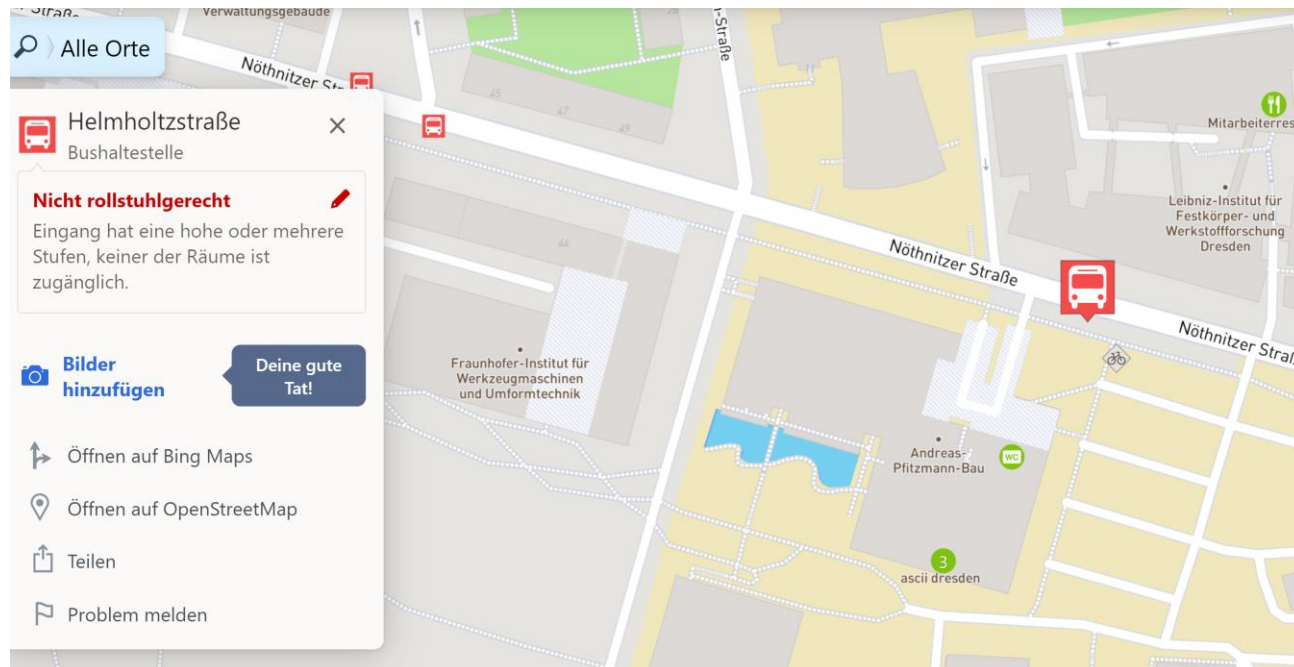


Beispiel: Outdoor Karte

Quelle: <https://osm.org/go/0MLhz6l?relation=191645>

Barrierefreie Karten | Beispiel „Wheelmap“

- Karten enthalten spezielle Informationen für Menschen mit einem Rollstuhl ausgelegt
- Ampelsystem → Zeigt wie rollstuhlgerecht Wege und Gebäude, Orte
- keine detaillierte Einordnung, z.B. Standardrollstuhl vs. Elektrorollstuhl, weitere Gehbeeinträchtigungen
- Community Projekt: Alle können Daten einpflegen



Startseite von www.wheelmap.org

Kartenausschnitt Nöthnitzerstr. von www.wheelmap.org

- gesamten Reisekette adressieren (z. B. Planung vs. Durchführung)
- diverse Nutzendengruppen und Bedürfnisse einbeziehen → individueller Informationsbedarf
- geringe Verfügbarkeit von Kartendaten (insbesondere Gebäudekarten und -daten)
- Aufnahme korrekter und aktueller Daten ist aufwendig → wichtig für Akzeptanz und Vertrauen in Karten
- barrierefreie Darstellung und mobile Nutzung

Planung und
Orientierung

Sicherheit

Navigation

Ziele, die von verschiedenen Anwendungsfällen bei der Kartennutzung adressiert werden

Anforderungen zur Unterstützung von Menschen mit Mobilitäts- oder Seheinschränkungen bei Planung, Orientierung und Navigation auf folgenden Ebenen:

Datenbasis

- Allgemeine Informationen (z. B. Adresse, Routen, Objekte, POIs)
- Erreichbarkeitsmerkmale (z. B. taktile Beläge, Rampen)
- Aktualität der Daten

