

Zugängliche Grafiken für Menschen mit Blindheit oder Sehbeeinträchtigung und Grafische Notationen

Teil I

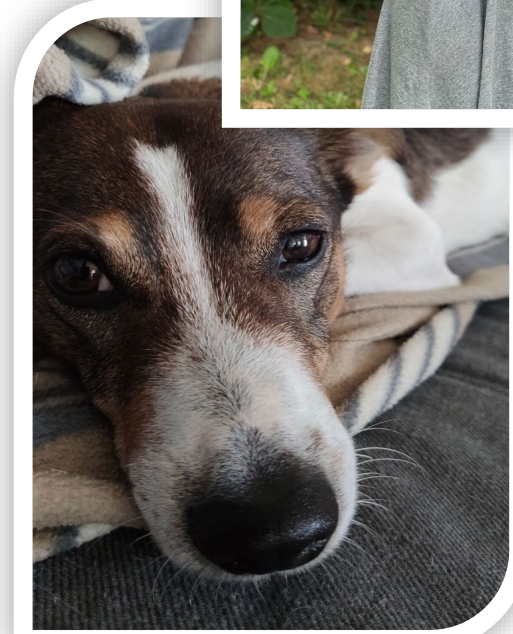
Vorlesung

“Barrierefreie Dokumente” WS 23/24

Referentin: Christin Engel

Zu meiner Person - *Christin Engel*

- Studium Master Medieninformatik (TUD)
- Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl MCI seit 2016
- Doktorandin zum Thema „Zugängliche Grafiken für Menschen mit Blindheit und Sehbeeinträchtigung“
- Beteiligung an verschiedenen Projekten zur Prüfung und Umsetzung von Barrierefreiheit, Gleichstellung und Neurodivergenz
- Aktuelles Projekt: **AutARK** – Automatische Adaption Reizüberflutender Kontexte
 - Ziel: Entwicklung von Unterstützungstechnologien für Autist:innen im beruflichen Kontext



Vorlesungsinhalte

1. Vorlesung (diese Woche) + Übung

1. Grundlagen Grafiken
2. Zugängliche Grafiken
3. Bildbeschreibungen
4. Taktile Grafiken

2. Vorlesung (nächste Woche)

Anwendungsbeispiele taktile Diagramme, Karten & Screenshots



1 Grundlagen Grafiken

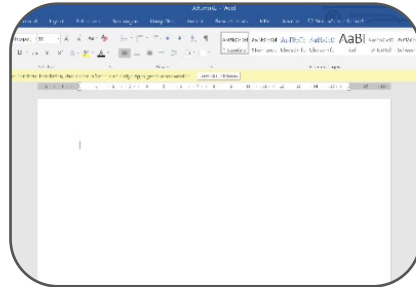
Grafiken | Einführung

- 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...

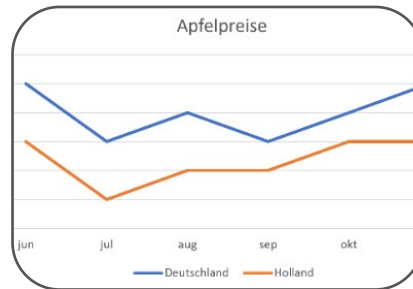


Grafiken | Grafiktypen

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



Screenshots



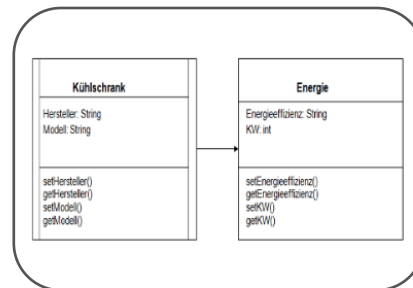
Diagramme



Karten



Fotos



Grafische Notationen



Kunst

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 | Beispiele

Welche Funktion hat die Grafik?



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

Informieren

Strukturieren

Symbolisieren

Illustrieren

Ästhetisieren

Provozieren

Kommunizieren

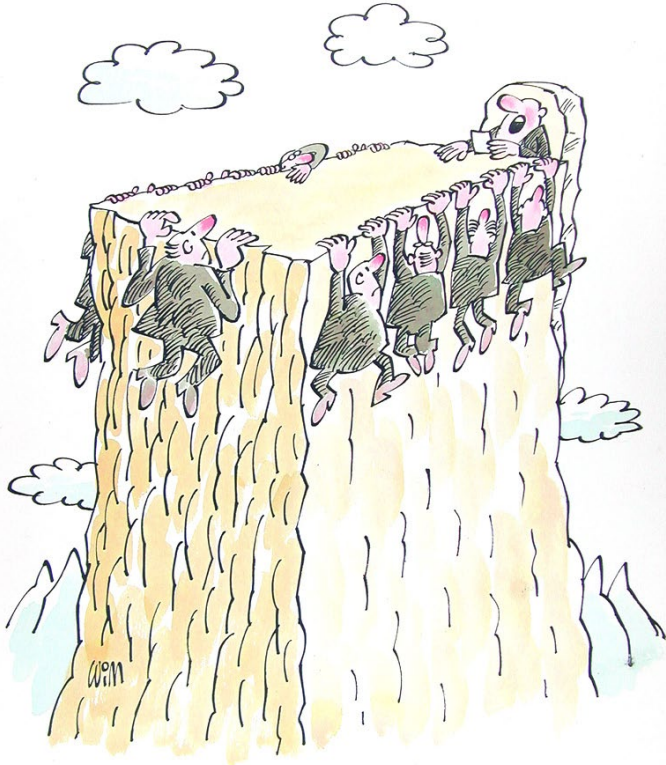
Werben

Kritisieren

Unterhalten

Grafiken | Beispiele

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/untermstrich-karikatur-und-zensur-in-der-ddr> (22.01.2021)

Informieren

Strukturieren

Symbolisieren

Illustrieren

Ästhetisieren

Provozieren

Kommunizieren

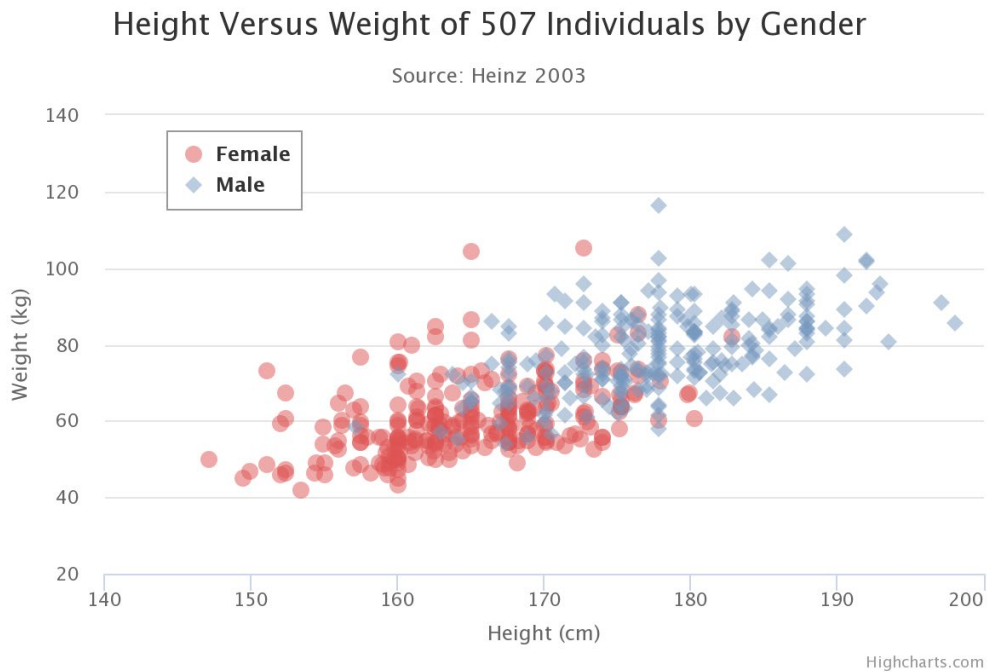
Werben

Kritisieren

Unterhalten

Grafiken | Beispiele

Welche Funktion hat die Grafik?



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

Informieren

Struktur-
ieren

Symboli-
sieren

Illustrieren

Ästheti-
sieren

Provozieren

Kommuni-
zieren

Werben

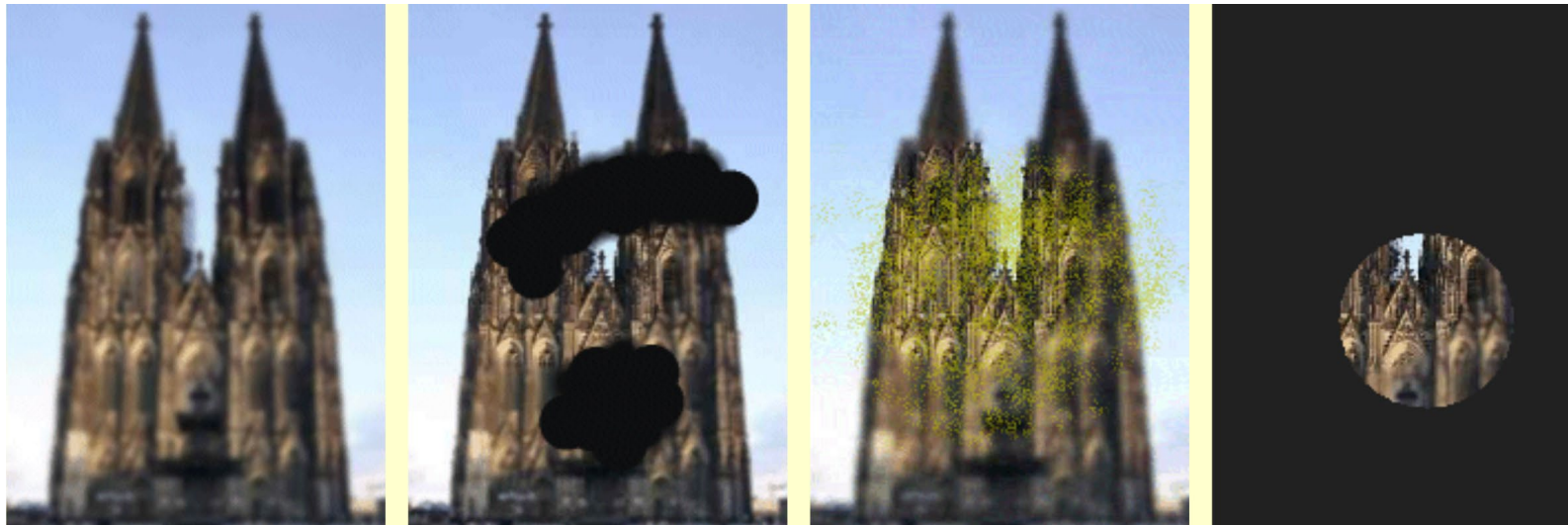
Kritisieren

Unterhalten

2 Zugängliche Grafiken

Zugängliche Grafiken

- Grafiken = Barriere v.a. für **Menschen mit Blindheit und Sehbeeinträchtigung**
- Auch für Menschen mit weiteren Beeinträchtigungen herausfordernd, z.B. Menschen mit **kognitiven Beeinträchtigungen**
- **Kulturell unterschiedliche** Bedeutung von Grafiken (z.B. Farben, Leserichtung, etc.)
- Zugang zu Grafiken unausweichlich für **gleichberechtigte, gesellschaftliche Teilhabe**, z. B. für Bildung, soziale Bereiche, Social Media, Kultur & Kunst...
- gleichwertigen Zugang durch **alternative Darstellungsweise** des Inhalts gewähren

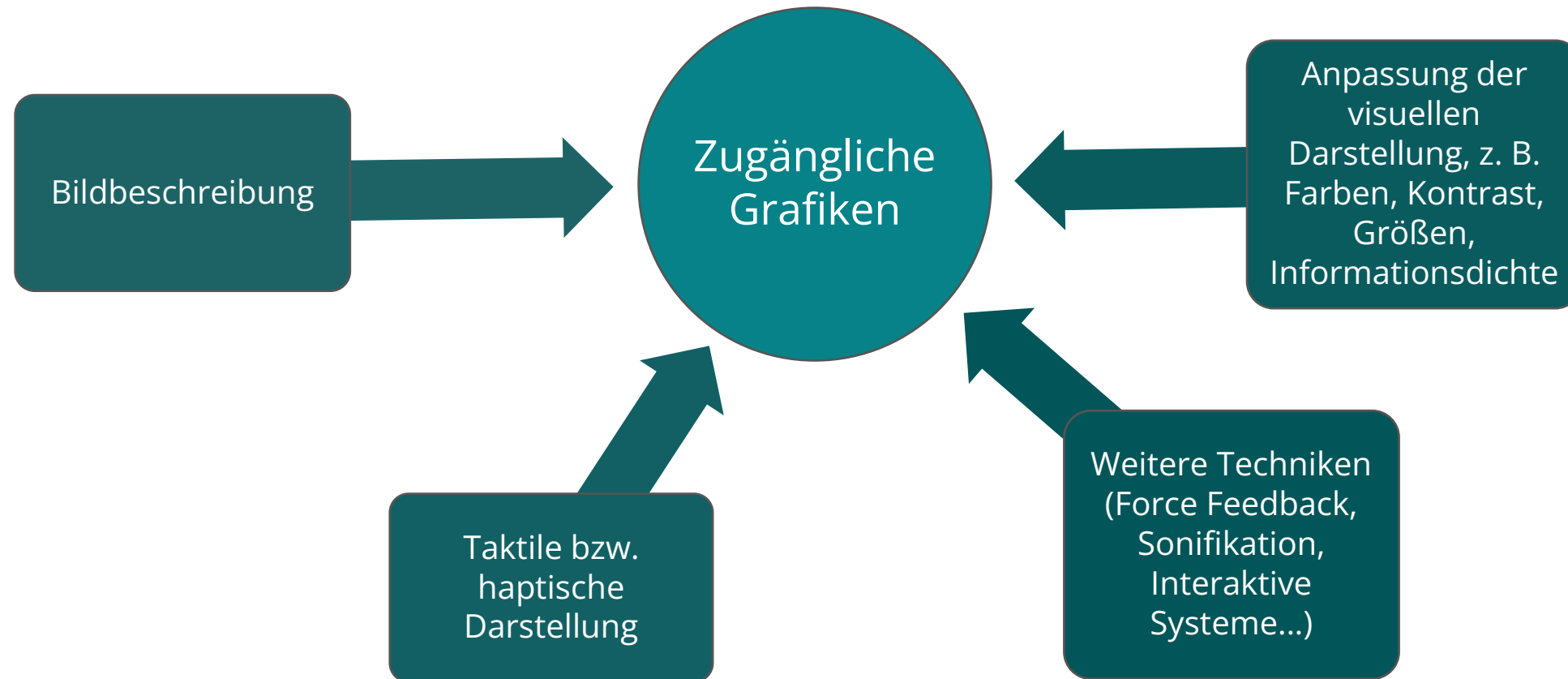


Simulation Wahrnehmung mit (v.r.n.l.): Kurzsichtigkeit, Gesichtsfeldausfall, Grauer Star, Retinitis pigmentosa (RP) (Quelle: <https://www.sehbehinderung.de/index.php?menuid=27>)

Tipp: Simulation verschiedener Sehbeeinträchtigungen



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



3 Bildbeschreibungen

Alternative Bildbeschreibungen für Menschen mit Blindheit oder Sehbeeinträchtigung

WCAG 2.1: 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 AT ignorieren, wenn rein dekorativ, Formatierung, unsichtbar

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

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

Bildbeschreibungen

- häufig: manuelle Erstellung
- zugängliche Alternative für ein Bild/Grafik
- möglichst immer bereitstellen
- stark abhängig vom Kontext, Anwendungsfall und Bildtypen
- verschiedene Richtlinien zur Umsetzung vorhanden
- Mindestanforderung für zugängliche Grafiken
- werden an Braillezeile oder Screenreader weitergegeben



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

WANN beschreiben?

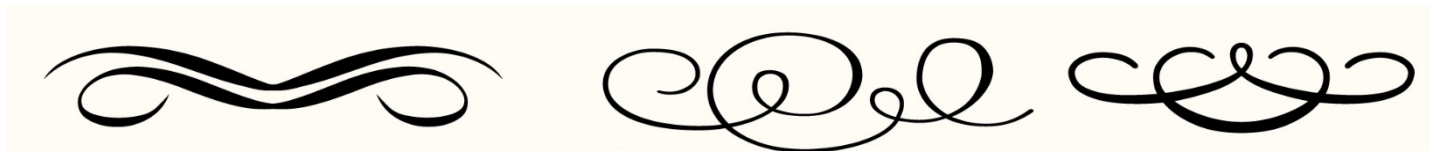
- Prinzipiell: Alle Nicht-Text-Inhalte
- Ausnahme: Reine Schmuckgrafiken
- Sonst: Mindestens Alternativtext unterstützen

Nicht beschrieben werden müssen:

- Schmuckgrafiken (reine Dekorationselemente)
- Informationen, die auf andere Weise (z.B. Bildunterschrift, umliegender Text) zugänglich sind



Beispiel für Schmuckgrafik,
Icon „Diagramm“



Beispiele für dekorative Schmuckgrafiken

Tipp: [Image Description Guidelines](#)



WAS beschreiben?

- Grafiktyp
- Absicht/ Zweck des Bildes
- Ort, Objekte, Gebäude, Menschen
- Farben (wenn relevant)
- Atmosphäre
- Handlungen
- Kontext (keine redundanten Informationen geben, Fundort, Autor:innen...)



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?

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



WIE beschreiben?

- vom Allgemeinen zum Speziellen
- zielgruppenangepasst (Vokabular, Expertise...)
- objektiv (keine Interpretationen, Meinungen, Auslassungen oder Emotionen)
- kurz, prägnant und verständlich → inhaltstragende Wörter, Aufzählungen/ Listen
- Ton und Sprache (Terminologie, beschreibend, aktive Verben)

Bildbeschreibungen – Allgemeine Richtlinien

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



Foto von [Andres Ayrton](#) von [Pexels](#)

Unterschiedliche Beschreibungen bereitstellen


- unterscheidbar nach Detaillierungsgrad
- Nutzende können selbst entscheiden, ob Grafik für sie relevant ist und detaillierte Informationen von Interesse sind
- **Drill-Down Organisation:**
 1. **Alternativtext:** Kurzer Überblick max. 1-2 Sätze
→ Sollte immer vorhanden sein (außer bei Schmuckgrafiken)
 2. **Bildunterschrift:** Kurze Beschreibung mit zusätzlichen Informationen, die nicht auf visuelle Elemente fokussiert sein muss (für alle Menschen sichtbar)
 3. **Bildbeschreibung:** Detaillierte Beschreibung der Bildinhalte, was den Zugang zu visuellen Konzepten unterstützt

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](#)



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

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

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



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

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



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

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?

Bildbeschreibungen | Vorteile!

- Besseres Verständnis für alle Menschen, v.a. komplexer Grafiken
- Vermeiden von Mehrdeutigkeiten und Missinterpretationen
- 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)
- 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 \(von Google Developers\)](#)



Selbsttest: Wie würden Sie dieses Logo beschreiben?

Alternativtext:

...

Detaillierte Beschreibung:

...