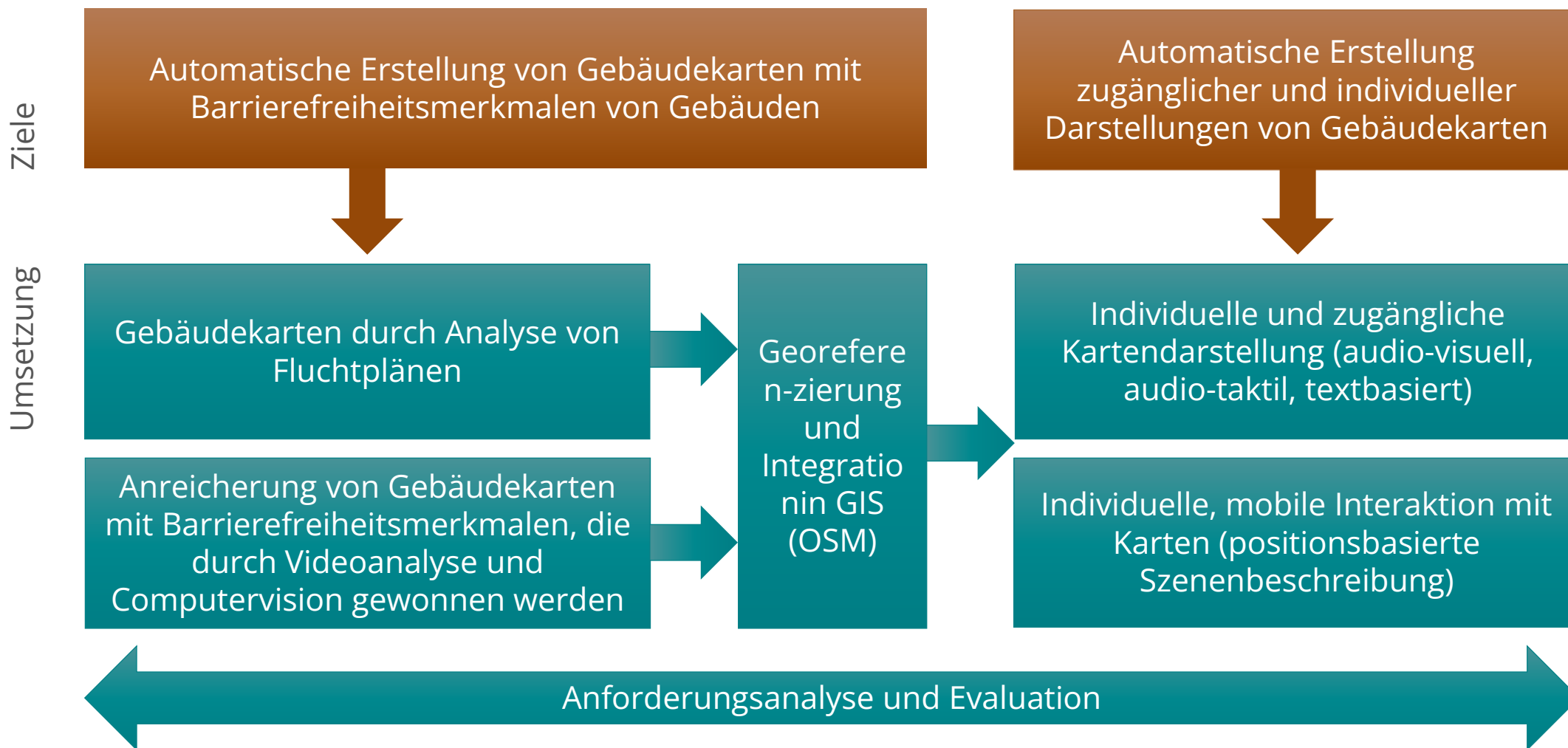
Anwendung

- (Grafische) Benutzungsoberfläche
- Interaktionsmodalitäten
- Adaptivität und Benutzungsfreundlichkeit
- Funktionale Anforderungen (z. B. Filter, Zoomen, Editieren, Navigation)

Karte

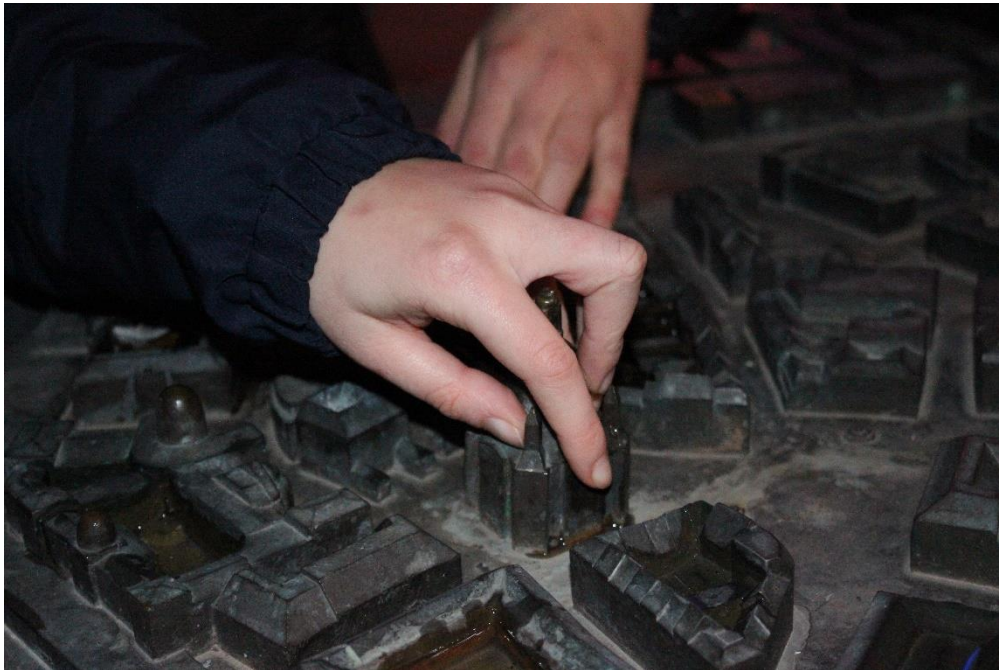
- Typ (z. B. innen, außen, öffentliche Verkehrsmittel)
- Barrierefreie Darstellung (z. B. taktile Karten, audio-taktile Karten)
- Mobilitätsgrad
- Interaktion

Projektplan Forschungsprojekt "Accessible Maps" zur automatischen Erstellung von Gebäudekarten

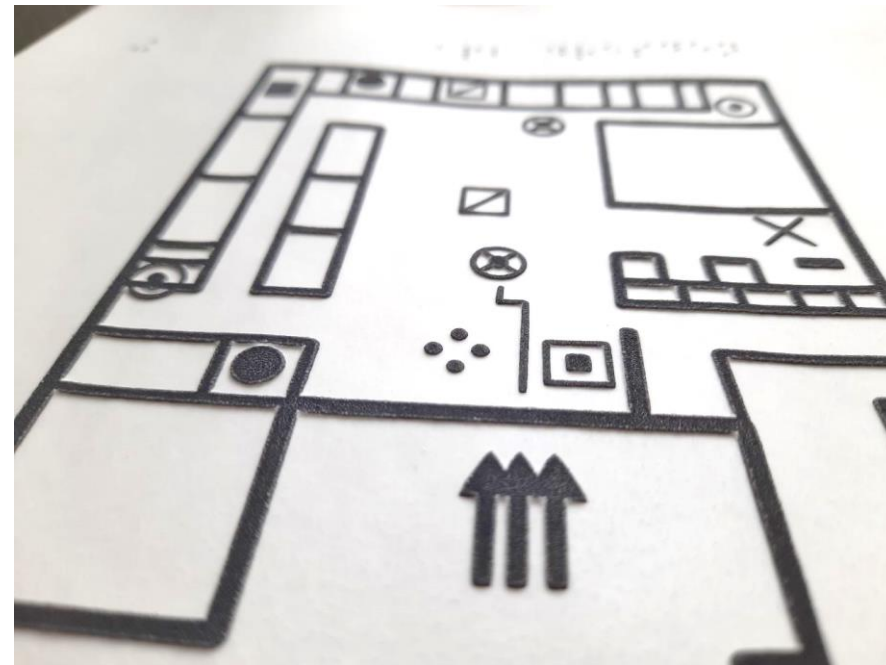


Taktile Karten | Einführung

- starke Vereinfachung und Generalisierung notwendig
- selten bis keine Verfügbarkeit von Gebäudekarten (Räume, Stockwerke, Hindernisse, Einrichtung, Türen etc.)
- folglich geringe Erfahrungswerte → vorrangig taktile Outdoorkarten (Straßen, Kreuzungen, Wege, Gebäude etc.)



Ausschnitt Modell Dresden (Metall)



Ausschnitt Andreas-Pfitzmann-Bau (Schwellpapier)

Taktile Karten | Beispielanwendung: Touch-Mapper

TOUCH MAPPER
Taktile Karten einfach von beliebigen Adressen erstellen

Deutsch Hilfe

Address search > Settings > Map

Kartenparameter

Adresse: Nöthnitzer Str. 46, 01187 Dresden, Deutschland (Technische Universität Dresden: Andreas-Pfitzmann-Bau, Fakultät Informatik)

Printing technology: 3D printing Embossing or swell paper

Kartengröße: You can print in any size, but scale selection below assumes 27.9 cm / 11 inches.

Kartenmaßstab: 1:2400 - Standard

Content: Hide buildings (doesn't affect map preview)

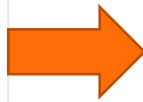
Erweitert: Erweiterte Optionen anzeigen

Taktile Karte erstellen

Karte ziehen, um Gebiet anzupassen

670 Meter (732 Yards)

Zurück zur Adresssuche



TOUCH MAPPER
Taktile Karten einfach von beliebigen Adressen erstellen

Deutsch Hilfe

Address search > Settings > Map

Karte von Nöthnitzer Str. 46, 01187 Dresden, Deutschland (Technische Universität Dresden: Andreas-Pfitzmann-Bau, Fakultät Informatik)

Open SVG file (for embossers), or click right mouse button to download

Open PDF file (for swell form machines), or click right mouse button to download

Ordering option for embossed / swell paper maps coming later.

Email a map link to Senden

Zurück zu den Kartenparametern

Quelle:

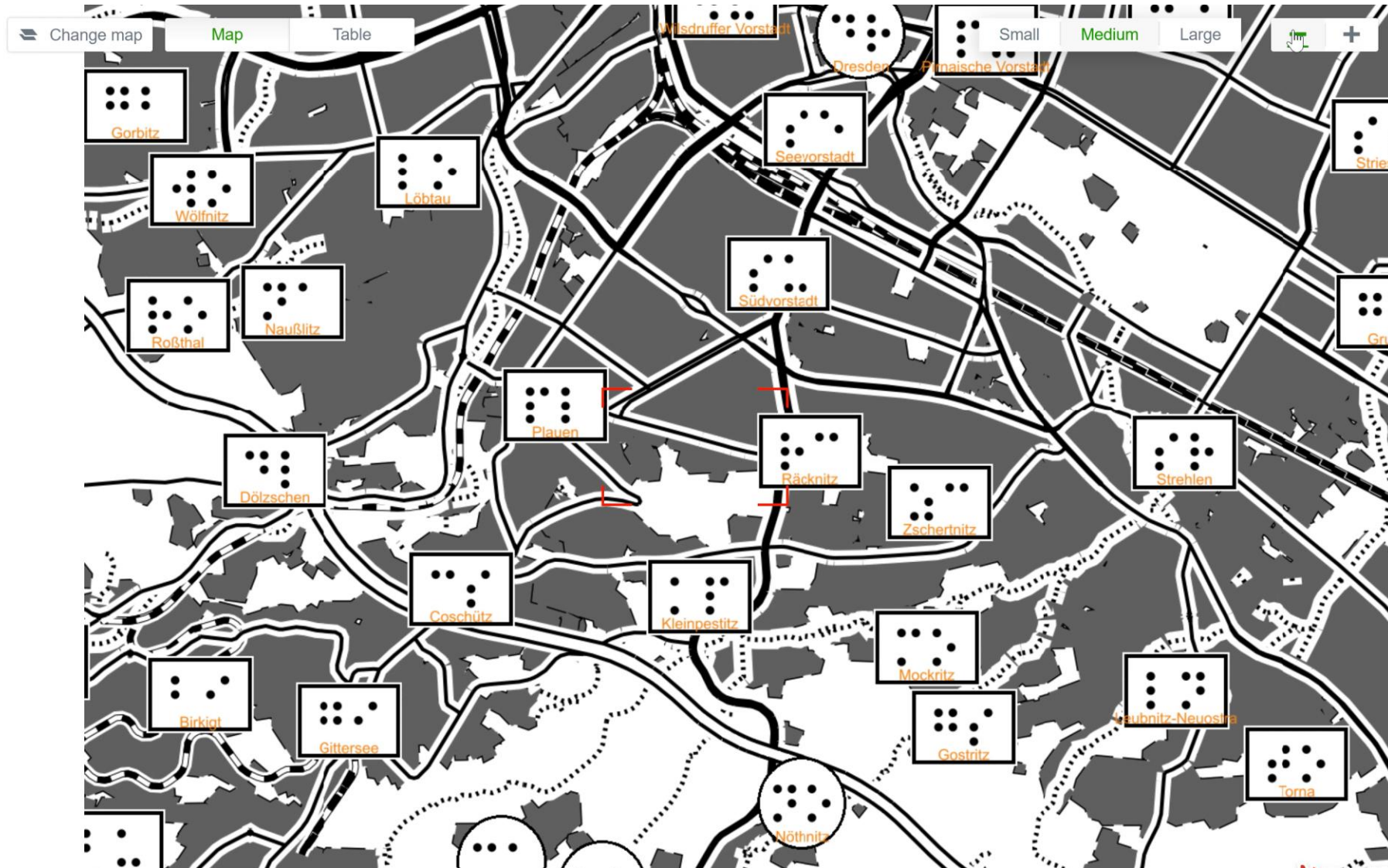
https://wiki.openstreetmap.org/wiki/File:Touch_Mapper_Kartta_kasissa.jpg



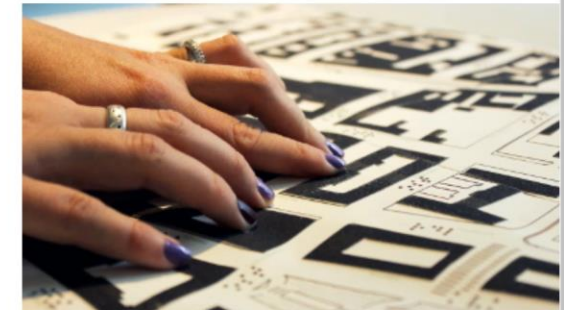
3D-gedruckte Karte als Ergebnis von „Touch-Mapper“

Erstellung einer Outdoor-Karte für Schwellpapier mit [Touch Mapper](#)