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

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

Codebeispiel

(Ausschnitt, Verweis auf ausführliche Beschreibung):

```

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

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
 - nur für Screenreader zugänglich (nicht visuell ersichtlich)

Codebeispiel (Ausschnitt):

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

```

```

```
<!-- Target document -->
```

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

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

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

```
</section>
```

Link zur Beschreibung

Sprungmarke zur langen Beschreibung direkt neben dem Bild

Vorteile:

- sichtbar für alle Nutzende
- kompatibel mit allen Browsern und assistiven Technologien

Nachteile:

- keine semantische Verbindung zwischen Bild und Text

Codebeispiel (Ausschnitt):

```

```

```
<a href="diagram_beschreibung1.html">
Ausführliche Beschreibung Balkendiagramm
'Ausgaben pro Monat' </a>
```

ARIA „aria-describedby“

- Referenzieren von (langen) 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

Codebeispiel (Ausschnitt):

```

```

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

Sonderfall: Bild im Linktext

- wird häufig u.a. für Logos („Home-Button“) verwendet
- Bild im Linktext eingebettet
- Alt-Text sollte die Funktion und Ziel des Links enthalten

Codebeispiel (Ausschnitt):

```
<a href="www.tud.de">  
      
</a>
```

Was kommt ins alt-Attribut?

[Alt Decision Tree](#)



Barrierefreies SVG

- **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)

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

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

- 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>
```

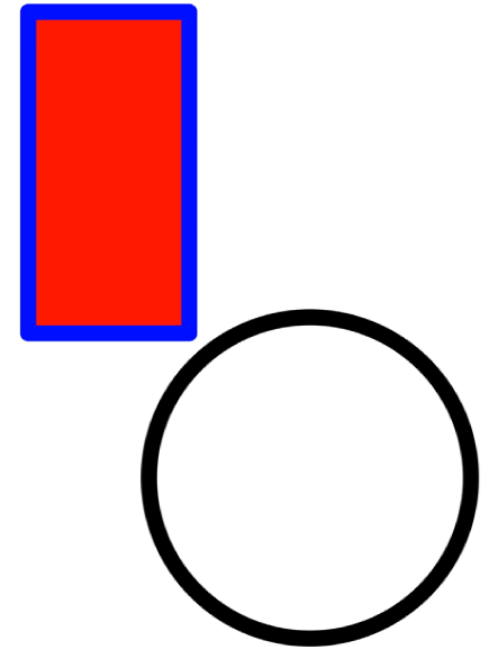
```
<g>
```

```
<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" />
```

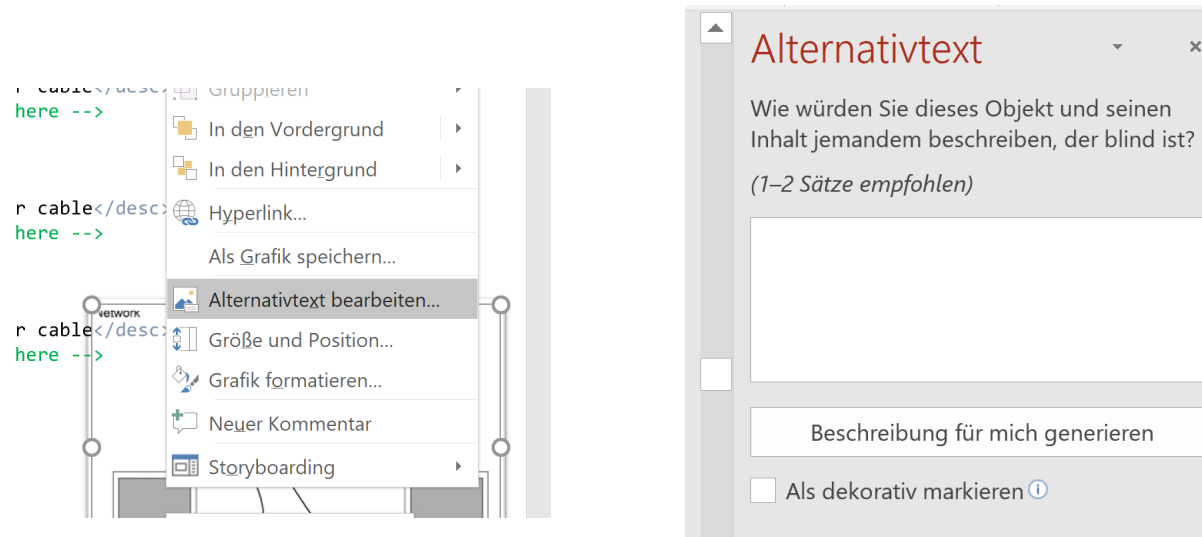
```
</g> </svg>
```



Ausgabe der Beispiel SVG

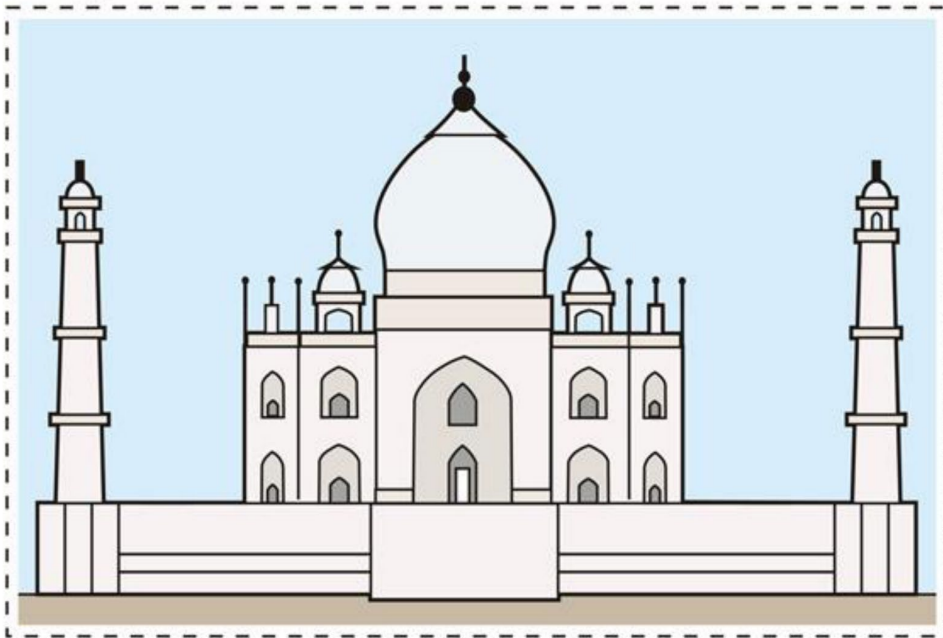
Bildbeschreibung hinzufügen

- unterstützt von diversen Programmen (z.B. Word, PowerPoint, Acrobat Reader DC)
- Beschreibungen gegebenenfalls in separater Datei mitliefern (mit entsprechendem Verweis darauf)
- mehrere Browser (z. B. Chrome, Edge) Hinzufügen KI-generierter Beschreibung, wenn diese fehlen



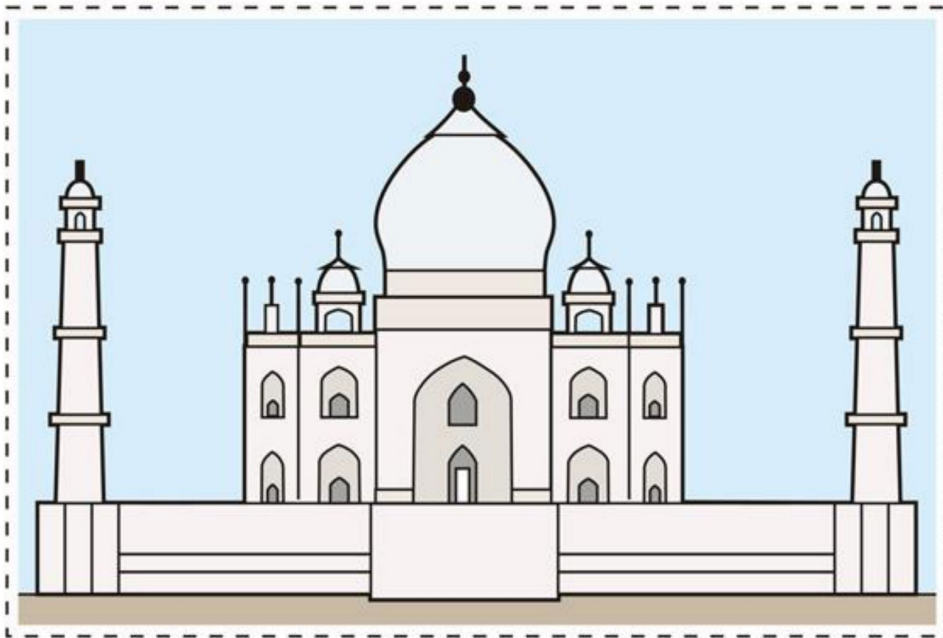
Screenshot: Option zum Hinzufügen eines Alternativtextes zu einem Bild in MS Powerpoint 2019

Oft nur eine *mögliche* Interpretation → subjektiv, abhängig von Wissen und Fähigkeiten des Erstellenden



Was ist auf dem
Bild zu sehen?

Oft nur eine *mögliche* Interpretation → subjektiv, abhängig von Wissen und Fähigkeiten des Erstellenden

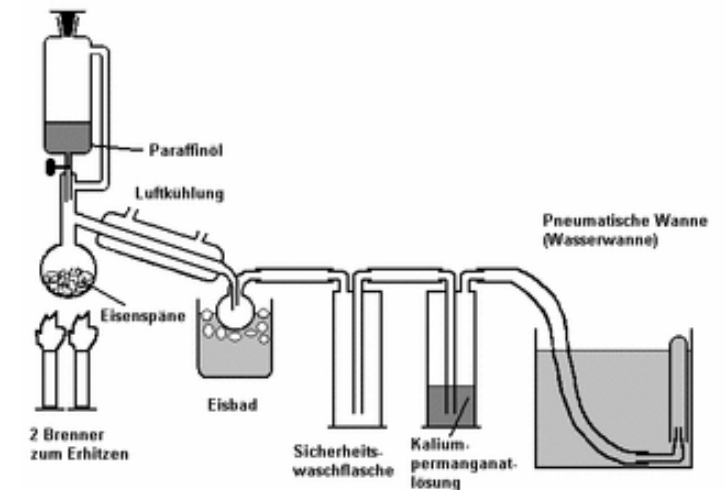
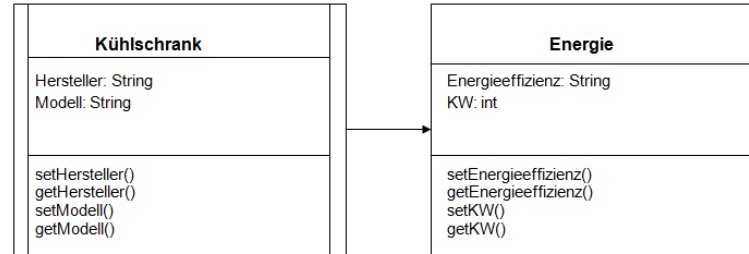
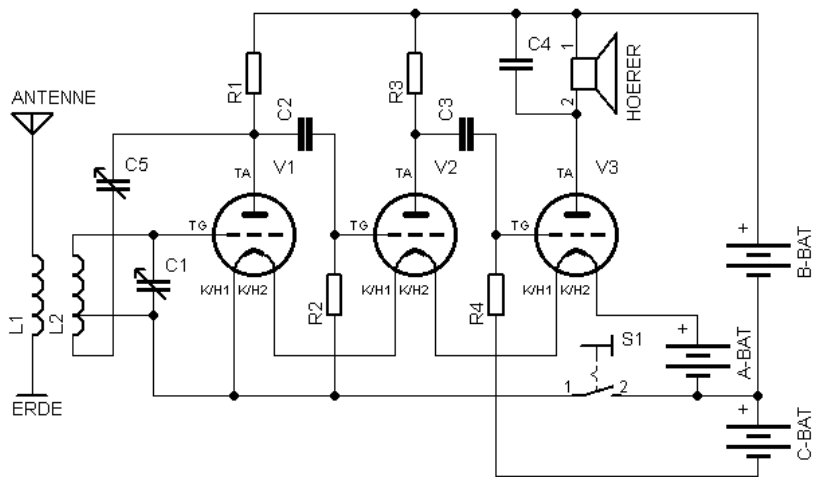


- Ein Mausoleum?
- Ein großen Haus in Indien?
- Ein großes Mausoleum?
- Das Taj Mahal?
- ...

Bildbeschreibungen | Herausforderungen

Oft nur eine *mögliche* Interpretation → subjektiv, abhängig von Wissen und Fähigkeiten des Erstellenden

- Notationscharakteristik schwer verbalisierbar



Beispiele komplexer Darstellungen (v.l.n.r.): Schaltkreis (Elektrotechnik), UML, Aufbau Experiment

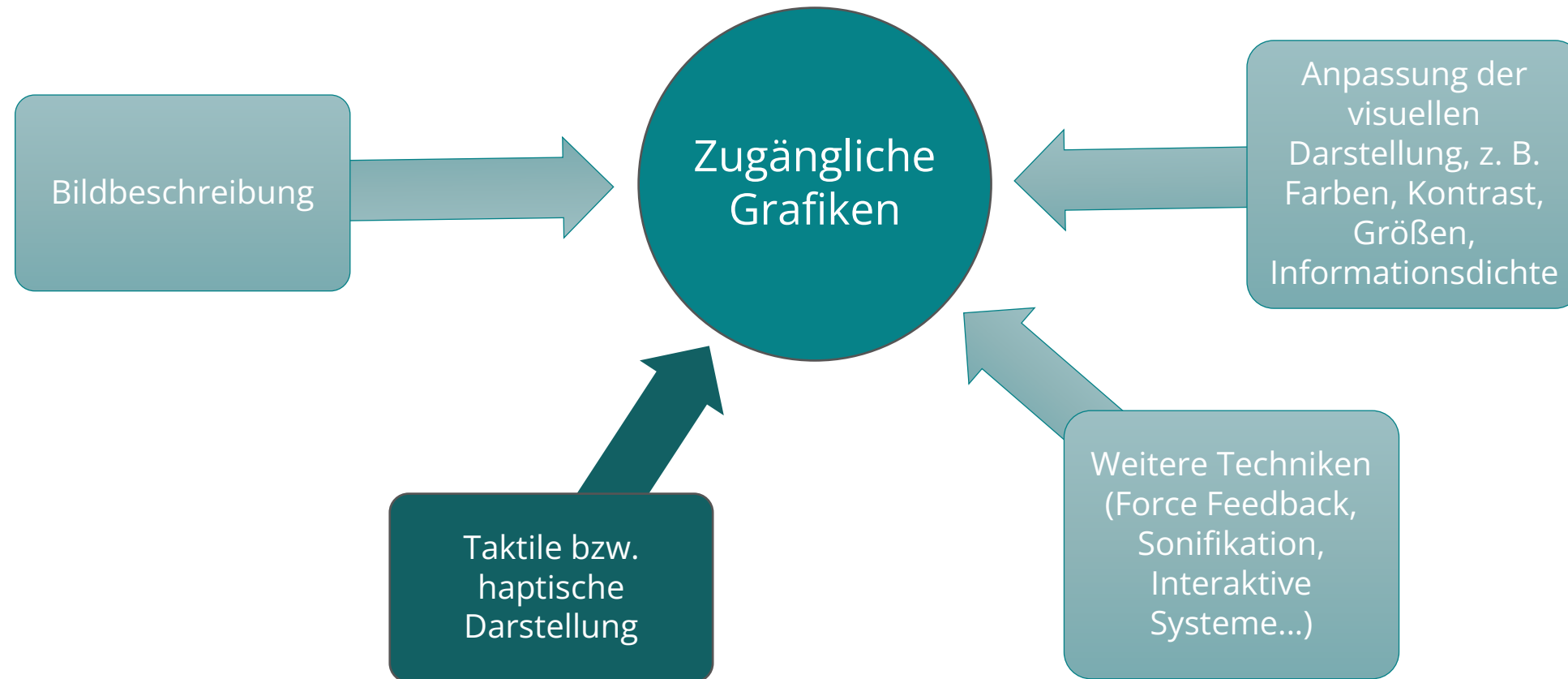
- oft nur eine *mögliche* **Interpretation** → subjektiv, abhängig von Wissen und Fähigkeiten der Erstellenden
- **Notationscharakteristik** schwer verbalisierbar
- **Detaillierungsgrad** (Farben? Hintergrundwissen?)
- Erstellung sehr **aufwändig**, bspw. AGSBS → meist manuelle Erstellung von Personen des jeweiligen Fachbereichs der Grafik
- eingeschränkte selbstständige Erfassung und Deutung des Inhalts von Personen mit Blindheit
- Verstehen **komplexer Beschreibungen** ist **anstrengend** und benötigt **viel Zeit**

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 grid pattern.

4 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? ...

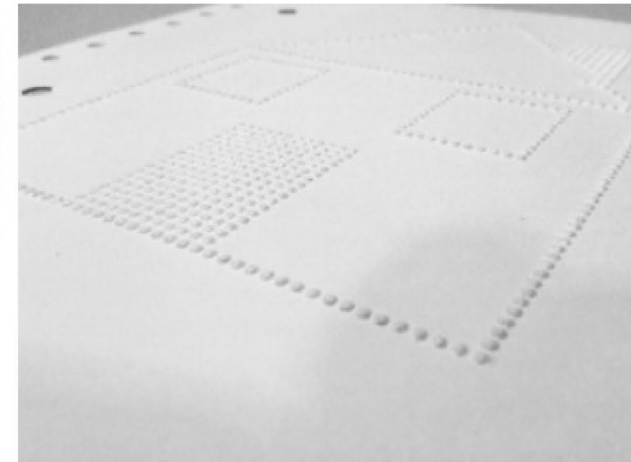
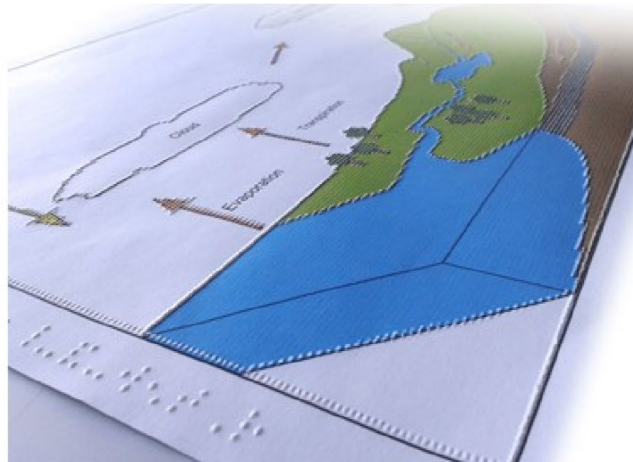
Auf welche Art konnten Sie mehr Informationen erfassen?

Ruhende Hand vs. bewegte Hand/Finger



Taktile Grafiken | Definition

- fühlbare Grafiken, die mit dem Tastsinn wahrgenommen werden können
- 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. Schwellpapier, Prägedruck, Brailledruck

Taktile Grafiken | Distribution Schwellopapier

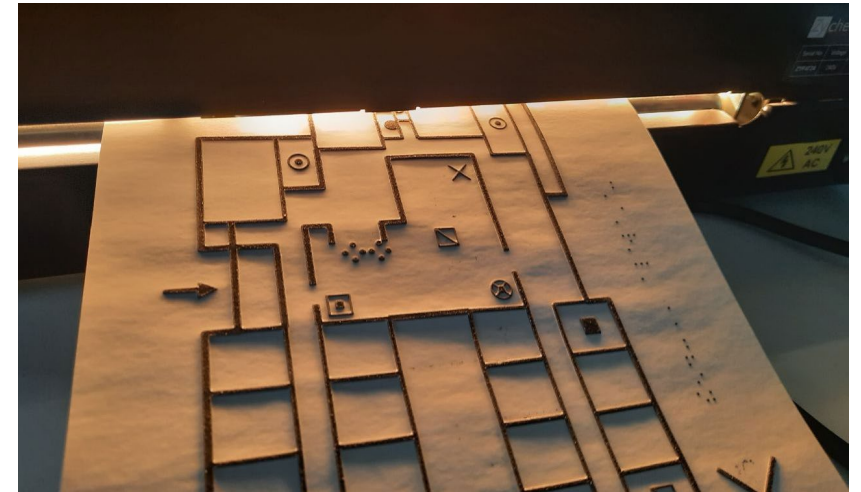
- Druck auf Spezialpapier → gleichmäßig erhitzen
- Helligkeitswert entspricht Schwellhöhe: Je dunkler desto höher geschwellt

Vorteile:

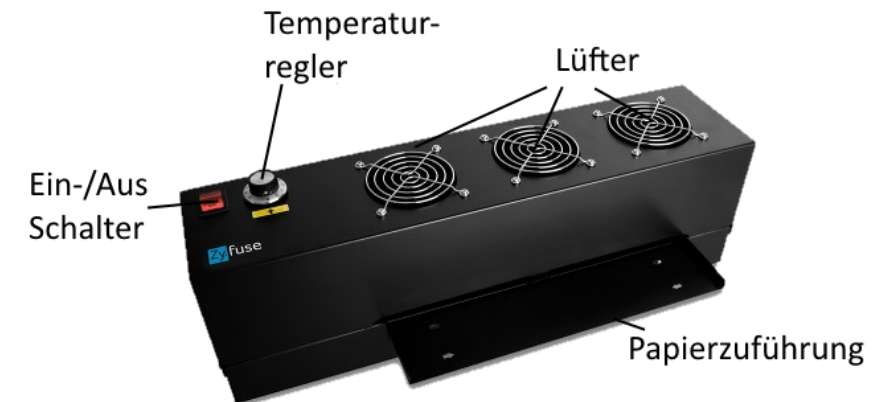
- ✓ Handelsübliche Laserprinter verwendbar
- ✓ Glatte Linienverläufe
- ✓ Unterschiedliche Relieffhöhen
- ✓ Hohe Auflösung

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 Braille Drucker

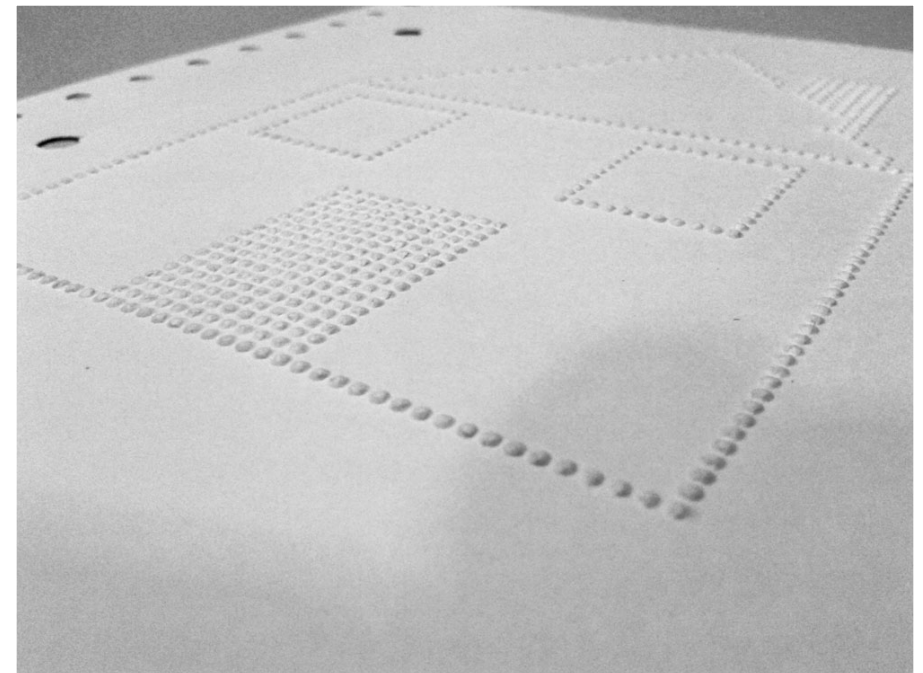
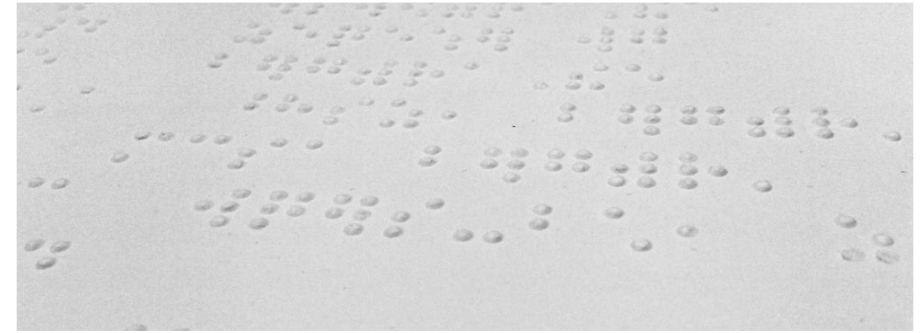
- Für Braille-Schrift-Druck optimiert
- Punktabstand lässt sich verändern (Braille-Schrift, äquidistant)

Vorteile:

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

Nachteile:

- Geringe Auflösung (ca. 10 dpi)
- Nur eine Reliefhöhe



Taktile Grafiken | Distribution Taktile Drucker

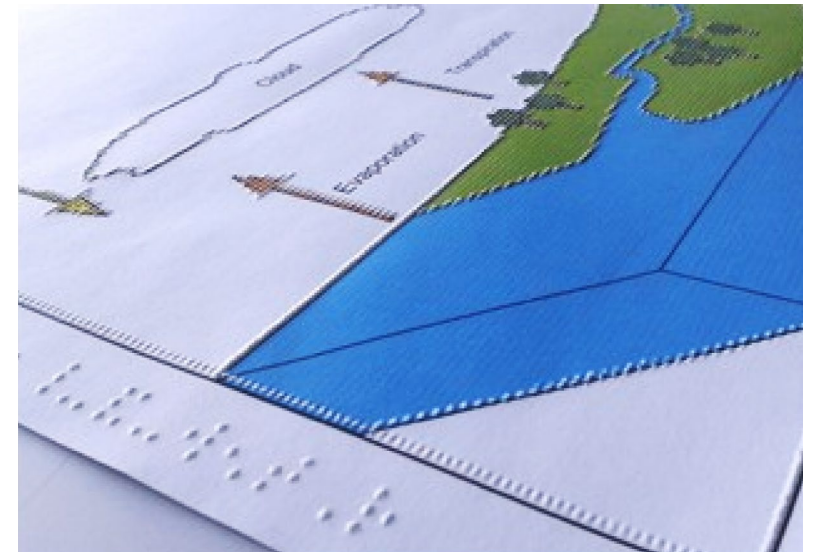
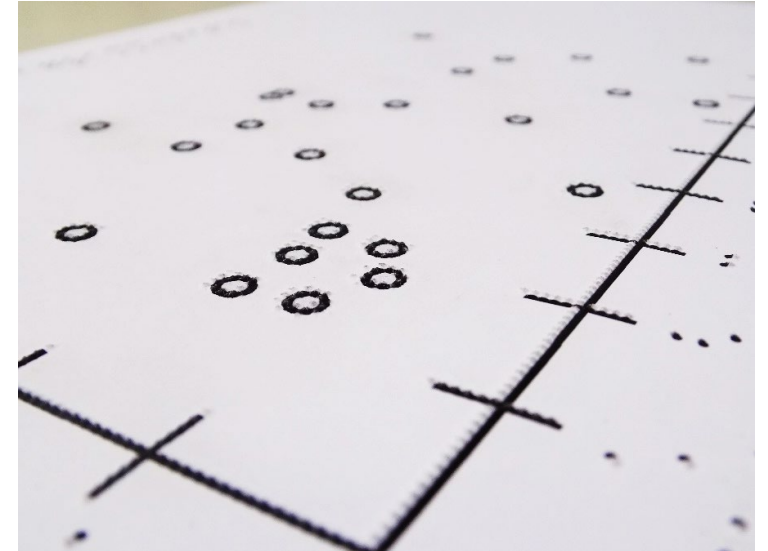
- für Grafikdruck optimiert
- Automatische Umsetzung von Helligkeitswerten in Reliefhöhen

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 Kollagen

Bildkomposition aus verschiedenen Materialien

Vorteile:

- ✓ kann sehr detailliert gestaltet werden
- ✓ kann realitätsnah gestaltet werden
- ✓ Verwendung verschiedener Oberflächenstrukturen möglich

Nachteile:

- hoher Erstellungsaufwand
- Vervielfältigung aufwendig



Taktile Grafiken | Distribution Punktreliiefs

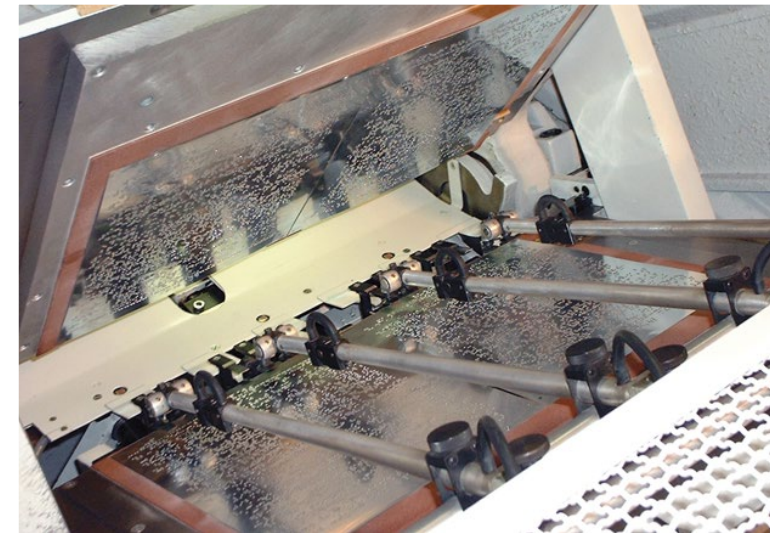
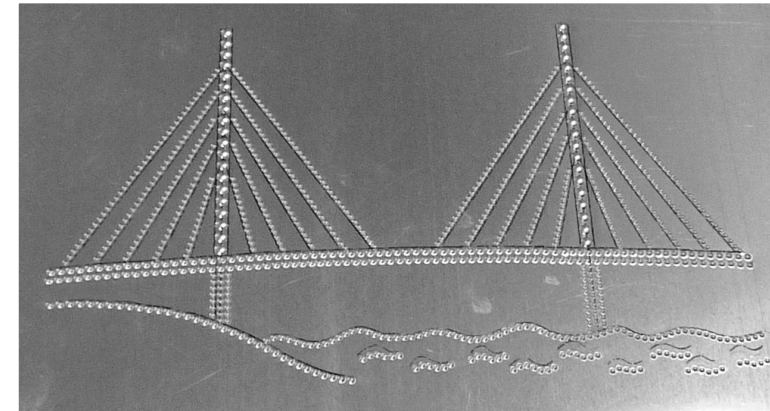
- Manuelles Prägen von Punkten in Zinkblech
- Vervielfältigung der punzierten Platte im Blindendruck
- Ergebnis ist ein Papierblatt analog einer Punktschriftseite

Vorteile:

- ✓ Vervielfältigung schnell und kostengünstig

Nachteile:

- keine Fehlerkorrektur möglich
- Zinkverbrauch

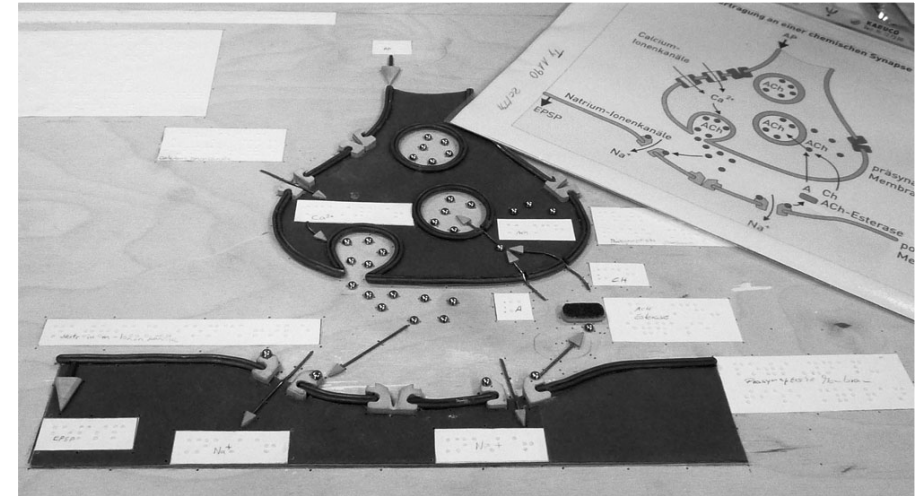


Quelle: https://www.dzbleesen.de/index.php?site_id=8.6.1

Punzieren in der DZB (Deutsche Zentralbücherei für Blinde)

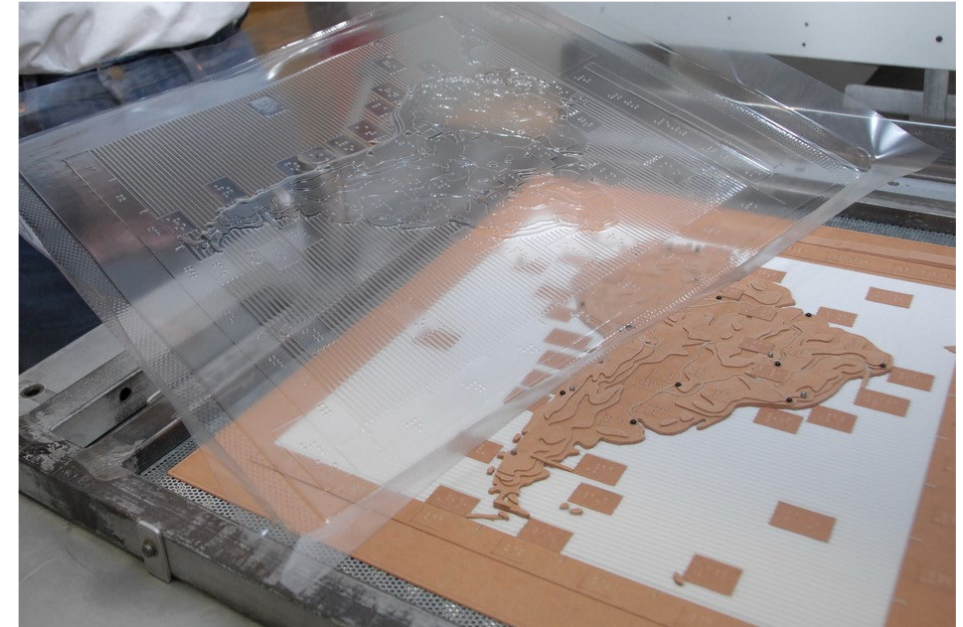
1. Erstellung einer Basismatrize...

- als Kollage
- durch Plotten von Materialschichten
 - Auflösung einer Vektorgrafik in Schnittmasken mittels CAD
 - Ebenenzüge werden mittels Schneideplotter oder CAD-Fräse erstellt
 - auf Basisplatte zu einer Master-Matrize kombiniert
 - nachträgliche Detaillierung



2. Tiefziehen einer Folie...

- Matrize im Vakuum-Tiefziehverfahren vervielfältigt (Hitzebeständigkeit!)
- Kunststofffolie über Matrize eingespannt
- Erhitzen der Folie bis sie plastisch ist
- Ansaugen der weichen Folie durch eine Vakuumpumpe
- nach Abkühlung formstabiles Relief



Quelle: <https://gruenerring-leipzig.de/wp-content/uploads/2017/08/projektpr%C3%A4sentation-dzb-kurs%C3%BCbersicht.pdf>

Taktile Grafiken | Distribution 3D-Modelle

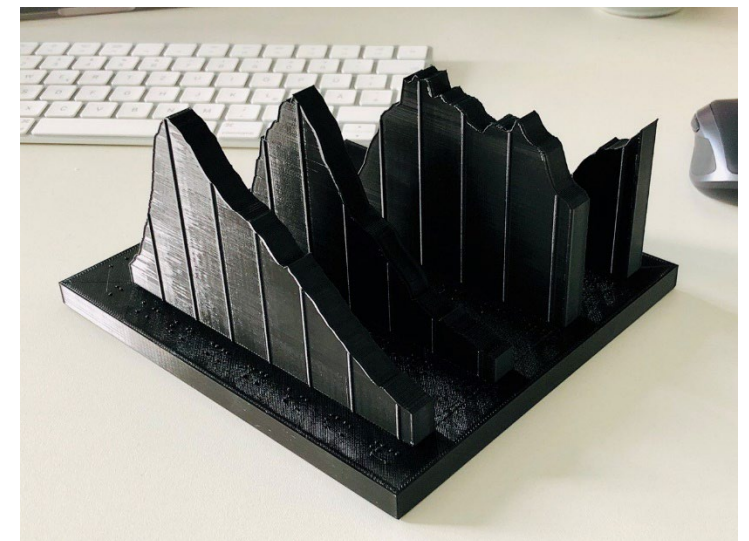
Dreidimensionale Körper zur Vermeidung perspektivischer Abbildungen (Projektionsbilder in 2D)

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



Taktile Grafiken | Verbreitung taktiler Medien

Umfragen zu Erstellung und Erfahrung mit taktilen Medien

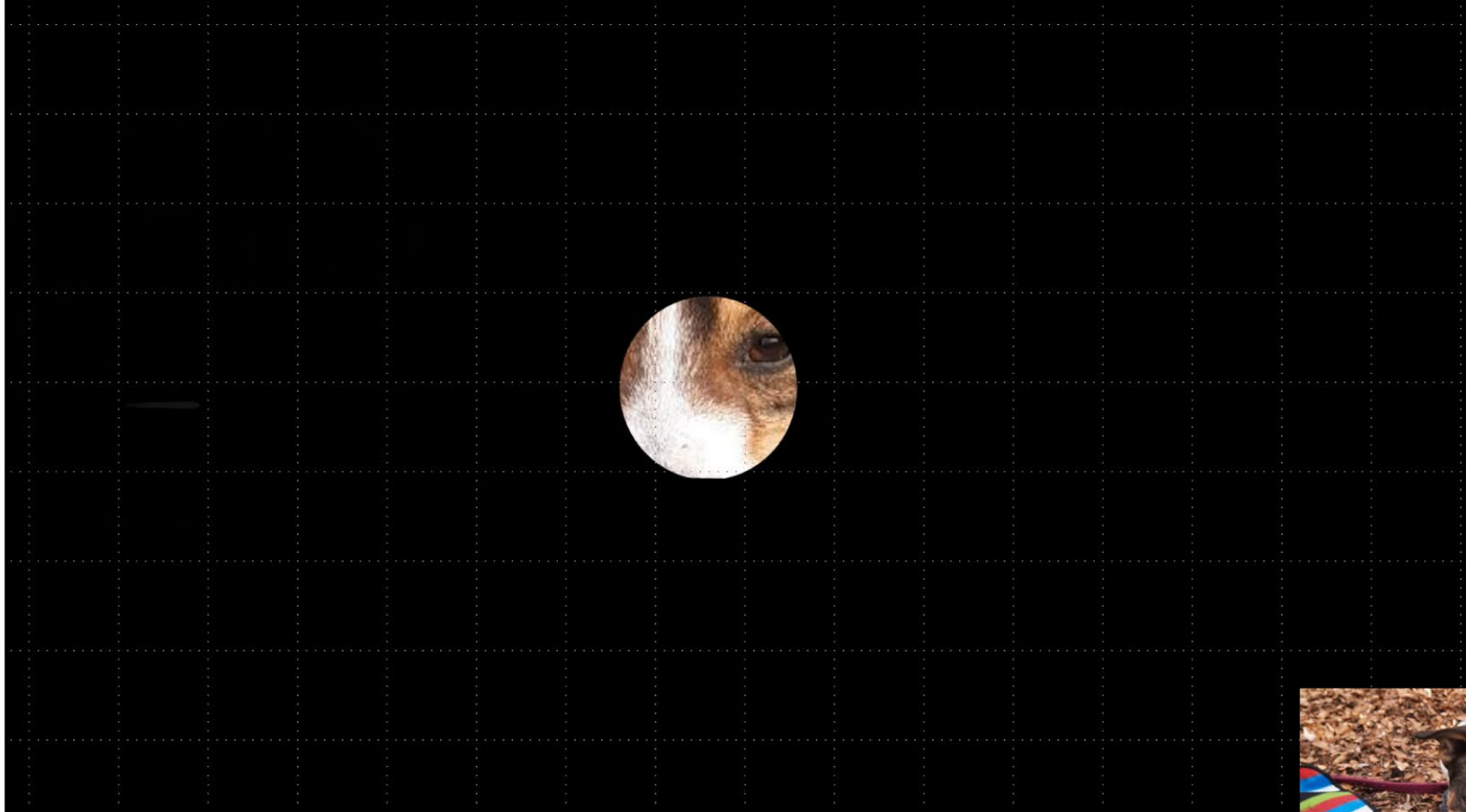
Verfahren	Erstellung (Institutionen) *	Verwendung (Nutzer:innen) **
Schwellpapier	80 %	90 %
Brailledrucker	55 %	72 %
Kollage	20 %	62 %
Tiefziehfolie	55 %	87 %
3D-Model	20 %	63 %

* Befragung von 20 deutschsprachigen Institutionen zum Transkriptionsprozess von Grafiken

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

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

Taktile Grafiken | Erkundung

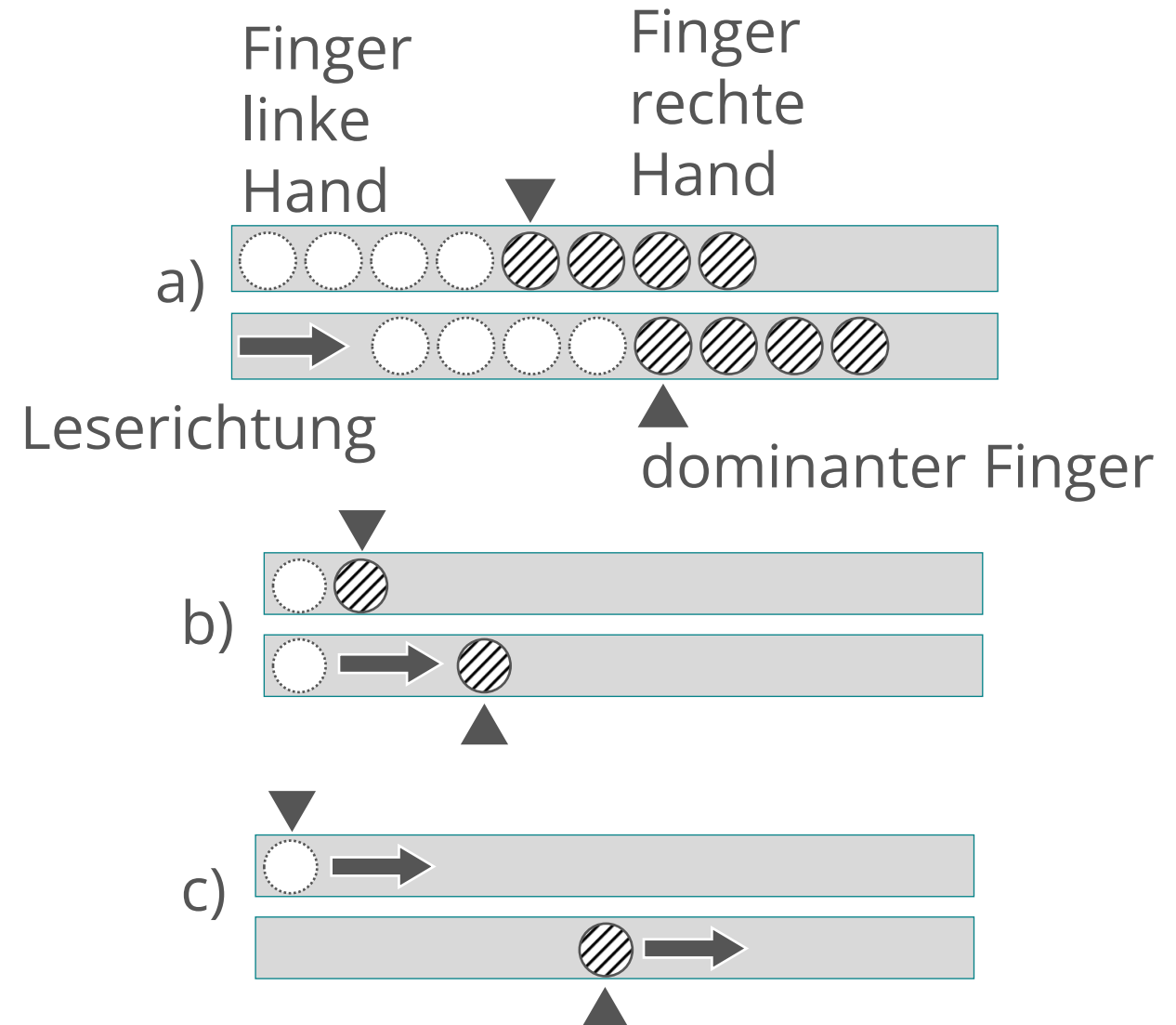


Braille lesen

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

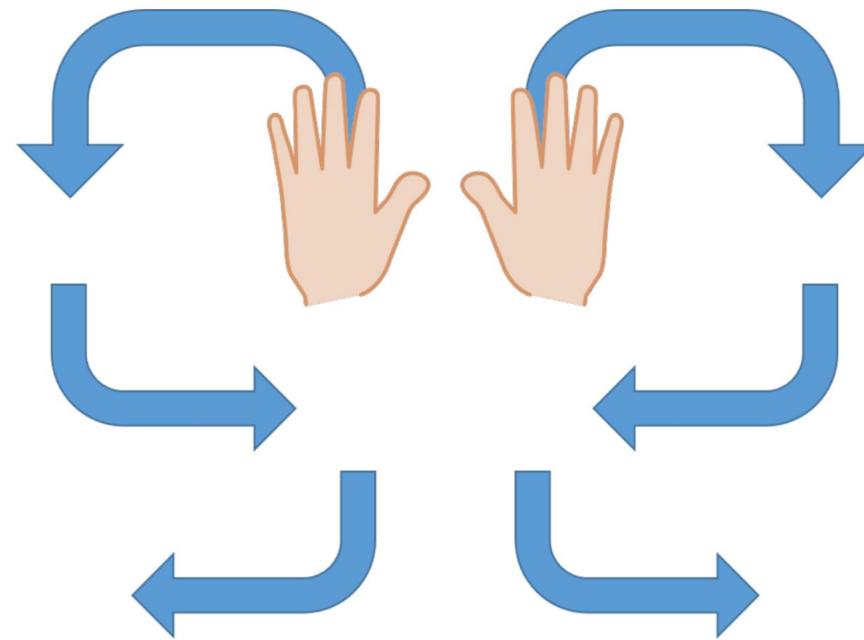
b) Linker Zeigefinger referenziert und rechter Zeigefinger liest

c) Linker Zeigefinger liest zur Mitte, danach rechter Zeigefinger



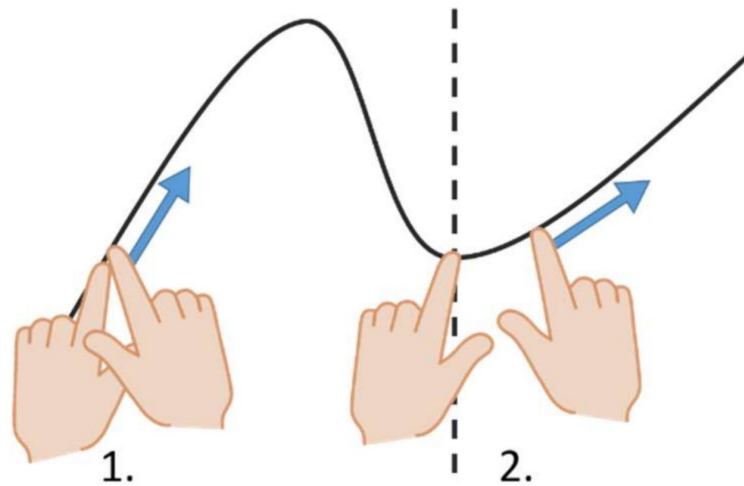
Initiales Abtasten

Vor der detaillierten Erkundung → Initiales Abtasten mit beiden Händen → Überblick (Größe, Ausmaß, Grafiktyp erfassen)