Taktile Karten | Beispielanwendung: Hapticke



Tactile maps

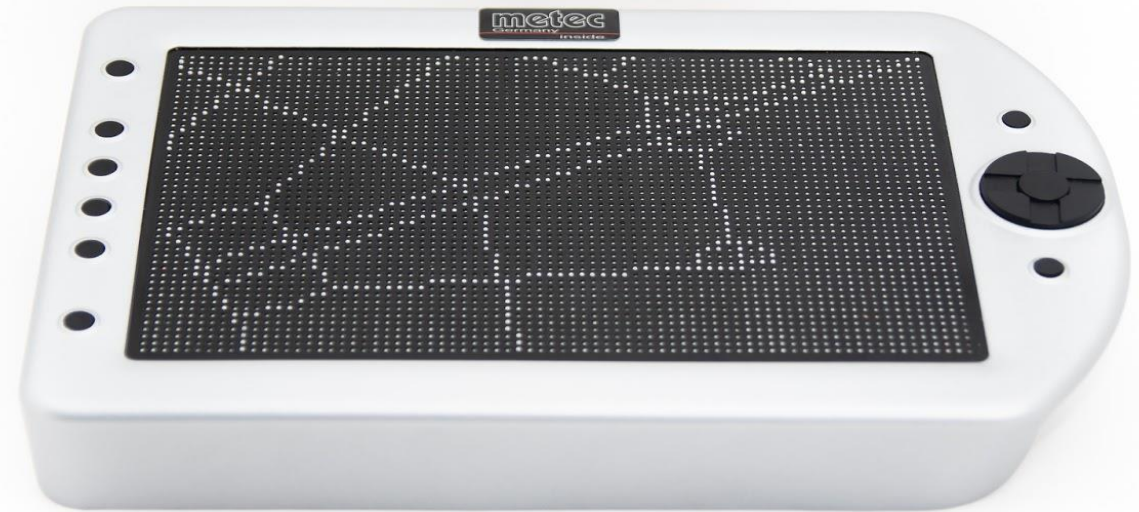


In Seznam, we try to help everyone. That's why we've created tactile maps that can be read by visually impaired people through touch. These maps are now available for the whole world and you can choose from three available scales - **small**, **medium** or **large**.

Select an area of your interest and we shall prepare for you the tactile version of it. You can have the map printed on swell paper in designated centers that are using technology for visually impaired. You will find the contact information [here](#).

If you need help with the map selection or if you need some advice, we will be happy to assist you. Just fill out [form](#).

Taktile Karten | Beispiel: YAH-Maps



Beispiel einer You-Are-Here Map. Links: Visuelle Karte, Rechts: Taktile Map erstellt aus OpenStreetMap Daten

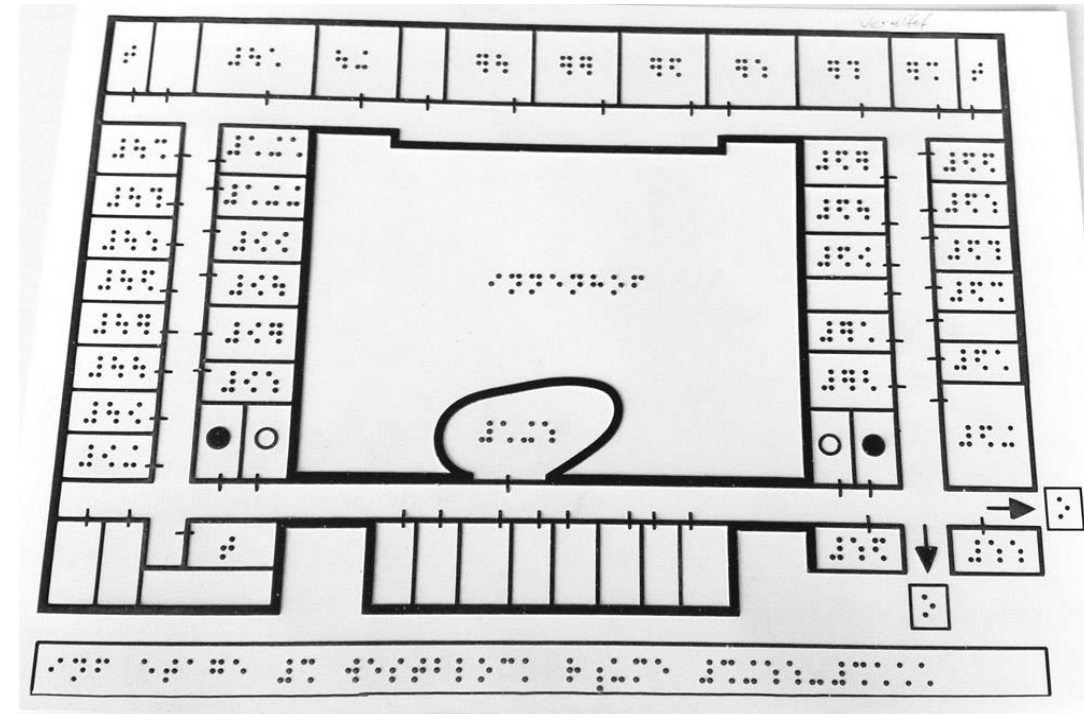
Voraussetzung für:

Selbstständiges Planen & Orientieren

Navigieren innerhalb von Gebäuden

Sicherheit (Erkennung von Hindernissen)