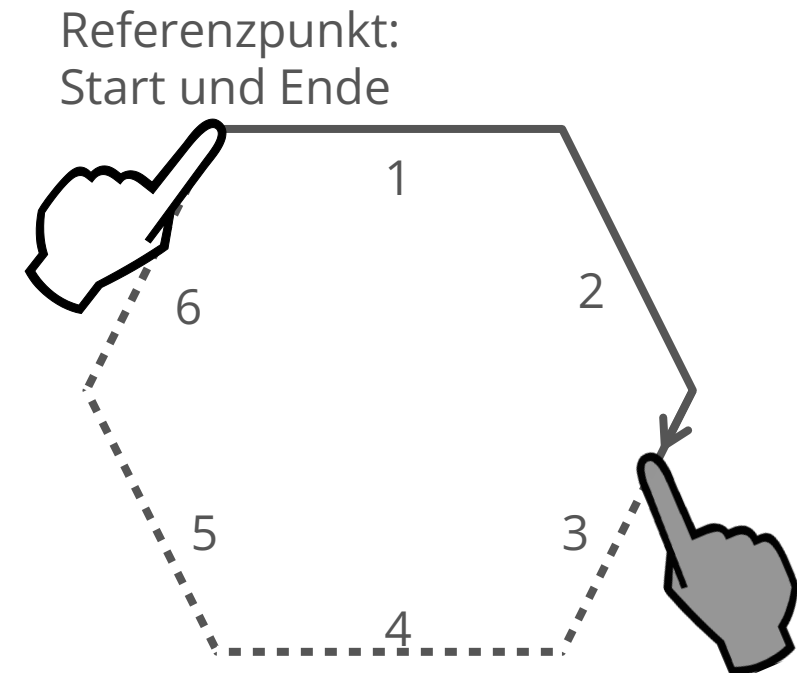


Linienverfolgung (Edge-Strategy)

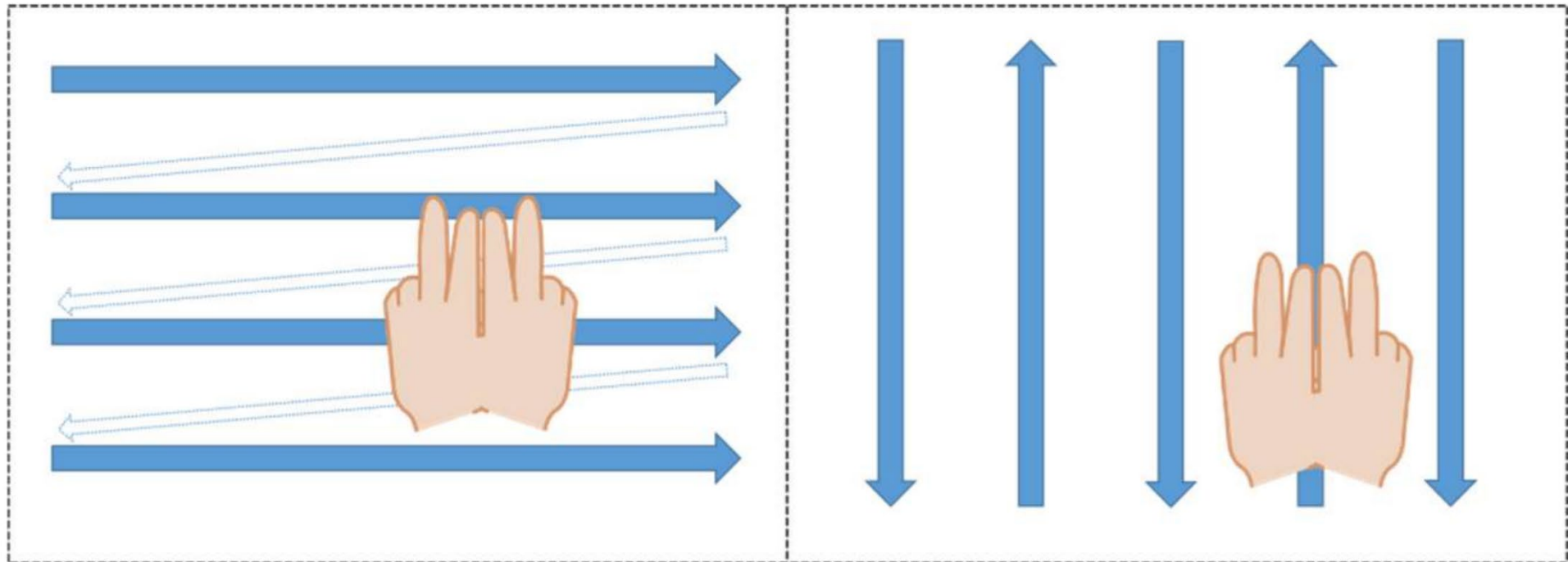
Erfassen konkreter Umrisse, Formen und Figuren durch Abfahren der Außenlinie → in Schulen vermittelte Strategie zur Objekterkennung



Linienverfolgung und Referenzfinger
am Entscheidungspunkt



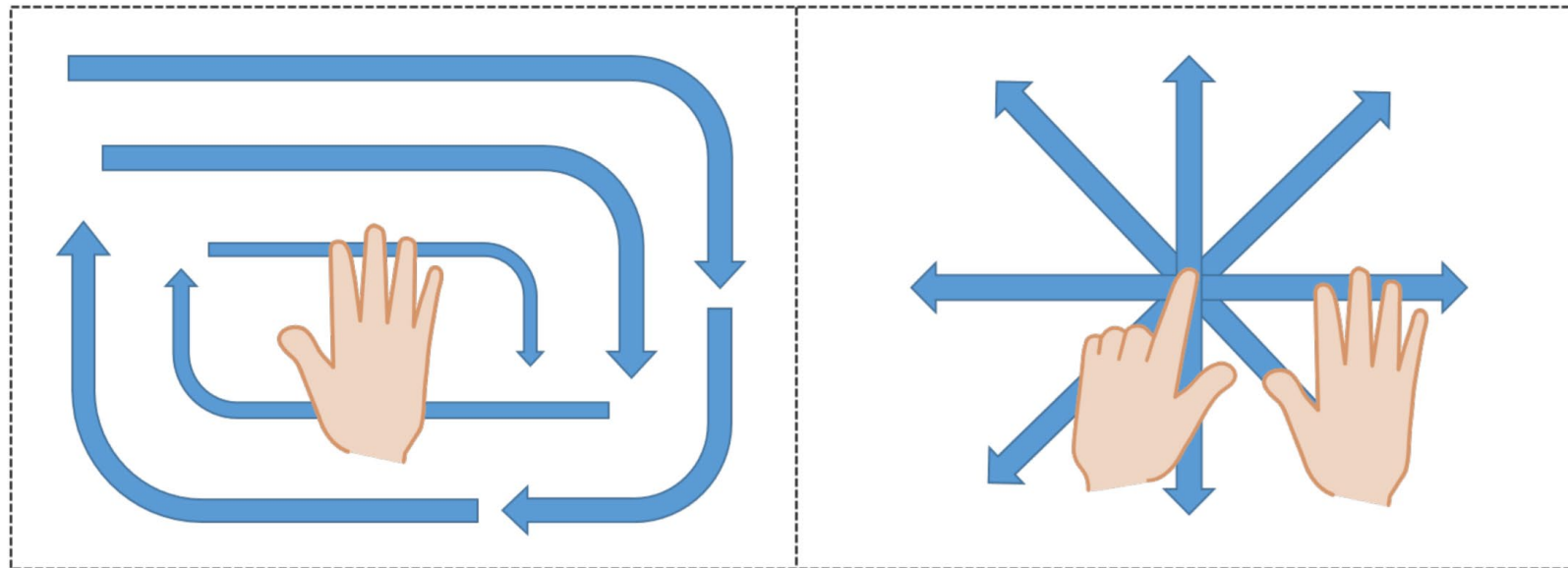
Systematische Strategien (horizontales/vertikales Erkunden)



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

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, ...)

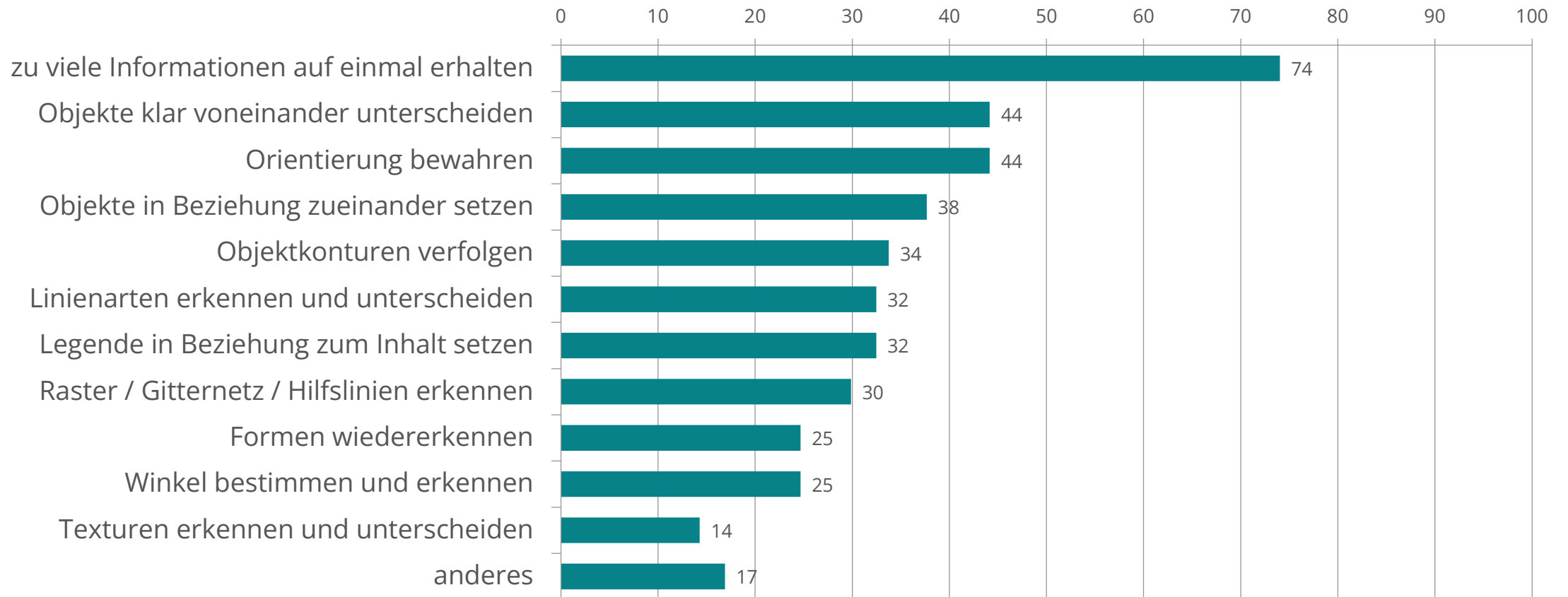
Wesentliches fühlbar gestalten.

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*

<http://www.brailleauthority.org/tg/>

— *Richtlinien zur Umsetzung taktiler Grafiken (Prescher und Bornschein, 2016)*

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-196167>

Wahrung der ursprünglichen Aussage

Reduzierung der Komplexität

Texturen, Linienstile und Punktsymbole sparsam verwenden

Perspektive vermeiden

Aufteilen komplexer Objekte

Unterscheidbarkeit

Verwendung von Braille-Schrift

Wahrung der ursprünglichen Aussage

- Aussage des Bildes darf nicht gefälscht oder geändert werden
- Keine Informationen weglassen oder hinzufügen

Reduzierung der Komplexität

- Nur zum Verständnis NOTWENDIGE Elemente übernehmen (Schmuckgrafiken, Dekorationen weglassen)
- Grafik so einfach wie möglich gestalten
- Änderungen ggf. in Annotationen vermerken

Texturen, Linienstile und Punktsymbole sparsam verwenden

- Max. 5 Texturen in einer Grafik
- Referenzieren verwendeter Texturen, Linienstile, Symbole und Keys in einer Legende

Perspektive vermeiden

- Dreidimensionale Darstellungen in zweidimensionale überführen
- Überschneidungen von Objekten vermeiden

Aufteilen komplexer Objekte

- Zerlegung komplexer Objekte in Teilgrafiken
- Zusammengehörigkeit deutlich kennzeichnen

Unterscheidbarkeit

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

Verwendung von Braille-Schrift

- Geeignete Brailleschrift in richtiger Schriftgröße verwenden (Durchmesser eines Braille-Punktes etwa 1,3 bis 1,6mm)
- Kleine Braille-Beschriftungen mit einem Rahmen hervorheben
- Braille-Schrift immer horizontal und linksbündig anordnen

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

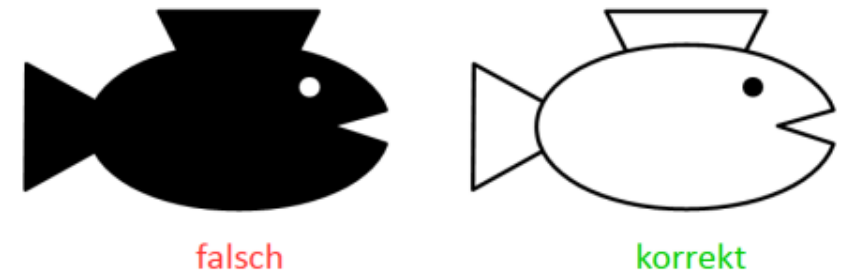
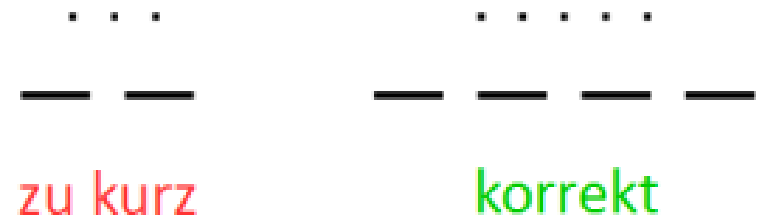


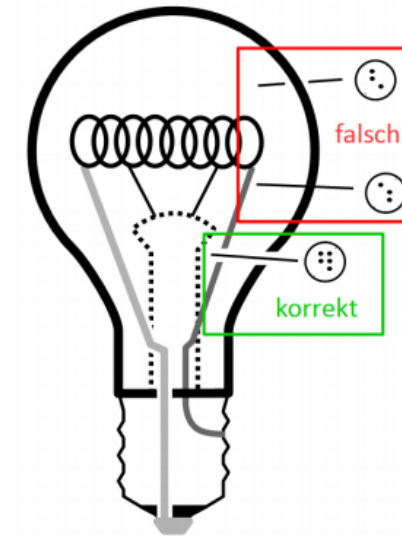
Abb. 3 und 4: Beispiele aus „Richtlinien zur Umsetzung taktile Grafiken“ von D. Prescher und J. Bornschein. (2016); [Link zur Quelle](#)

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 | Füllmuster/ Texturen

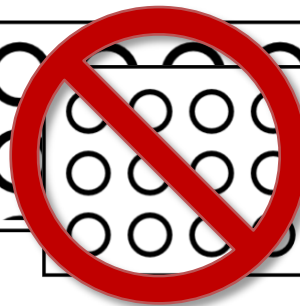
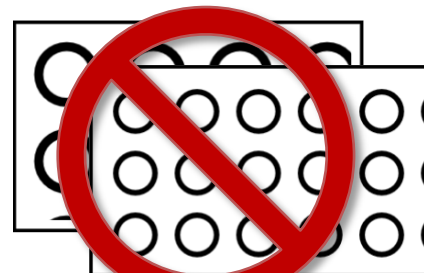
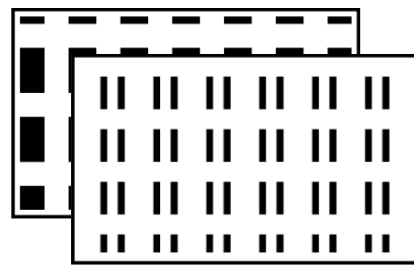
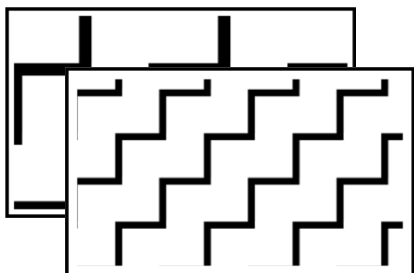
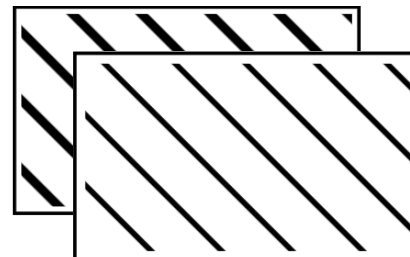
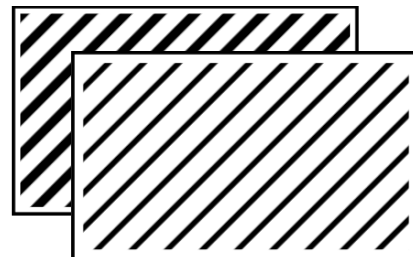
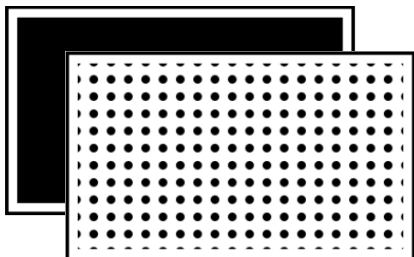
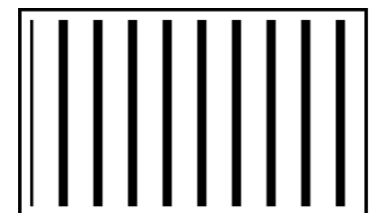
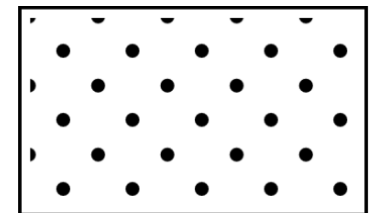
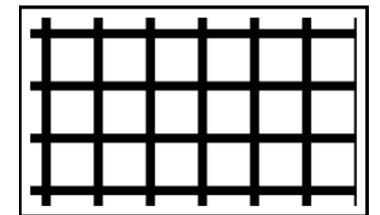
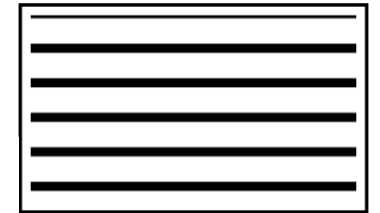
- Verwechslungen ausschließen
- Wiedererkennung ermöglichen (konsistente Nutzung)
- Ausgabemedium einbeziehen
- Flächengröße beachten
- Verwendung evaluierter Texturen-Sets empfohlen



Fläche zu klein



Textur angemessen für Fläche



Zugängliche Grafiken für Menschen mit Blindheit oder Sehbeeinträchtigung

und Grafische Notationen

Teil II

Vorlesung

“Barrierefreie Dokumente”

WS 2023/2024

Referentin: Christin Engel

Zugängliche Grafiken | Grafiktypen (Wiederholung)

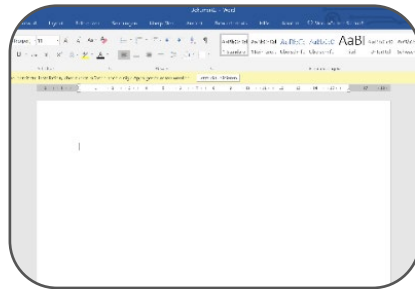
Grafiktypen

Schmuckgrafik

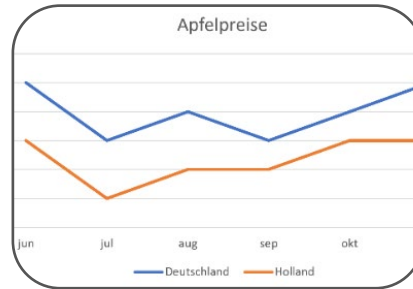
Informations-
grafik

Karten

Grafische
Notationen...



Screenshots



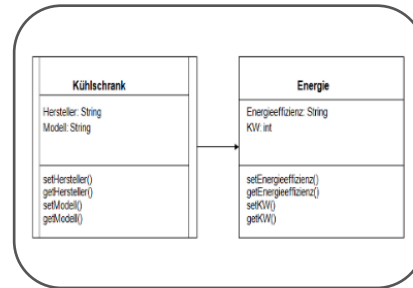
Diagramme



Karten



Fotos



Grafische
Notationen



Kunst

Zugängliche Grafiken | Distribution (Wiederholung)

Distribution

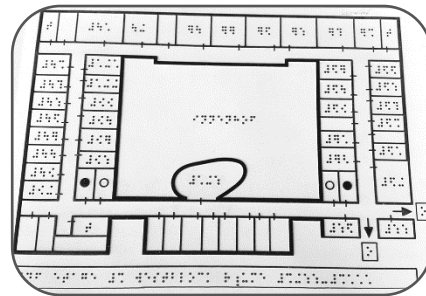
Schwellpapier

Taktile Drucker

Kollagen

Folienreliefs

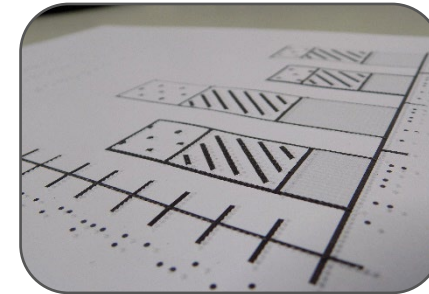
3D Modelle...



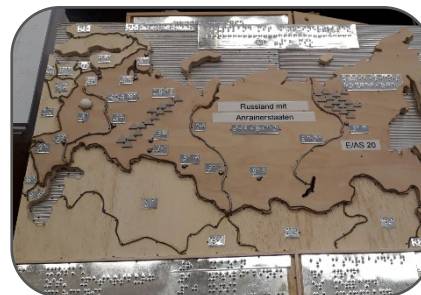
Schwellpapier



Kollagen



Prägedruck



Folienreliefs



Digitale
Stiftplatte

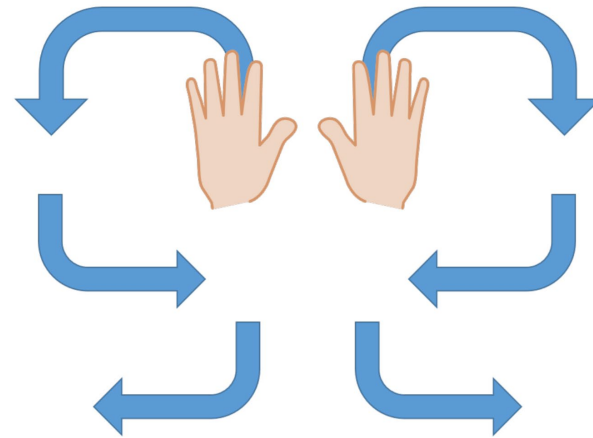
Erkundung

Unimanual
vs. Bimanual

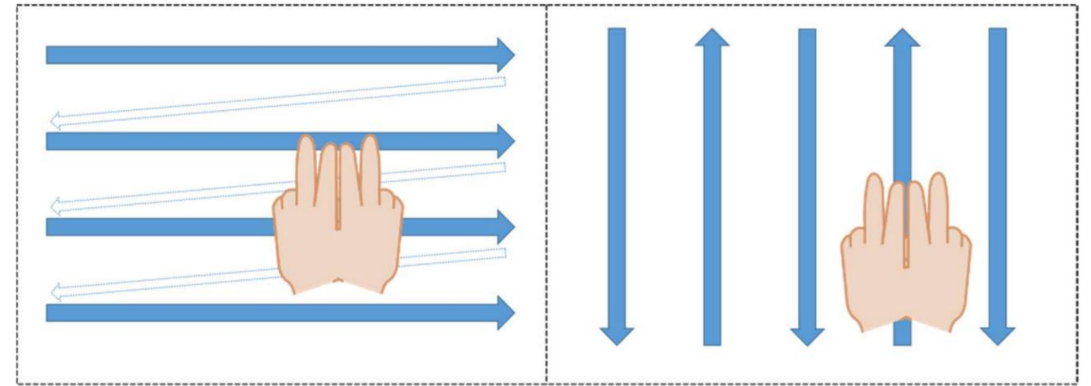
Horizontal
vs. Vertikal

Symmetrisch
vs.
Asymmetrisch

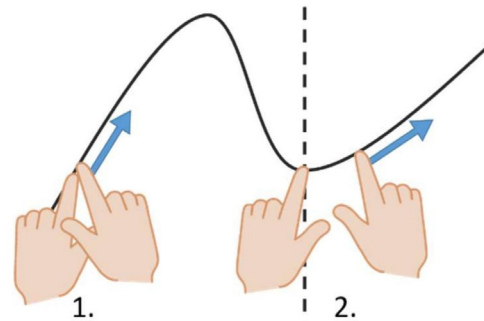
Perimeter...



Initiales
Abtasten

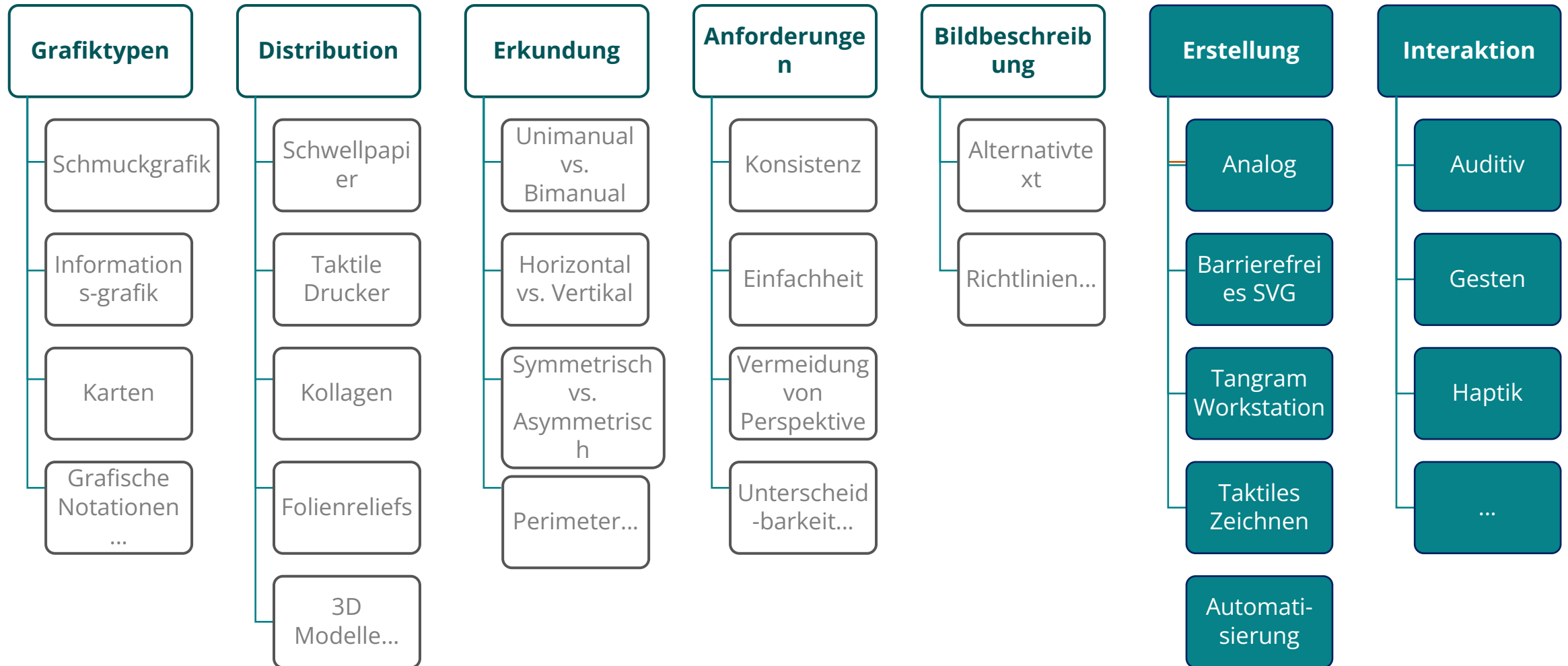


Horizontales (links) und vertikales
Erkunden



Linienverfolgung

Zugängliche Grafiken | Kommendes



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 lower-left foreground, with the index finger pointing towards the center of the grid. The background is slightly blurred, showing more of the grid and the document's surface.

4 Taktile Grafiken

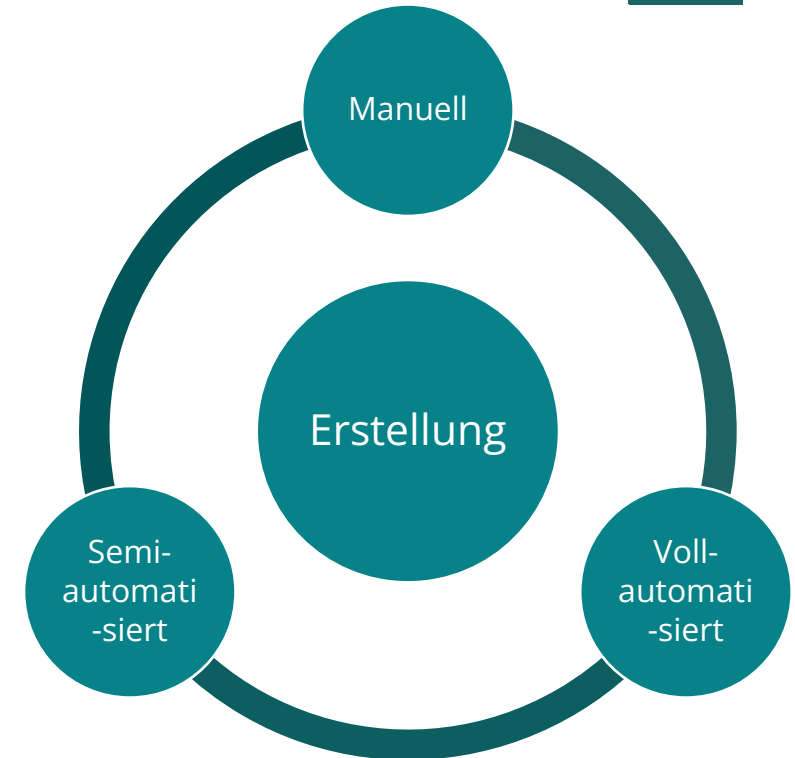
Erstellung Taktiler Grafiken

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

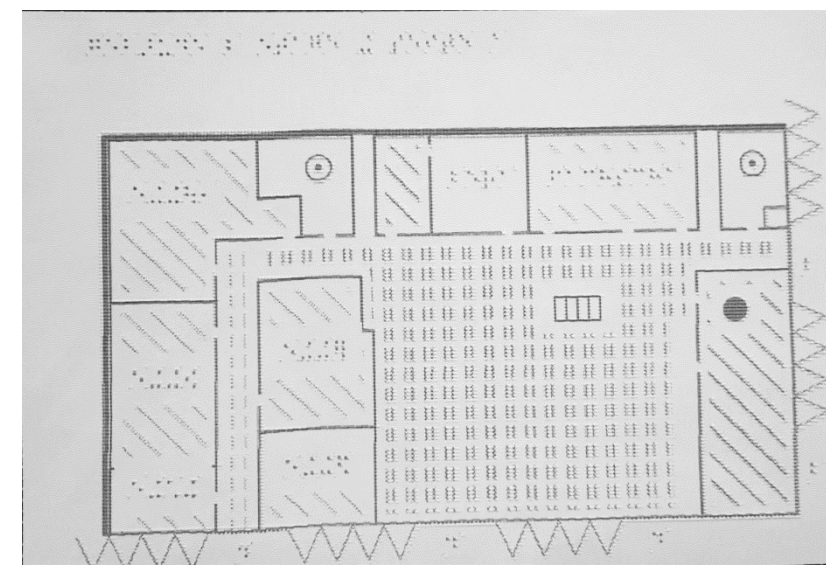
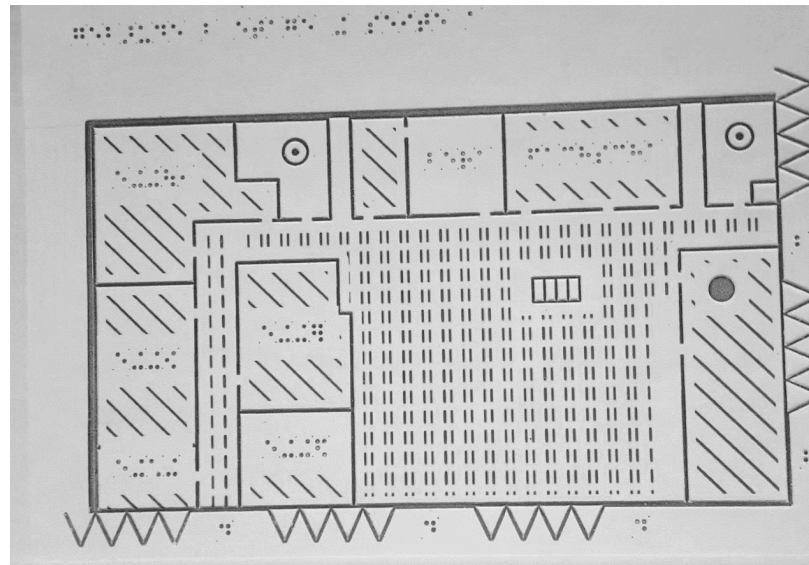
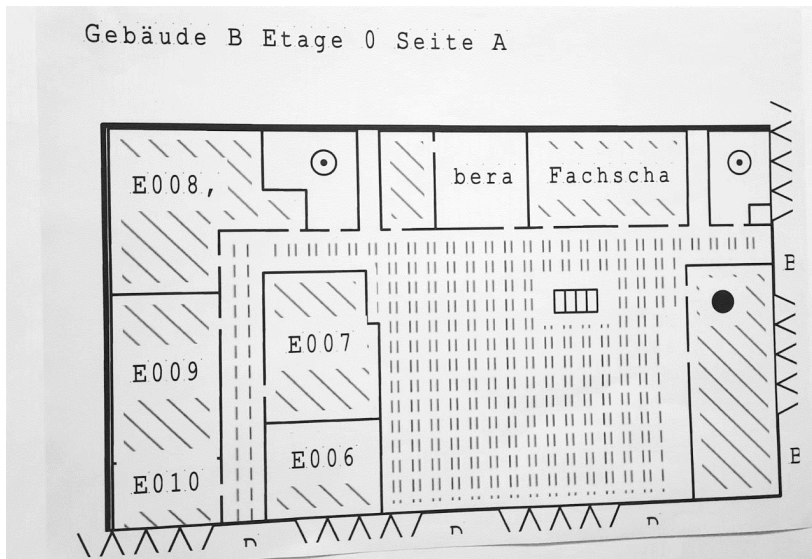
Herausforderungen

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



Taktile Grafiken | Erstellung (digital)

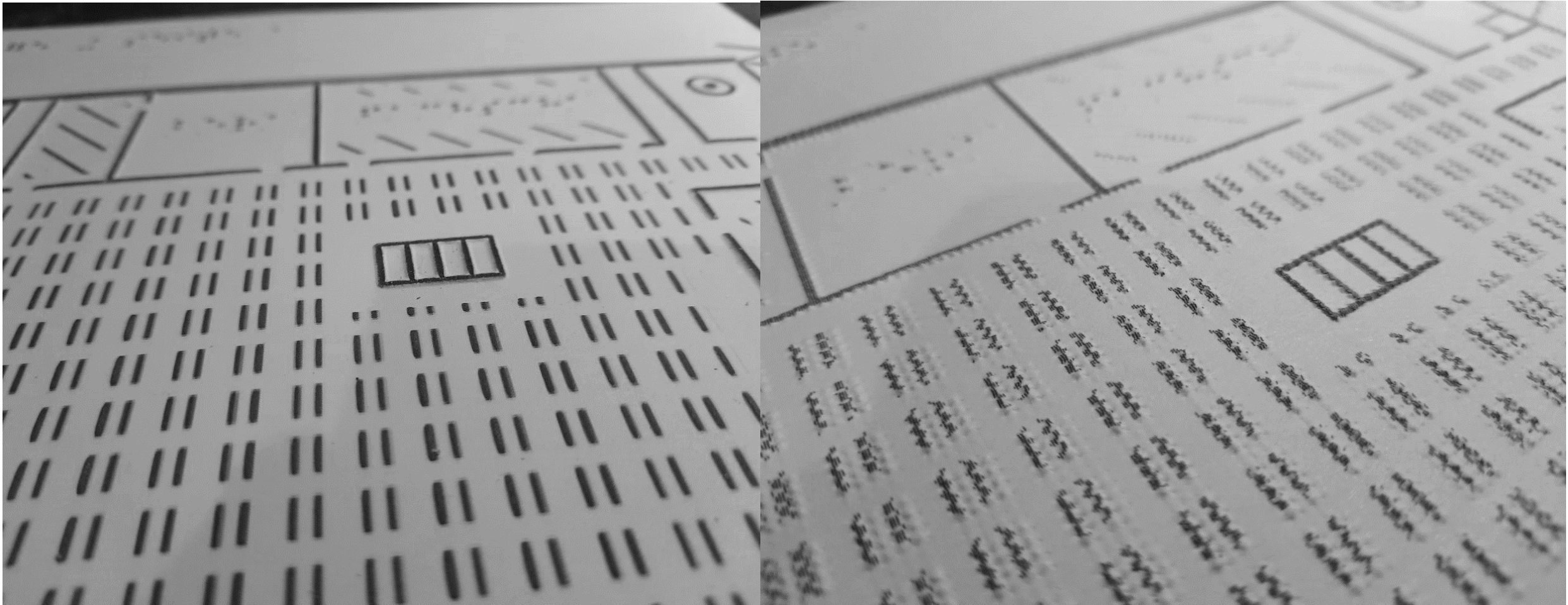
- Ausgangslage ist eine digitale Bilddatei (Pixel- oder Vektorgrafik)
- Helligkeitswerte bestimmen Druckhöhe
- Gestaltung an Ausgabemedium anpassen
- Verwendung Braille-Schriftart mit ASCII Variante (Bildschirm lesbar)
- Taktile Prägedruck: Druckertreiber rastert Bild auf 20dpi



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

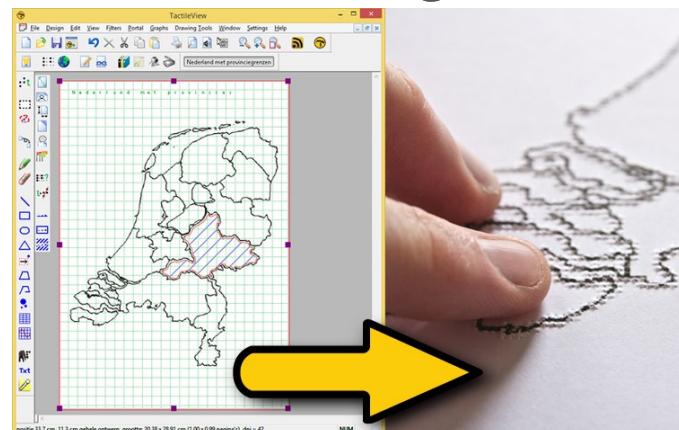
Taktile Grafiken | Erstellung (digital)

Vergleich – Schwellpapier (links) und Prägedruck (rechts)

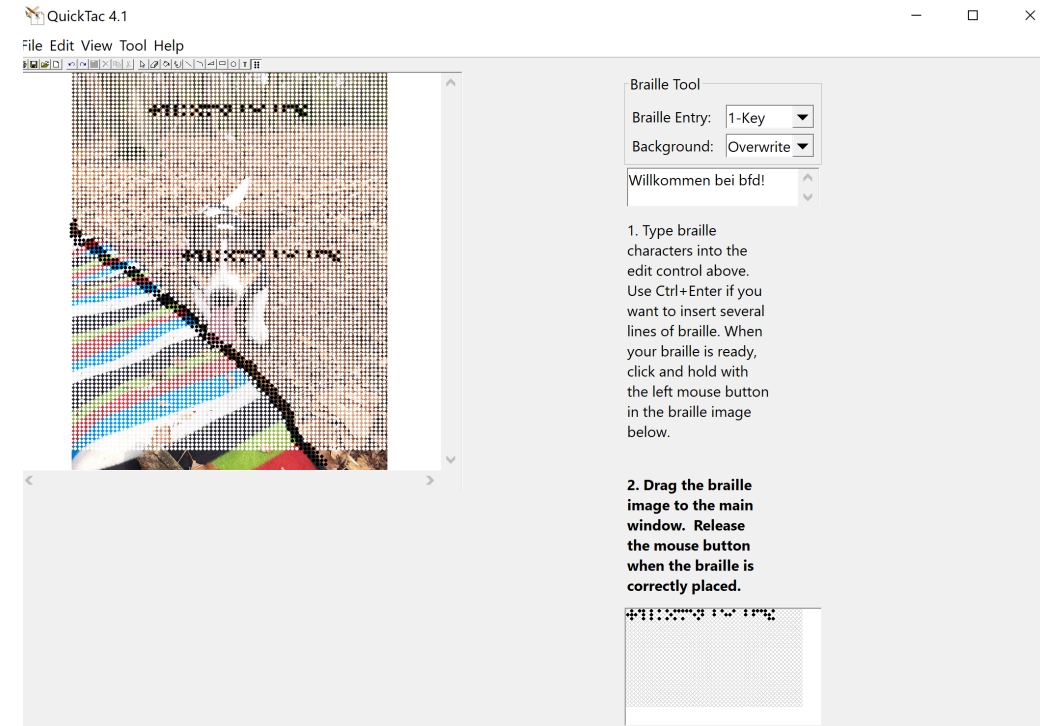


Taktile Grafiken | Editoren

- 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



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



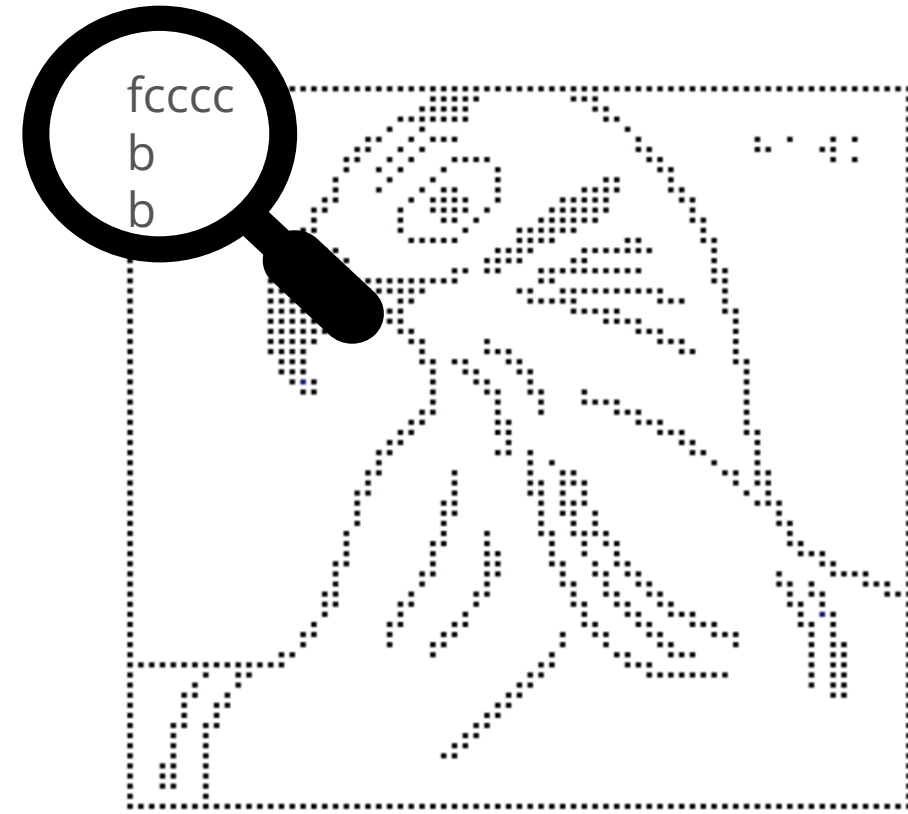
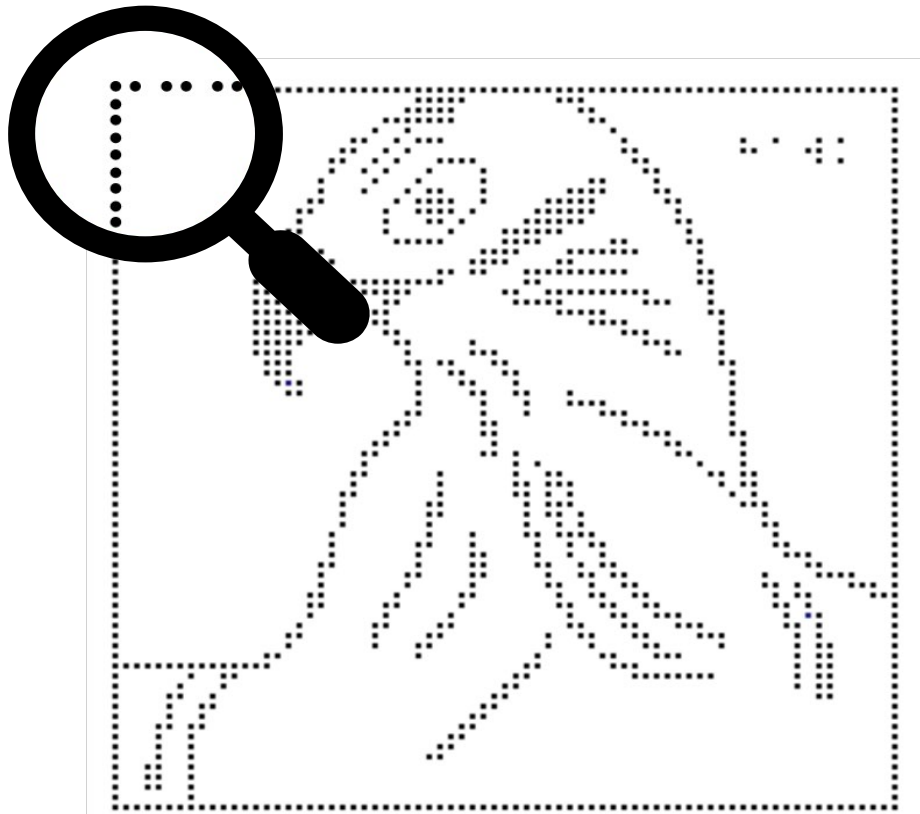
Quick-Tac Editor