- wichtig für Fluchtpläne
- Beschriftung von Räumen, Stockwerken notwendig

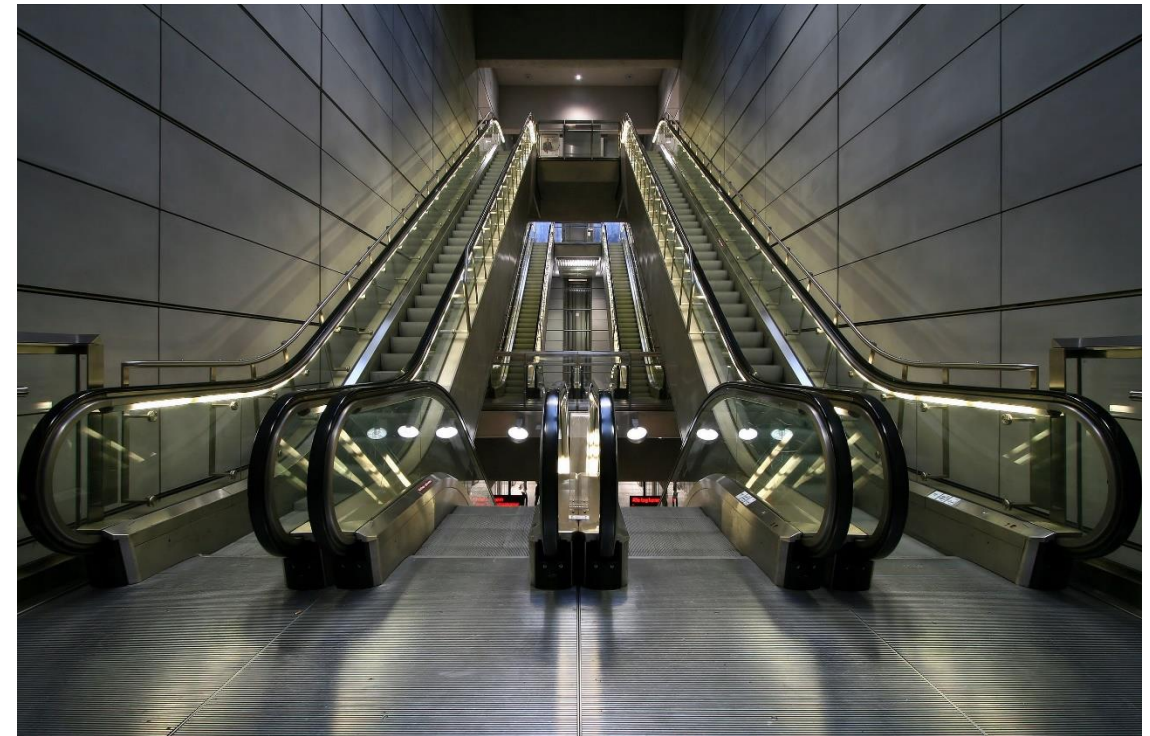


Gebäudekarte der Informatikfakultät auf
Schwellpapier

Beispiele für Gebäudeeigenschaften (Sicherheit)



Unterlaufbare Treppen
Orientierungs- und Leitsystem



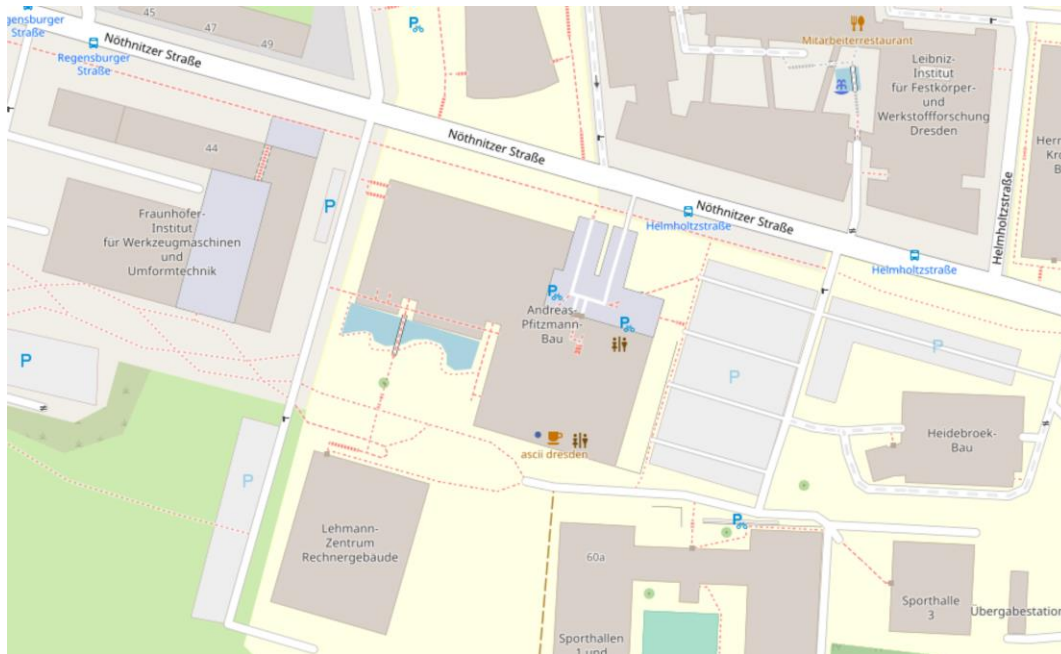
Rolltreppe

Quelle:
https://de.wikipedia.org/wiki/Rolltreppe#/media/Datei:Copenhagen_Metro_escalators.jpg

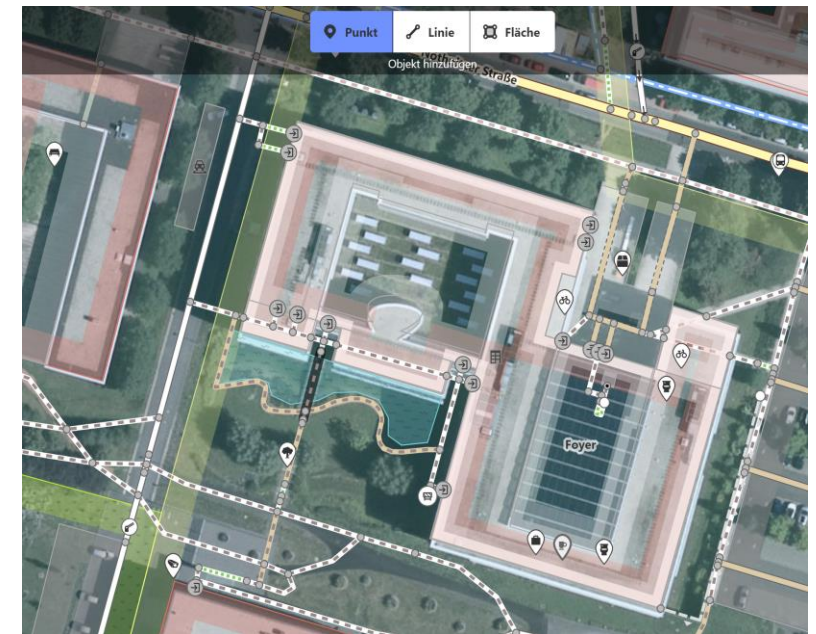
- **Aufnahme und Verwaltung** (insbesondere Aktualität) von **Gebäudedaten** → wenige Gebäude (vollständig) getagged
- versch. **Ausgabeformate** (z.B. taktiles Display, Prägedruck) und **Anwendungsfälle**
- Integration zielgruppenangepasster **Gebäudemerkmale** (Barrieren + Features)
- **hohe Informationsdichte** vermeiden → z. B. audio-taktile Technologien, kontextabhängige Aufteilung
- semantische Darstellung der Gebäudedaten
- Indoor Routing mit angepassten Wegen (z. B. rollstuhlgeeignet)
- Indoor Positionierung (GPS nicht anwendbar)

Gebäudekarten | Karten in OSM

- OpenStreetMap: Open Source Format mit Open Data
- Format zur Darstellung von Karten → auch für Indoor geeignet
- Crowdsourcing Ansatz → alle können kartieren



Ausschnitt OSM-Karte (Nöthnitzer Straße, DD)
von openstreetmap.org



Automatisch erzeugter Footprint des
Gebäudes in OSM
(<https://osminedit.pavie.info/>)