(Verfügbar unter:

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

Taktile Grafiken | 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



Taktile Grafiken | Teilautomatisierte Erstellung

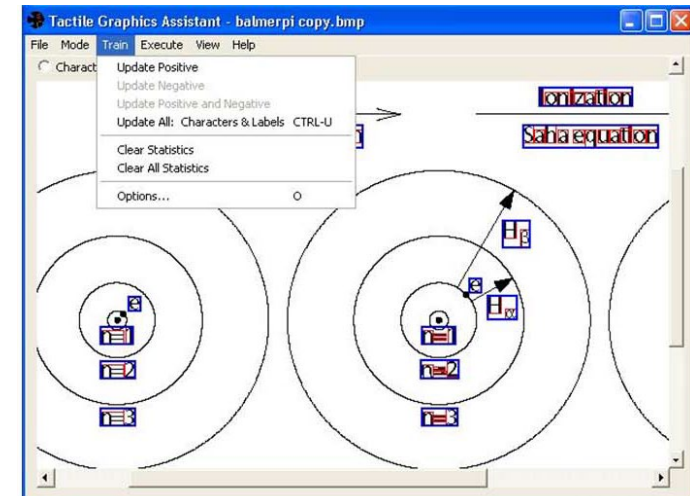
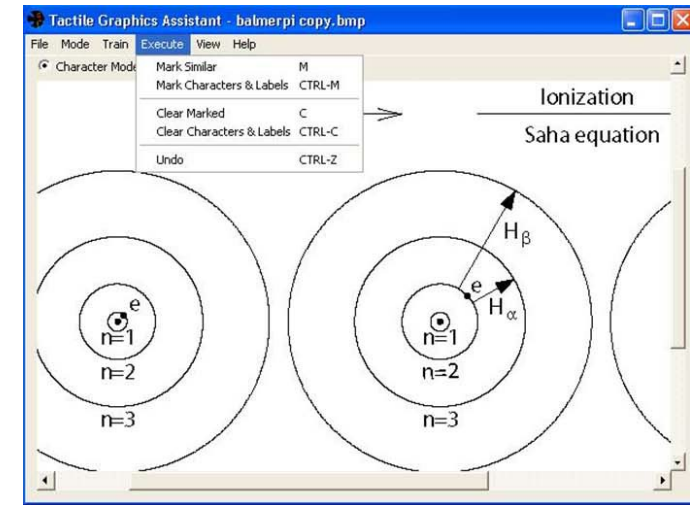
Häufigster Ansatz: Anpassung einer bestehenden visuellen Grafik für die taktile Ausgabe (Transkription)

Beispiel: TGA (Tactile Graphics Assistant)

→ Algorithmus zur automatischen Vereinfachung und Optimierung herkömmlicher Grafiken in taktile Grafiken:

- manuelles Eingruppieren der Bilder in Klassen sowie Training
- Separieren und Entfernen von Text innerhalb einer Grafik
- OCR und Umwandlung in Braille

Tactile Graphics Project
<http://tactilegraphics.cs.washington.edu>



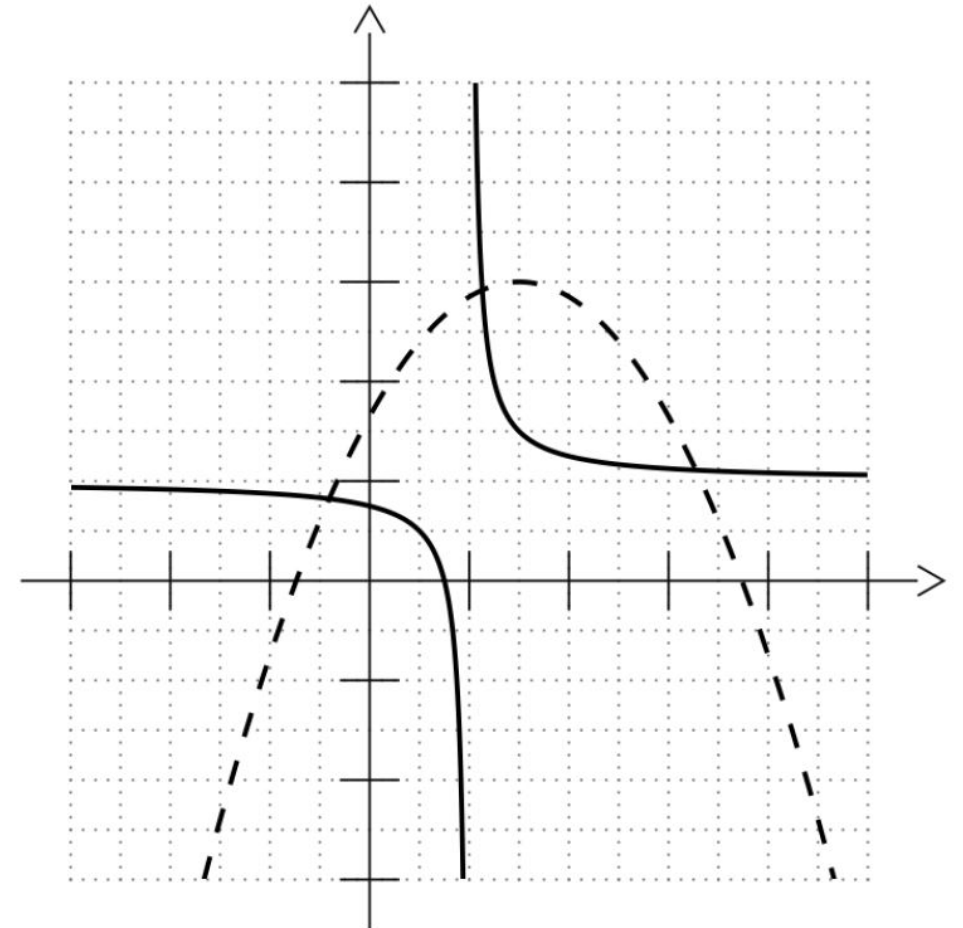
mathematische Grafiken sind Kombination aus definierten Visualisierungstechniken und Illustrationen

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

DotsPlus Braille

- Darstellung mathematischer Ausdrücke
- Mischen von taktilem Grafik für große Operatoren und Braille für Zahlen und Variablen
- wird von „Tiger“-Drucker unterstützt
- eigene Domäne: grafische Notationen
- Konvertierung in DotsPlus Braille von Standardmathenotationen (z.B. mit MathType) möglich
- schnelle Erlernbarkeit (insb. von Brailleanfänger:innen)




A Braille representation of a mathematical expression, likely $\frac{1}{2} \sqrt{2}$, using DotsPlus Braille notation.



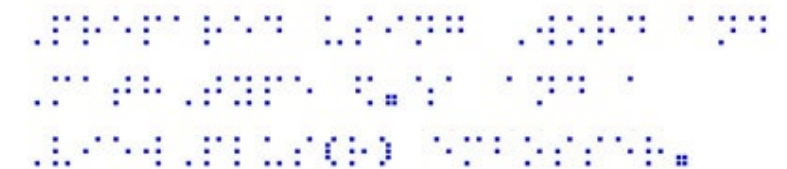
A Braille representation of the equation $x + 1 = 2$, using DotsPlus Braille notation.



A small Braille character, possibly a comma or a specific symbol, in DotsPlus Braille notation.



A Braille representation of a complex mathematical formula, possibly $\frac{1}{2} \sqrt{2}$, using DotsPlus Braille notation.



A Braille representation of a mathematical expression, possibly $\frac{1}{2} \sqrt{2}$, using DotsPlus Braille notation.

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“

5 Taktile Interaktion

Interagieren mit taktilen Grafiken

Nachteile taktiler Grafiken

- begrenzte Auflösung → geringe Informationsdichte
- Unterscheidbarkeit der Elemente (max. 5 Texturen/ Symbole/ Linienstile)
- muss erlernt werden → 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

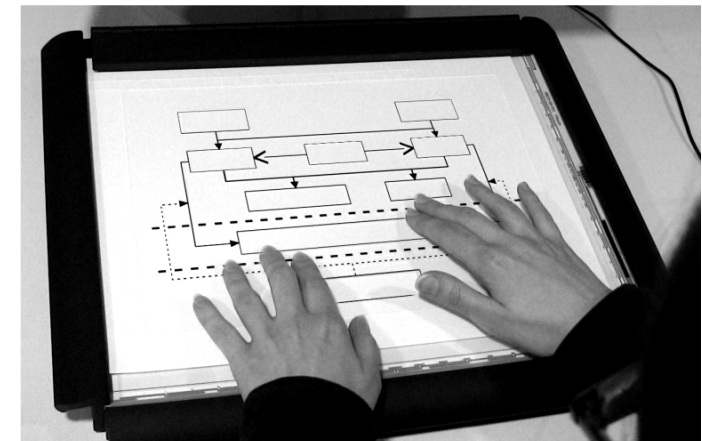
Weitere Beispiele:

- *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>



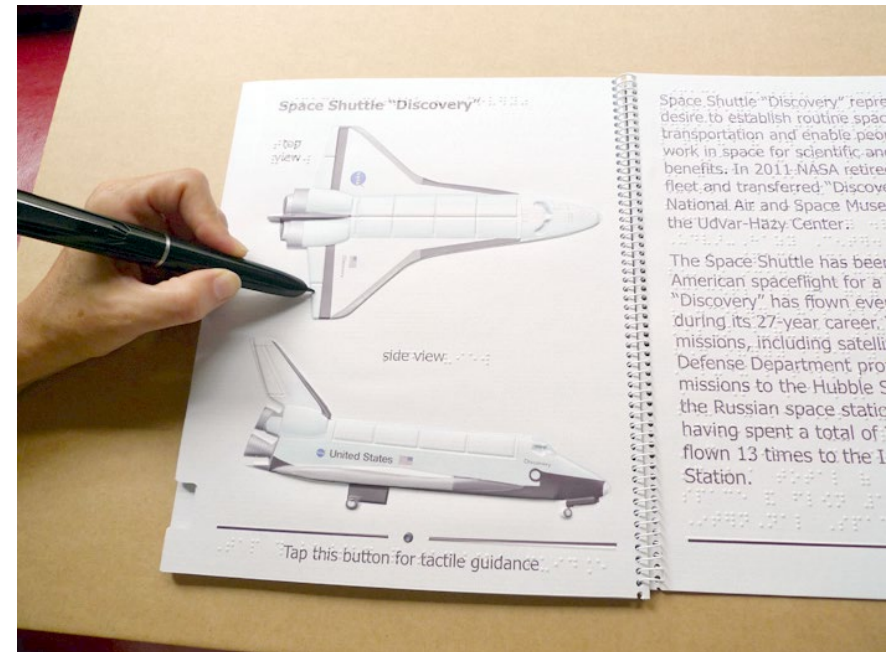
<http://touchgraphics.com/portfolio/ttt/>



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

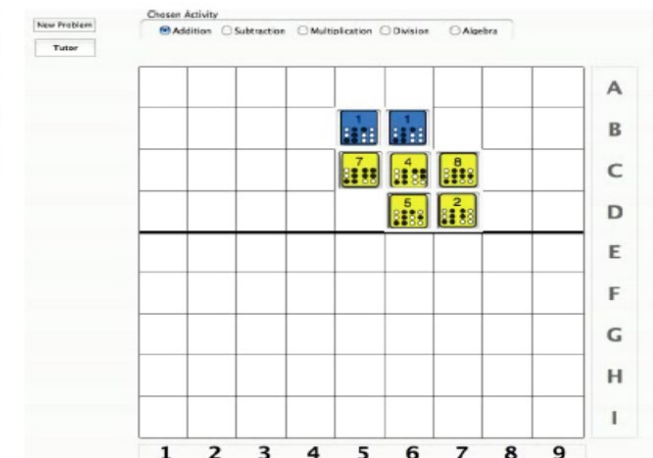
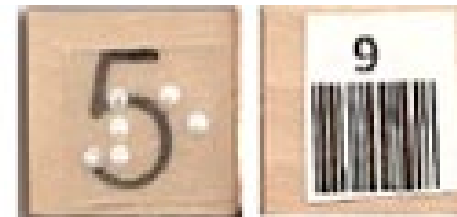
<https://touchgraphicseurope.com/en/services/talking-tactile-pen-ttp/30>

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



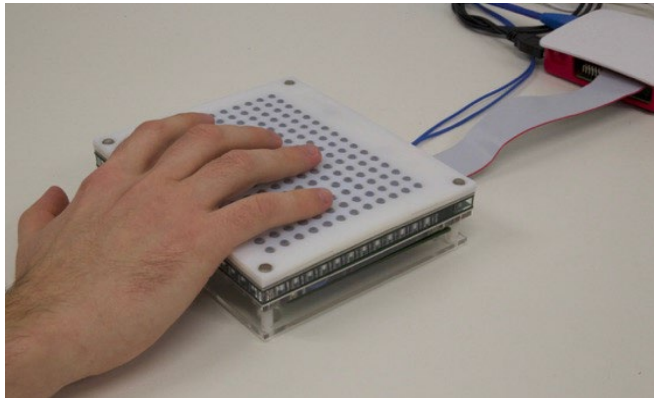
BrailleDis 7200 von Metec



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/figure/s?lo=1

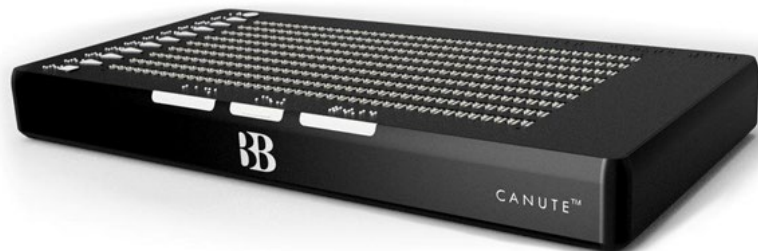
Taktile, dynamische Displays (Beispiele):



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 Interaktion | Taktile Displays

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

HyperBraille Display

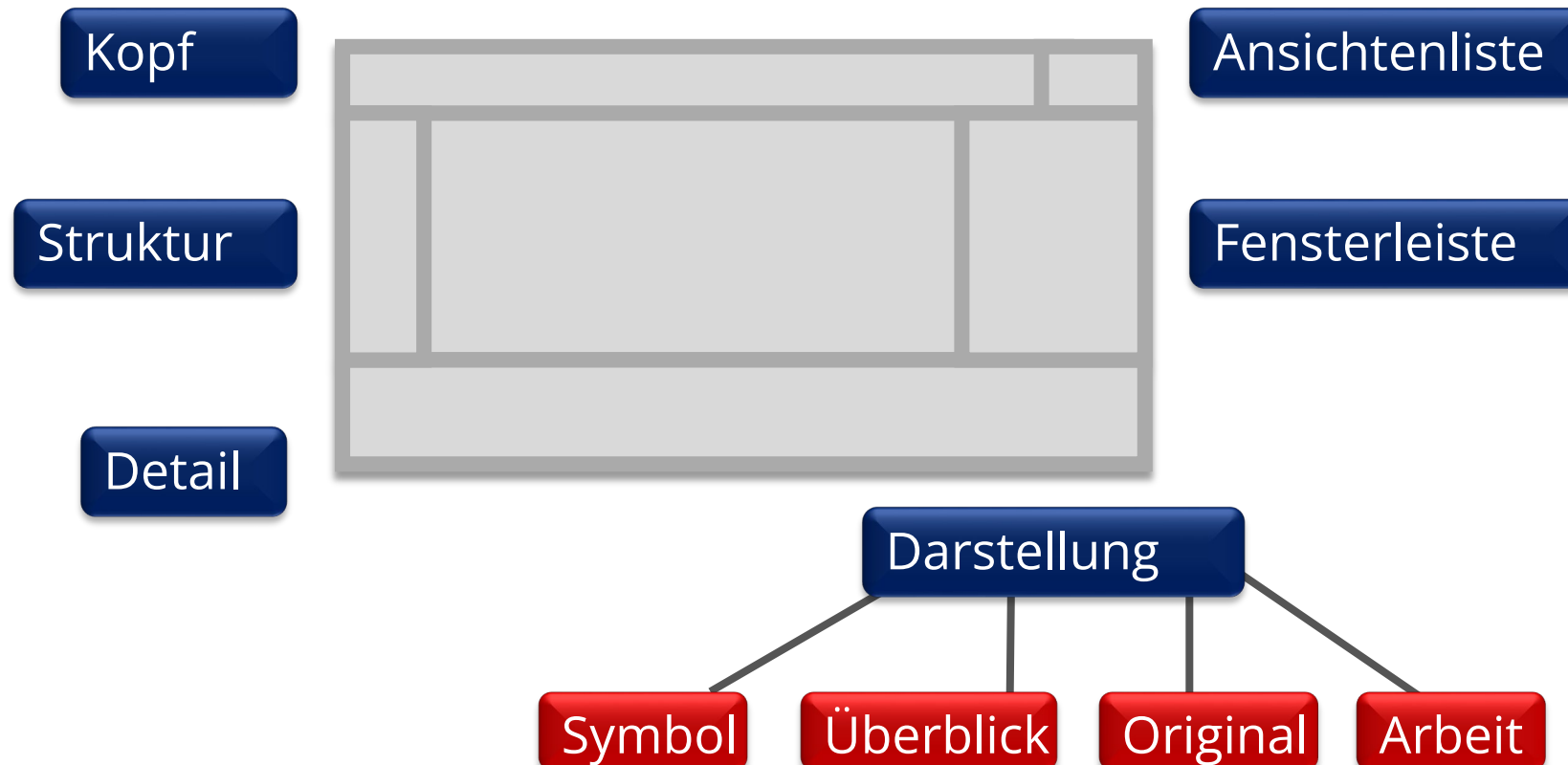
- 120 x 60 Stifte (2,5 mm Punktabstand)
- berührungsempfindlich:
2 Stellen/ Modul
- Bauhöhe ca. 6 cm
- touchsensitiv (Multitouch)
- Sprachausgabe



Forschungsfragen:

- Wie können taktile Displays gewinnbringend eingesetzt werden?
- Welche Interaktionskonzepte eignen sich für taktile Displays?
- Wie können Fenstersysteme mit taktilen Displays dargestellt werden?

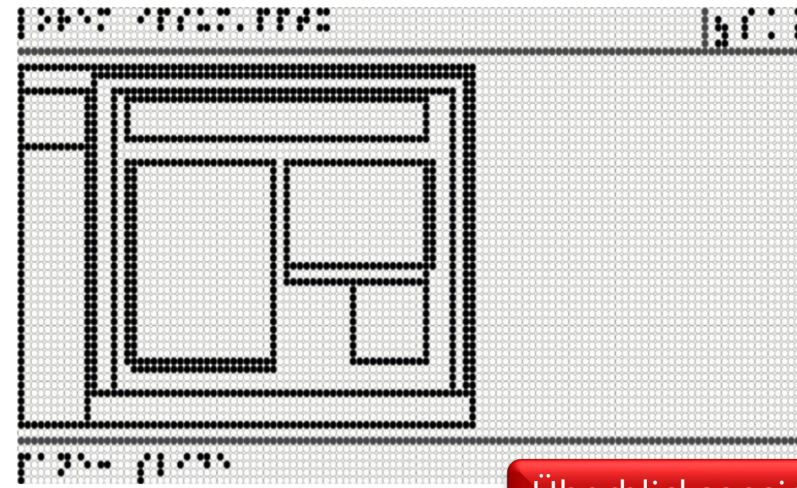
- Konzept zur taktilen Darstellung und Interaktion mit Anwendungen (Fenstersystemen)
- Evaluation mit der Zielgruppe innerhalb von empirischen Studien
- Unterstützung thematischer Ansichten für verschiedene Anwendungsfälle
- äquidistantes Braille erfordert Änderungen der Lesegewohnheiten



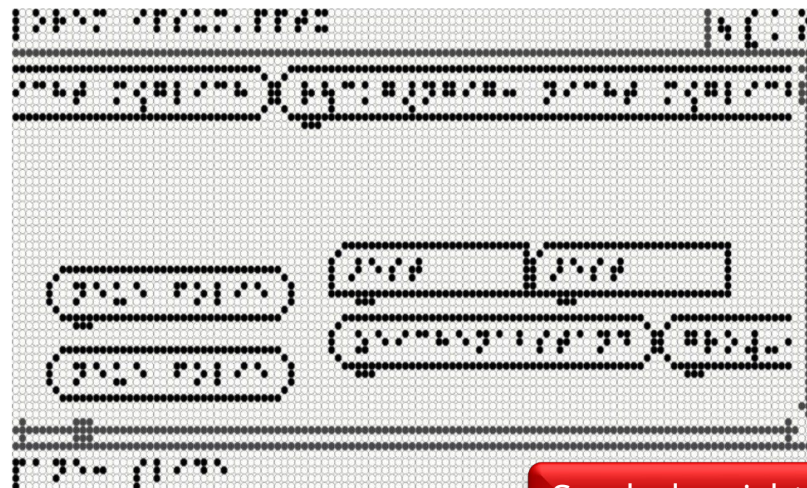
Taktile Interaktion | HyperBraille Fenstersystem



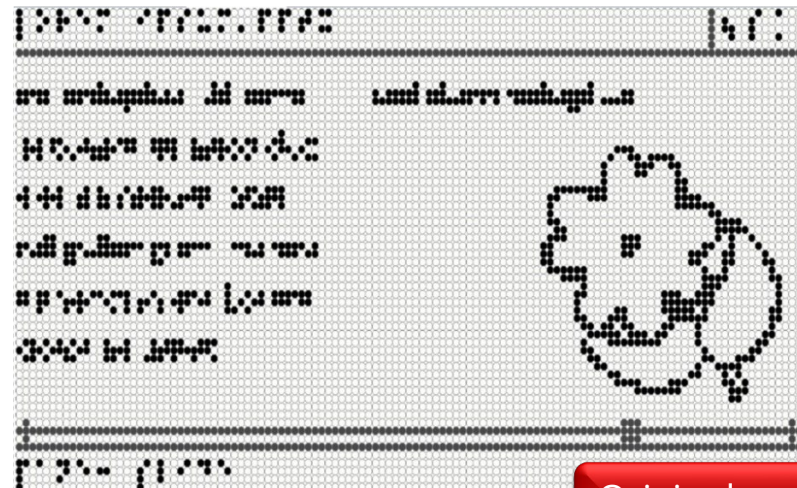
Arbeitsansicht



Überblicksansicht



Symbolansicht



Originalansicht

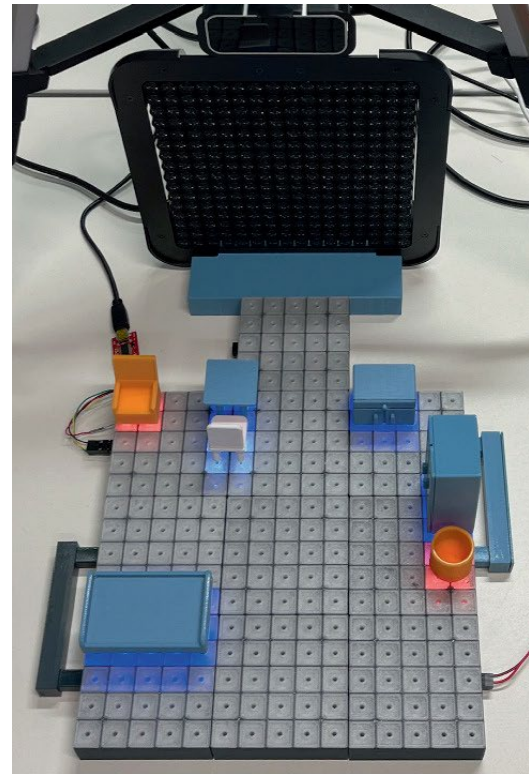
Taktile Interaktion | HyperReader



[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

Nutzende

- Fähigkeiten
- Vorkenntnisse

Anwendungskontext

- Mobilität
- Limitierungen der Umwelt

Interaktion

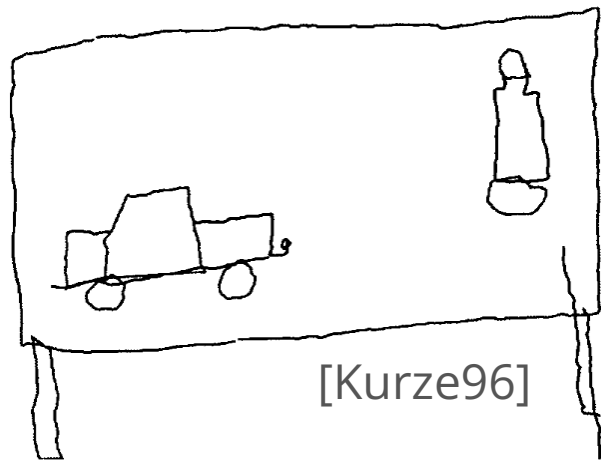
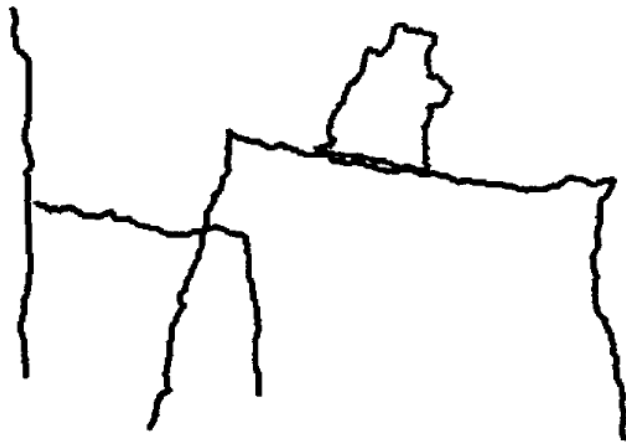
- Konzept (Führung, Exploration, Überblick)
- unterstützte Modalität (Touch, Sprache, Tastatur...)

Limitierungen der Grafik

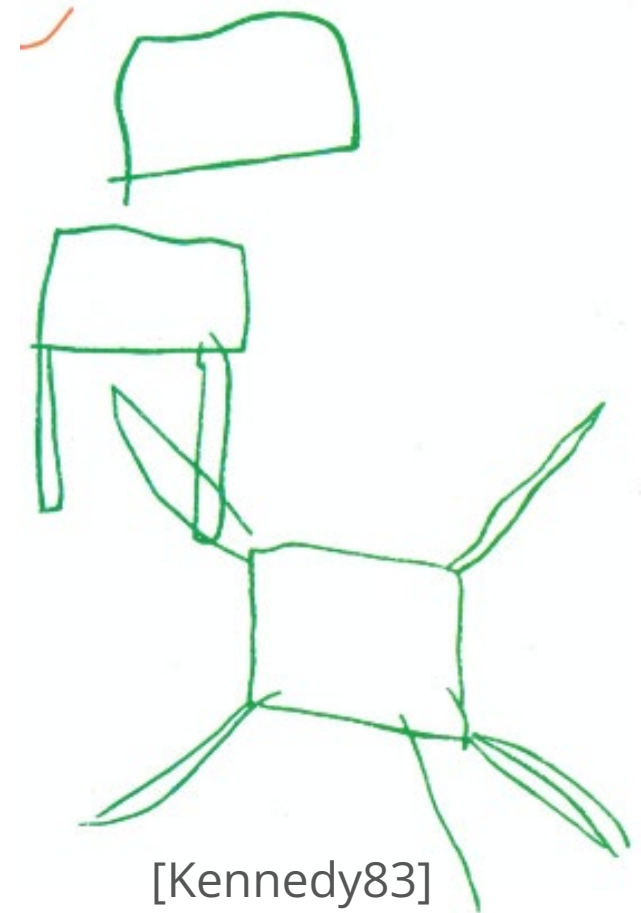
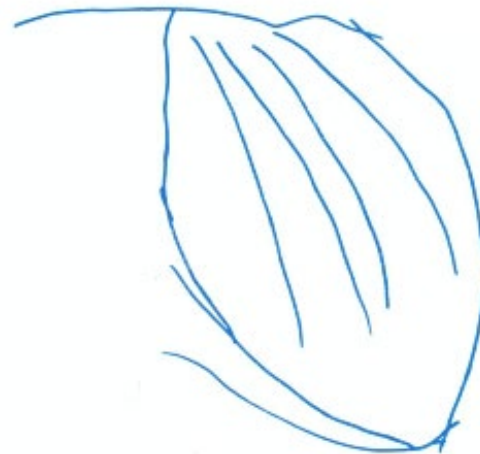
- Reproduzierbarkeit
- Auflösung und Größe der Anzeigefläche
- Darstellbare Grafiken
- Mobilität

6 Zeichensysteme

für Menschen mit Blindheit oder Sehbeeinträchtigung



[Kurze96]



[Kennedy83]

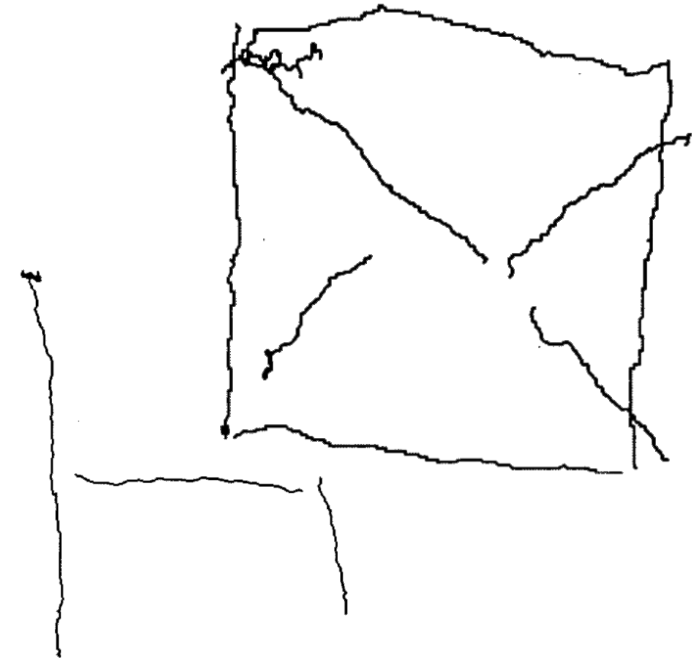
- Zeichnen und visualisieren von Gedanken wichtig für Kommunikation, persönliche Ausdruckskraft, künstlerische Darstellungen etc.
- Zeichnen ist schwierig, erfordert handwerkliches Können
- Problem: kein Feedback des Gezeichneten

Ansatz:

Entwicklung von Werkzeugen zur Unterstützung des Zeichenprozesses



Kitty cat by Tommy Edison
<https://youtu.be/P11Y6pIQGT>

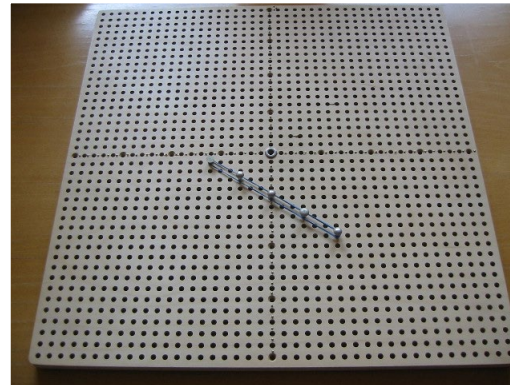


Chair and table

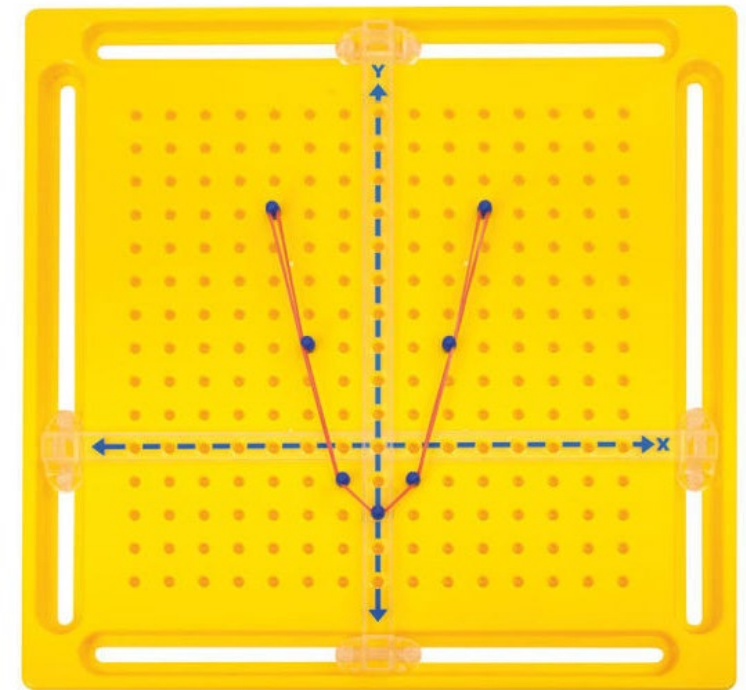
Drawn with TDraw by Kurze (15)

Werkzeuge zur Unterstützung von Menschen mit Blindheit beim Zeichnen

Koordinaten-Steckbrett
→ Nadeln und Spannen
mit Gummis



Formenkasten, z.B.
*Chang Tactual Diagram
Kit*



Breadboard

Werkzeuge zur Unterstützung von Menschen mit Blindheit beim Zeichnen

Kopierrädchen →
spiegelverkehrtes
Zeichnen notwendig



Quick-Draw Paper bzw.
Thermostift auf
Schwellpapier →
sofortiges Anschwellen
der Linien

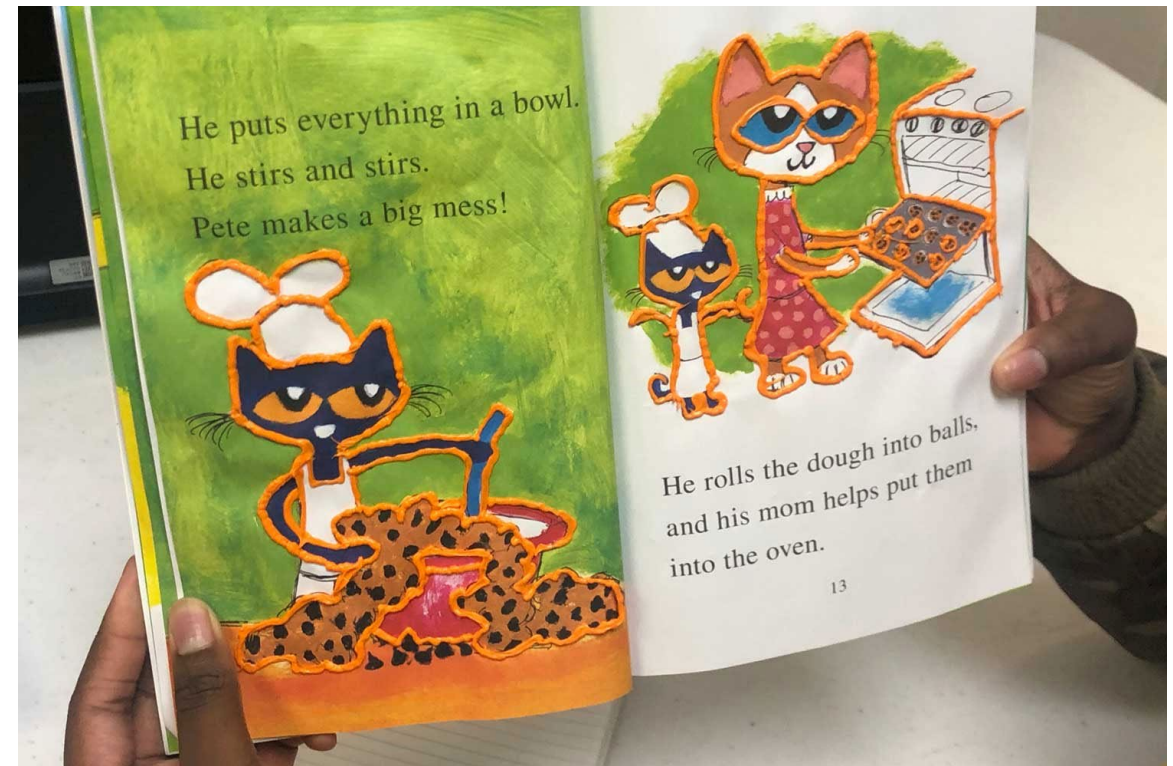


Velcro touching slate
– Wollfaden auf
Klettverschluss

[Gupta07]

Zeichensysteme | Analoge Werkzeuge

- 3D Painting – Stifte, die Filamente (ähnlich eines 3D-Druckers) erhitzen
- Modellierung einfacher 2,5D Grafiken ohne großes Geschick möglich



Zeichensysteme | Analoge Werkzeuge

- Zeichenfolie und -brett → Zeichnen mit spitzem Stift führt zu Erhebungen
- direktes taktilen Feedback



In Tact Folienzeichenbrett

Quelle: <http://www.bhvd.de/produkte/intact/intact-folien/index.html>

TactiPad von Brailletec

- Einspannen der Folie auf Zeichenbrett
- ermöglicht selbstständige Erstellung mathematischer Zeichnungen durch Ritzen auf Folie
- Ablesen von Werten durch Messindikatoren am Rand



Zeichnen durch Programmieren

Braille-Buchstaben werden zu Bildpunkten

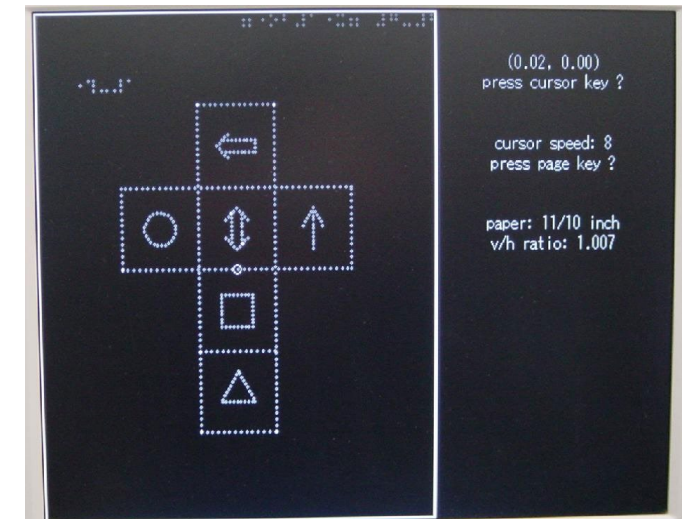
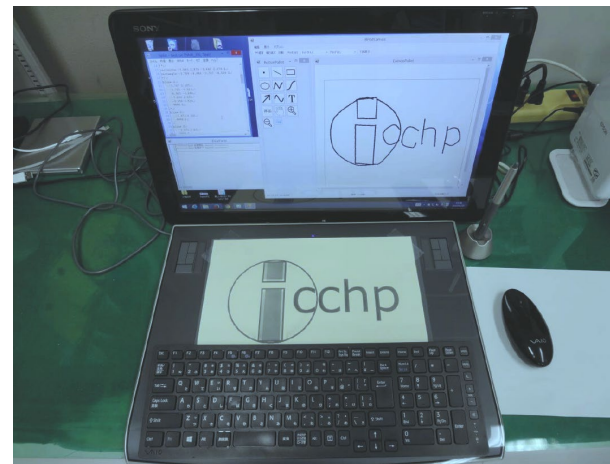
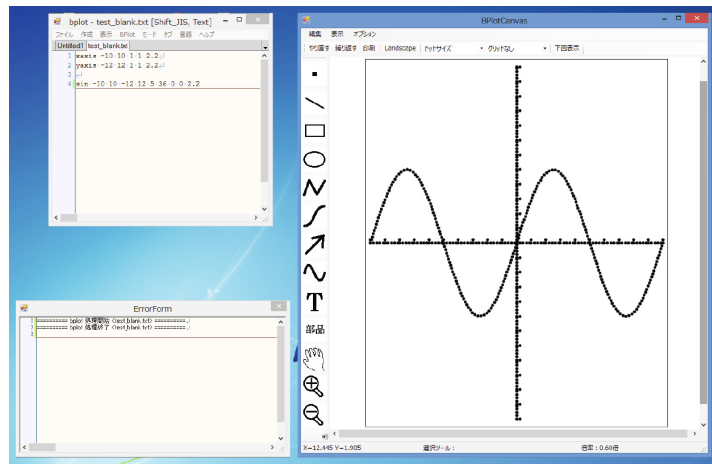
	<pre>{ . ' } _ f " 7 ' } (</pre>
	<pre>) { . ' } % % % () % % % % % { . ' } % % % % % % % % () % % % % % % % % % % % { . " ccccccccccccccccc _ ? _ e . _ " ? _ e . _ " ? " cccccccca</pre>

Elementary FigureBraille

Zeichnen durch Programmieren

BPLOT (mehrere Generationen)

- Erzeugung von Ausdrucken für Brailledrucker mittels *plotter control language*
 - keine Überprüfung während des Zeichnens möglich
- Abpausen von taktilen Objekten über Touchpad



BPLOT3 mit Touch-Tablet Eingabe + taktilen Overlay
[FFO+14]

Zeichnen durch Programmieren

IC2D (Integrated Communication 2 Draw)

- Navigation und Malen auf dem Bildschirm mit Hilfe von Sprachausgabe und Musik
- Punktauswahl durch rekursives Schema basierend auf 3 x 3 Gitter (Telefontasten) → Bedienung durch Tasten 1-9 bzw. Pfeilnavigation