- verschiedene Editoren und Viewer verfügbar, z. B. OsmlnEdit (Editor)
- meist WYSIWYG-Editoren
- kommerzielle Dienstleister z. B.: mapspeople, mazemap, Indrz

Grundbegriffe (OSM):

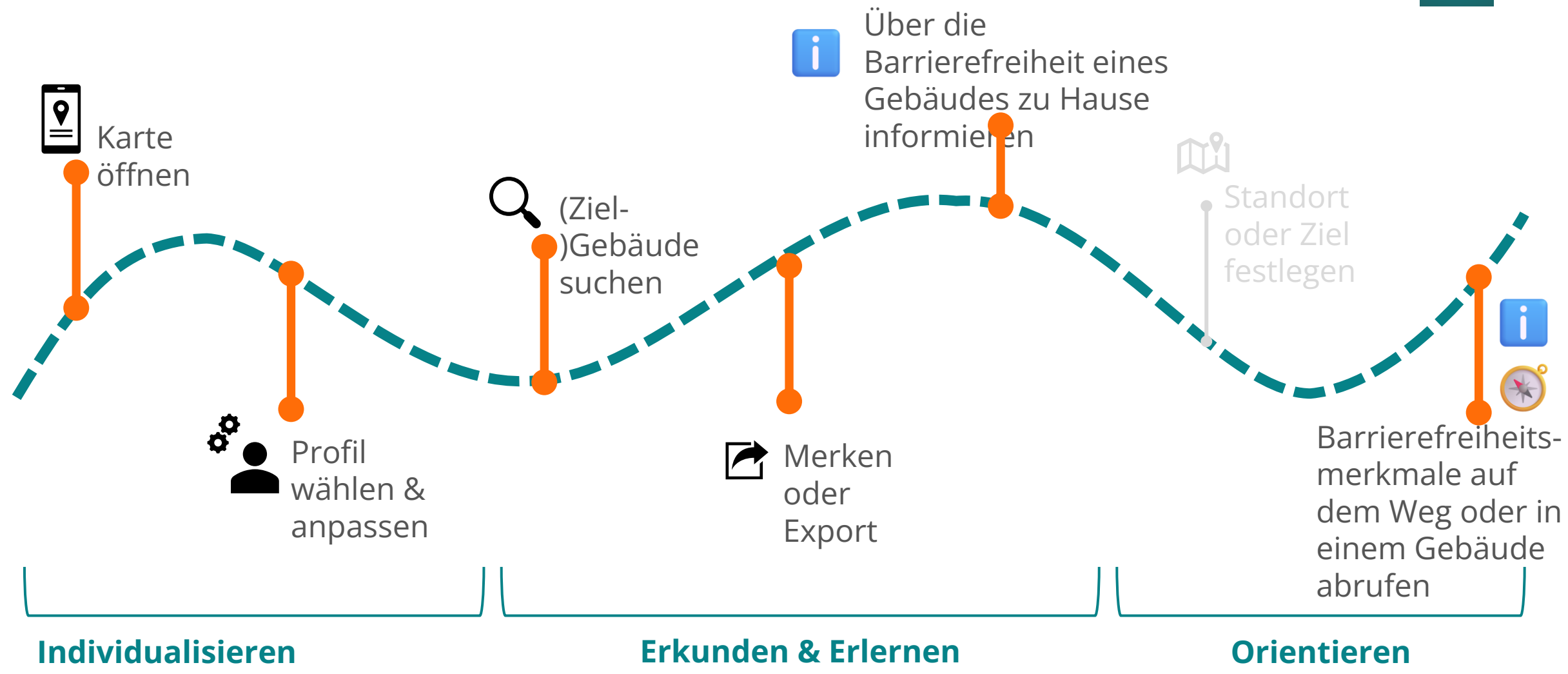
- NODE: Punkt auf der Karte, z.B. Restaurant
- WAY: Offene Linie, z.B. Straße, Weg, Gebäude (geschlossene Fläche)
- TAG: Attribut, das einem Objekt zugewiesen werden kann, z.B. Raumname

Quelle: <https://openlevelup.net/?l=0#19/51.02546/13.72293>.



Indoor Viewer OpenLevelUp

AccessibleMaps: Die räumliche Mobilität verbessern – mit taktilen Karten

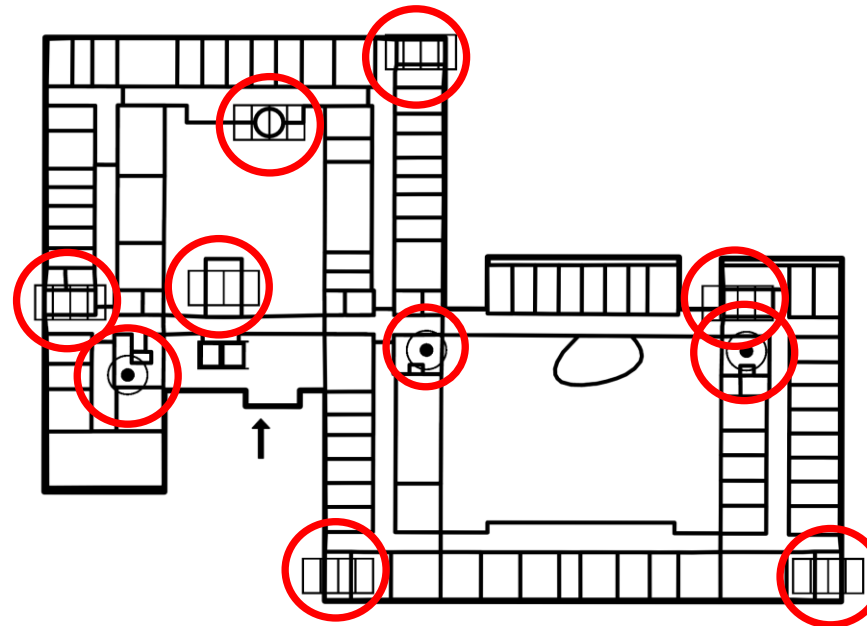
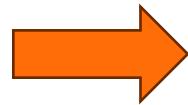
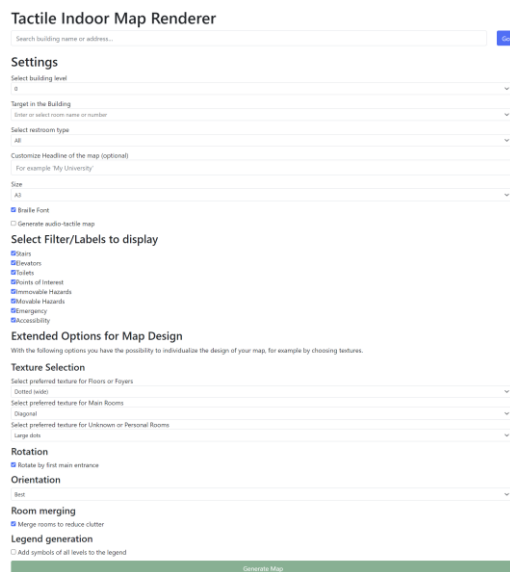


→ Personas für Menschen mit Blindheit, Sehbeeinträchtigung bzw. Mobilitätsbeeinträchtigung

Taktile Gebäudekarten | Automatische Erstellung

Taktiler Renderer

- Tool zur automatischen Erstellung taktiler Gebäudekarte auf Basis von OSM-Daten
- **Herausforderung:** Hohe Informationsdichte führt unverständlichen Darstellungsweisen (z. B. Überlagerungen, Zuordnung Braille zu taktilen Elementen, Eignung von Texturen, etc.)



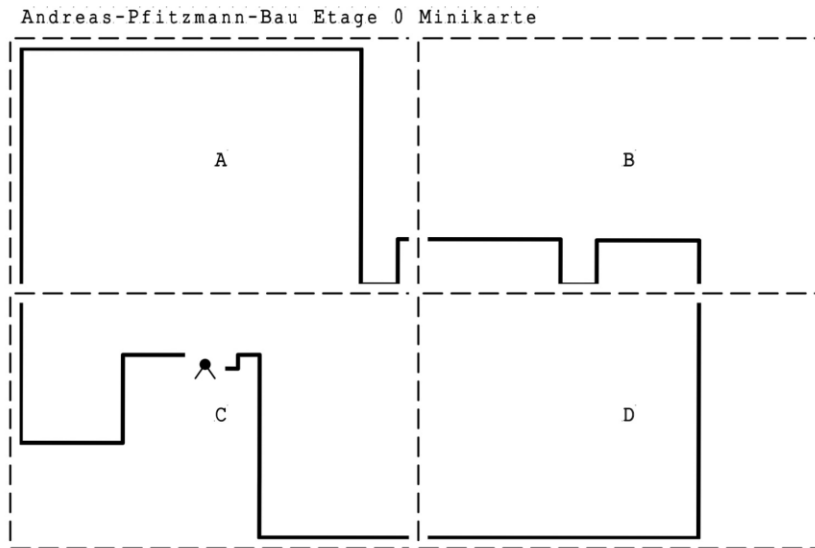
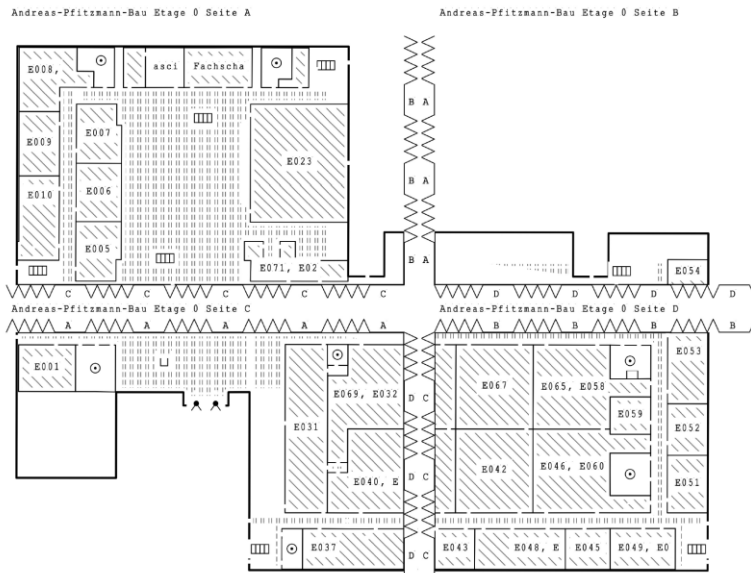
Beispiel eines 1:1 aus OSM-Daten generierten taktilen Gebäudes → zu wenig Platz für Symboldarstellung in Räumen

Funktionsweise: Gebäude suchen → Automatische Erstellung taktiler Gebäudekarten in SVG, inkl. Legende

Taktiler Renderer

- Automatische Erkennung und Anpassung von Darstellungsproblemen, z. B. aufgrund von Überlagerungen, Platzproblemen:
 - Filtern der Daten
 - Aufteilung der Karten auf versch. Blätter, inkl. Orientierungskarte
 - Generalisierung der Karten der Kartendaten, z. B. Zusammenführung

Generalisierung: Automatische Zusammenfassen von Räumen gleichen Typs

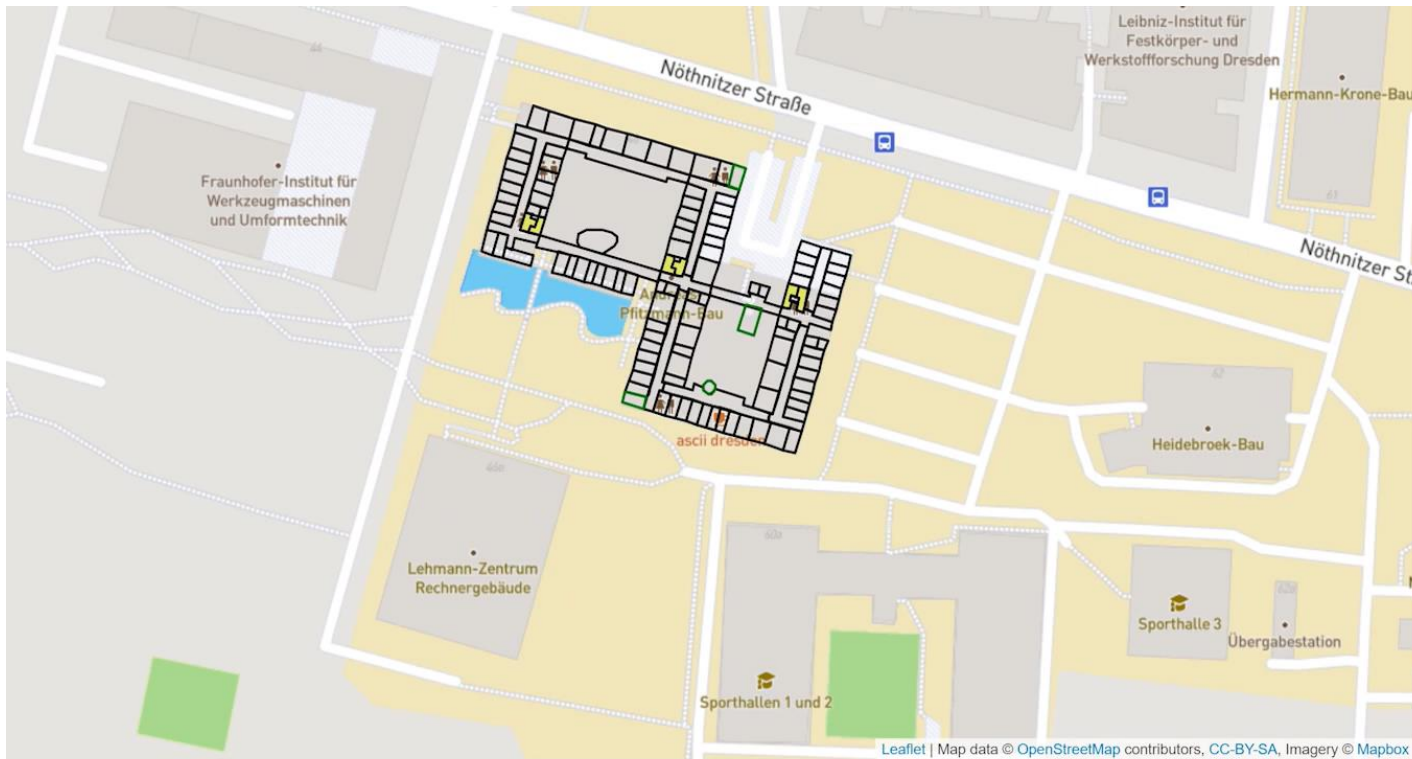


Aufteilung einer Etage auf vier Teilkarten A bis D + Minikarte zur Übersicht



Gebäudekarten | Karten in OSM

Taktiler Renderer



Settings

Reload Indoor Data

Level

3

Size

A3

Orientation

Best

Printer type

Swell paper

Custom headline (optional)

My Faculty

- Merge rooms to reduce clutter
- Draw labels even if they do not fit
- Braille Font
- Generate a legend
- Include data from all levels in legend

Generate Labels/Symbols for ...

- Stairs
- Elevators
- Toilets

Taktile Gebäudekarten (Indoor)

Datenquellen für Indoor Maps

- manuelle Aufnahme (z.B. Fragebogen)
- Crowdsourcing-Systeme
- bestehende Gebäudepläne (z.B. Fluchtpläne, CAD Modelle)
- Bilderkennungsverfahren (z.B. Computer Vision)
- Nutzung von Robotern und SLAM Verfahren, z.B. Segway Roboter



Fluchtplan (Ausschnitt) APB

Quelle:

<https://shop.segway.com/de-de/92/-segway-loomo>

Zusammenfassung Taktile Karten

Taktile Stadtpläne (Outdoor)

- Abbildung von Straßen, Gebäuden, Kreuzungen
- Beispiel: YAH Maps
- Mögliche Datengrundlage: OpenStreetMap Data

Taktile Gebäudepläne (Indoor)

- Abbildung von Räumen, Wänden, Treppen, Fahrstühlen usw.
- verschiedene Datenformate, z.B. OSM, IndoorGML
- Datengrundlage: Gebäudepläne, Bilderkennungsverfahren, Croudsourcing, usw.

→ Taktile Karten können die Sicherheit und Mobilität von Menschen mit Blindheit erhöhen bzw. verbessern

→ Adaptierbarkeit und Individualisierbarkeit bzgl. Nutzungspräferenzen und Anwendungsfall grundlegend

Literatur

[Petrie05] Petrie, H., Harrison, C., & Dev, S. (2005). Describing images on the web: a survey of current practice and prospects for the future. *Proceedings of Human Computer Interaction International (HCII)*, 71.

[Prescher et al. 2014] Prescher, D., Bornschein, J., & Weber, G. (2014). Production of accessible tactile graphics. In *International Conference on Computers for Handicapped Persons* (pp. 26-33). Springer, Cham.

[Karshmer08] Karshmer, Arthur, "AutOMathic Blocks: The Next Step" (2008). *Business Analytics and Information Systems*. 18.

[PWS10] Denise Prescher, Gerhard Weber, and Martin Spindler. 2010. A tactile windowing system for blind users. In Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (ASSETS '10). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 91–98.

DOI:<https://doi.org/10.1145/1878803.1878821>

[FFO+14] Fujiyoshi M., Fujiyoshi A., Osawa A., Kuroda Y., Sasaki Y. (2014) Development of Synchronized CUI and GUI for Universal Design Tactile Graphics Production System BLOT3. In: Miesenberger K., Fels D., Archambault D., Peňáz P., Zagler W. (eds) Computers Helping People with Special Needs. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8548. Springer, Cham

[EK20] Engel, Christin, Nadja Konrad, and Gerhard Weber. "TouchPen: Rich Interaction Technique for Audio-Tactile Charts by Means of Digital Pens." *International Conference on Computers Helping People with Special Needs*. Springer, Cham, 2020.

Literatur

[KL99] Kamel, H. M., & Landay, J. A. (1999, May). The integrated communication 2 draw(IC 2 D): a drawing program for the visually impaired. In *Conference on Human Factors in Computing Systems: CHI'99 extended abstracts on Human factors in computing systems* (Vol. 15, No. 20, pp. 222-223).

[BP14] Bornschein, J., & Prescher, D. (2014, November). Collaborative tactile graphic workstation for touch-sensitive pin-matrix devices. In *Proceedings of the International Workshop on Tactile/Haptic User Interfaces for Tabletops and Tablets* (pp. 42-47).

[MRE07] Magnusson, C., Rasmus-Gröhn, K., & Efring, H. (2007, November). Drawing and guiding gestures in a mathematical task using the AHEAD application. In *4th International Conference on Enactive Interfaces 2007* (p. 157).

[EW17] Engel, C., & Weber, G. (2017, September). Improve the accessibility of tactile charts. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 187-195). Springer, Cham.

[EMW19] Engel, C., Müller, E. F., & Weber, G. (2019, June). SVGPlott: an accessible tool to generate highly adaptable, accessible audio-tactile charts for and from blind and visually impaired people. In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 186-195).

[ZWB12] Zeng, L., Weber, G., & Baumann, U. (2012). Audio-haptic you-are-here maps on a mobile touch-enabled pin-matrix display. *2012 IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and Games (HAVE 2012) Proceedings*, 95-100.

[DMS]16] Julie Ducasse, Marc J-M Macé, Marcos Serrano, and Christophe Jouffrais. 2016. Tangible Reels: Construction and Exploration of Tangible Maps by Visually Impaired Users. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 2186-2197. DOI: <https://doi.org/10.1145/2858036.2858058>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen, Kritik oder weitere Anmerkungen gern auch an
christin.engel@tu-dresden.de