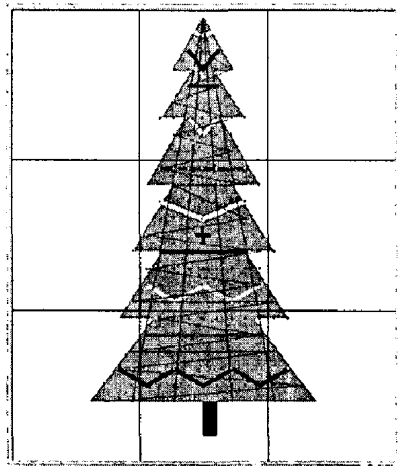
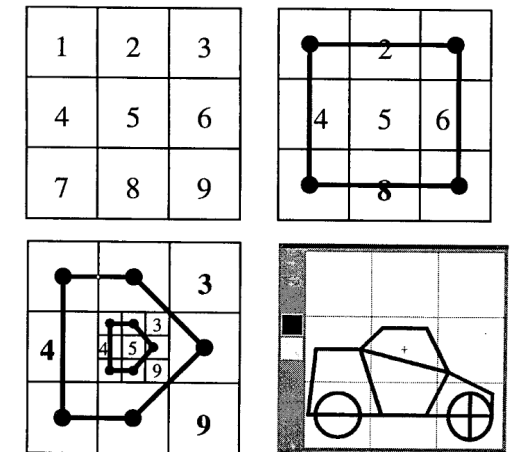
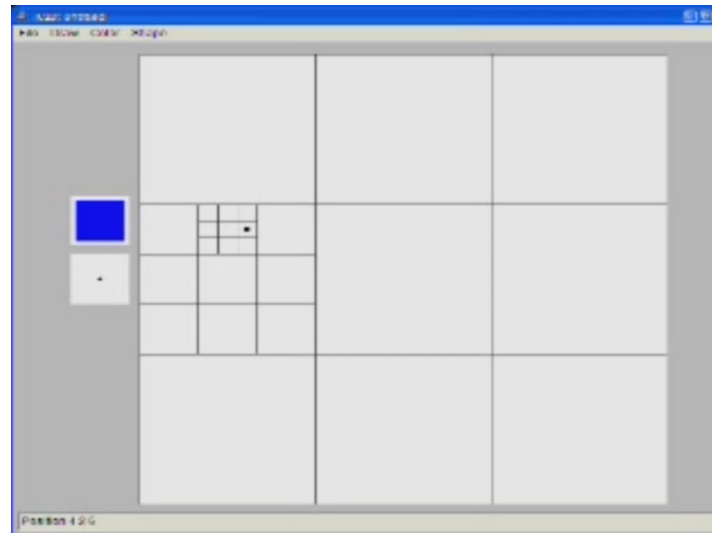


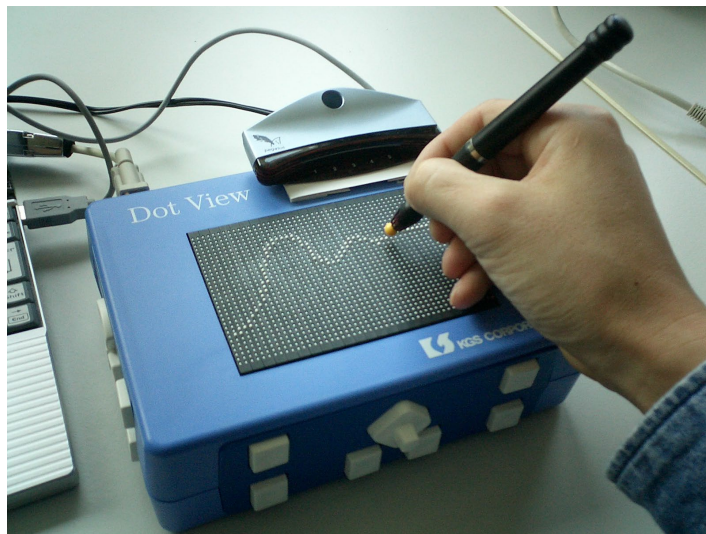
Figure 12. Drawing made by a totally blind IC2D user.



IC2D [KL99]

Zeichensysteme | Taktile Displays

- erlauben Freihandzeichnen
- Zugang zu Mathematik
- Eingabefläche = Ausgabefläche (Midas Touch)



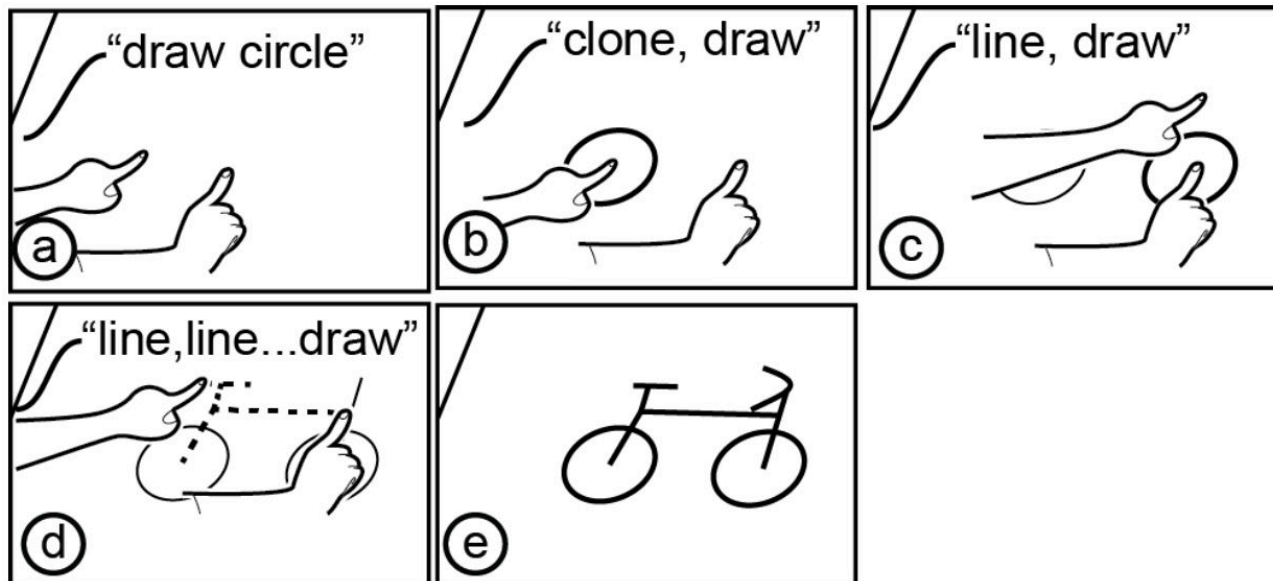
Mimizu mit Dot View
Display



Math Class auf GWP
[Albert06]

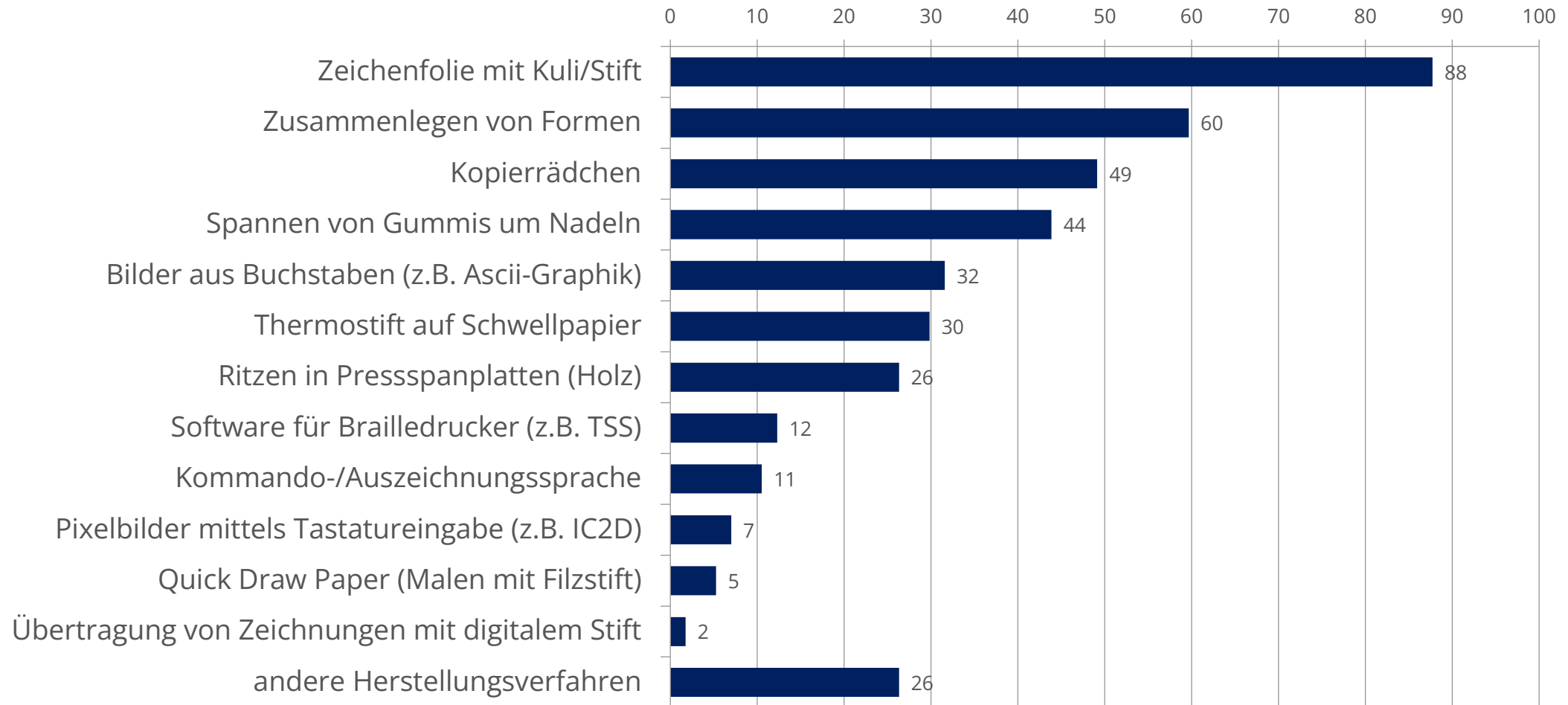
Line Space

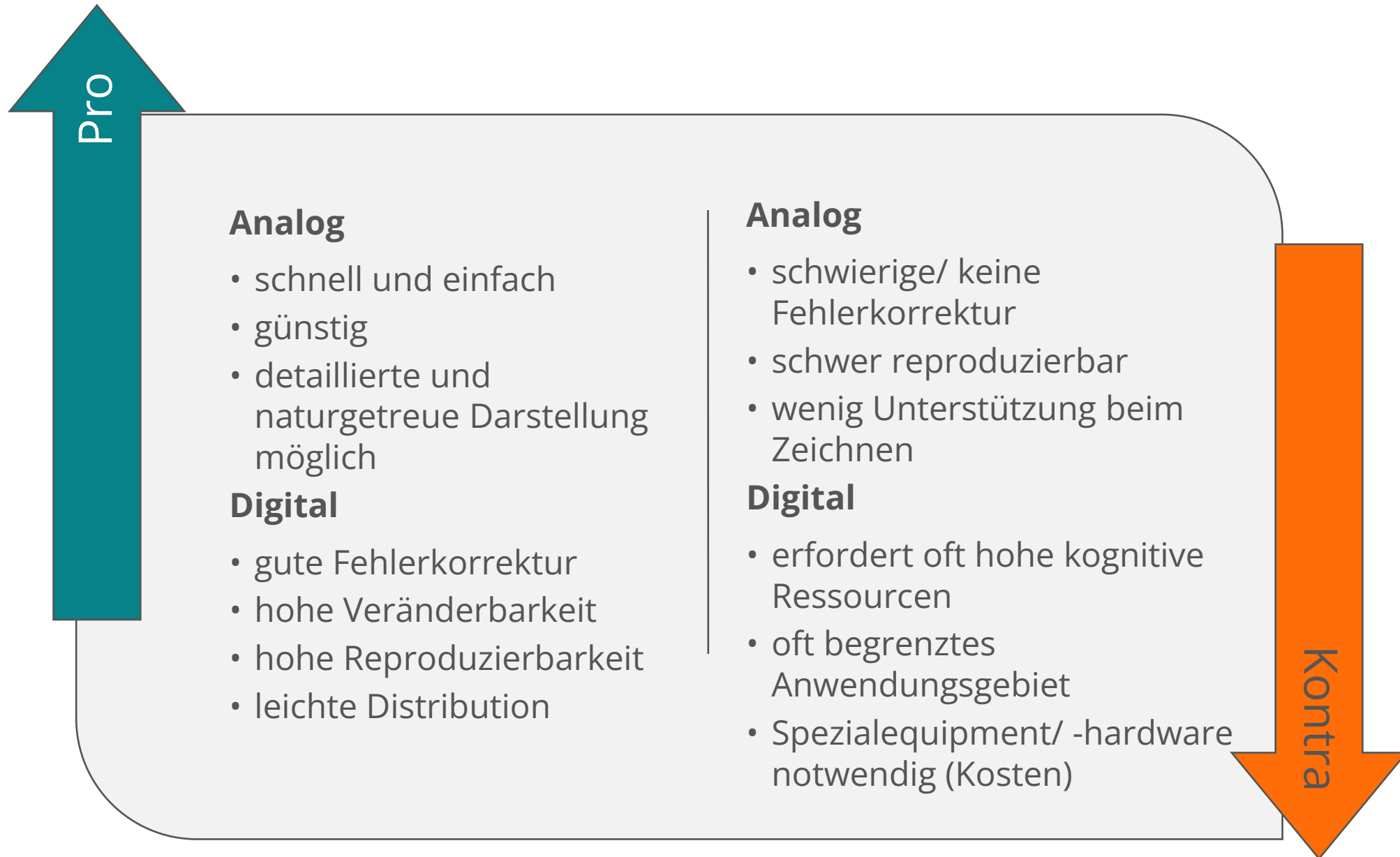
- Erkundung großflächiger taktiler Inhalte
- Steuerung eines 3D-Druckers mit Gesten oder Sprache
- ermöglicht direkte Interaktion



Quelle: <https://3dprint.com/118793/3d-printed-linespace-tablet/>

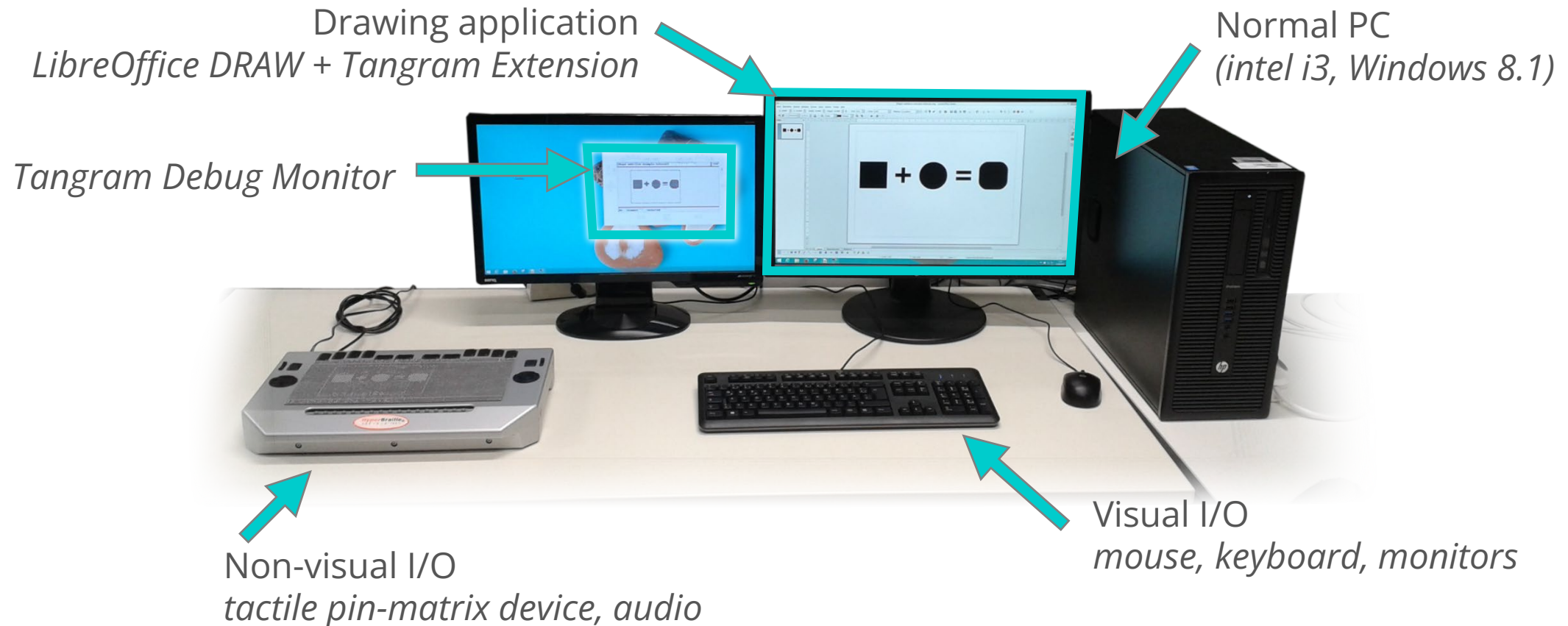
Methoden der selbstständigen Erstellung taktiler Grafiken (Angaben in %)



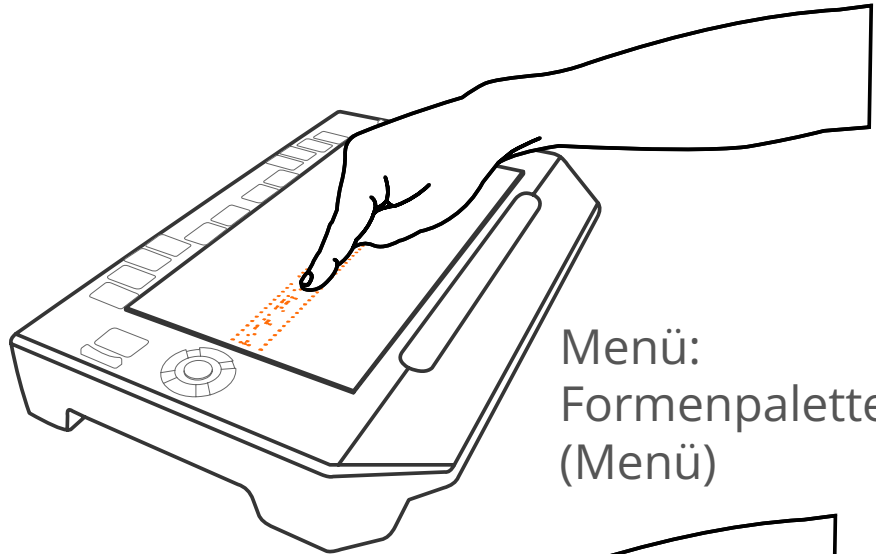


TangramWorkstation

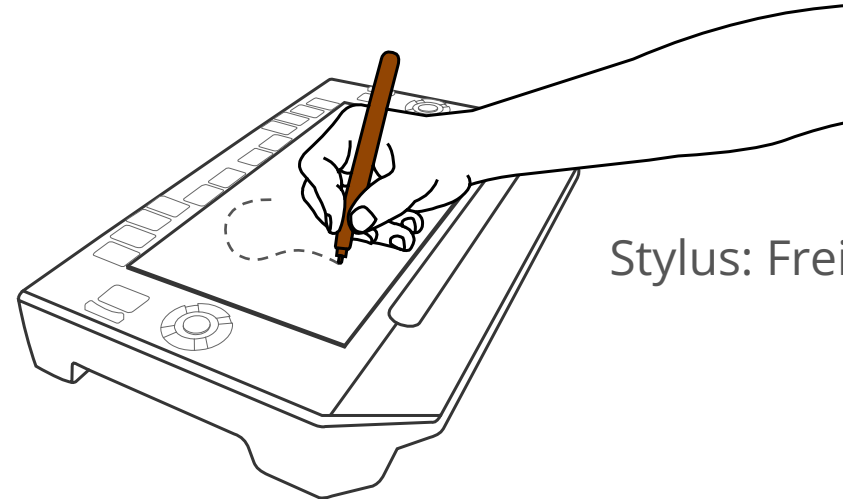
Einbezug der Zielgruppe in Grafikerstellung → Kollaborative Grafikerstellung mit blinden und sehenden Lektor:innen



TangramWorkstation



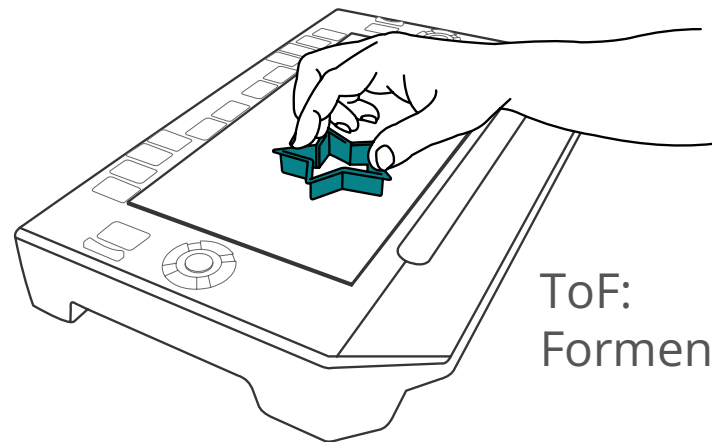
Menü:
Formenpalette
(Menü)



Stylus: Freihandzeichnen



Gesten:
Formenpalette



ToF:
Formensilhouetten

TangramWorkstation



Video auf Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=hPOjj8PMtII>



AHEAD (Audio-Haptic drawing Editor and Explorer for Education)

- Force-Feedback-System → Feedback durch Kraftrückkopplung
- Führung durch Mausbewegung (Abzugskraft bringt Phantom-Stift zum Mauscursor)
- Erkundungsmodus (haptisches Bild als positives oder negatives Relief, Berührung zur Auswahl und Audioausgabe)
- Editiermodus zum Zeichnen und zur Manipulation vorhandener Objekte



[MRE07]

The background of the slide features a faint, light gray grid pattern. Scattered across the grid are several small, dark circular markers, some of which are slightly blurred, suggesting a focus on accessibility and data visualization.

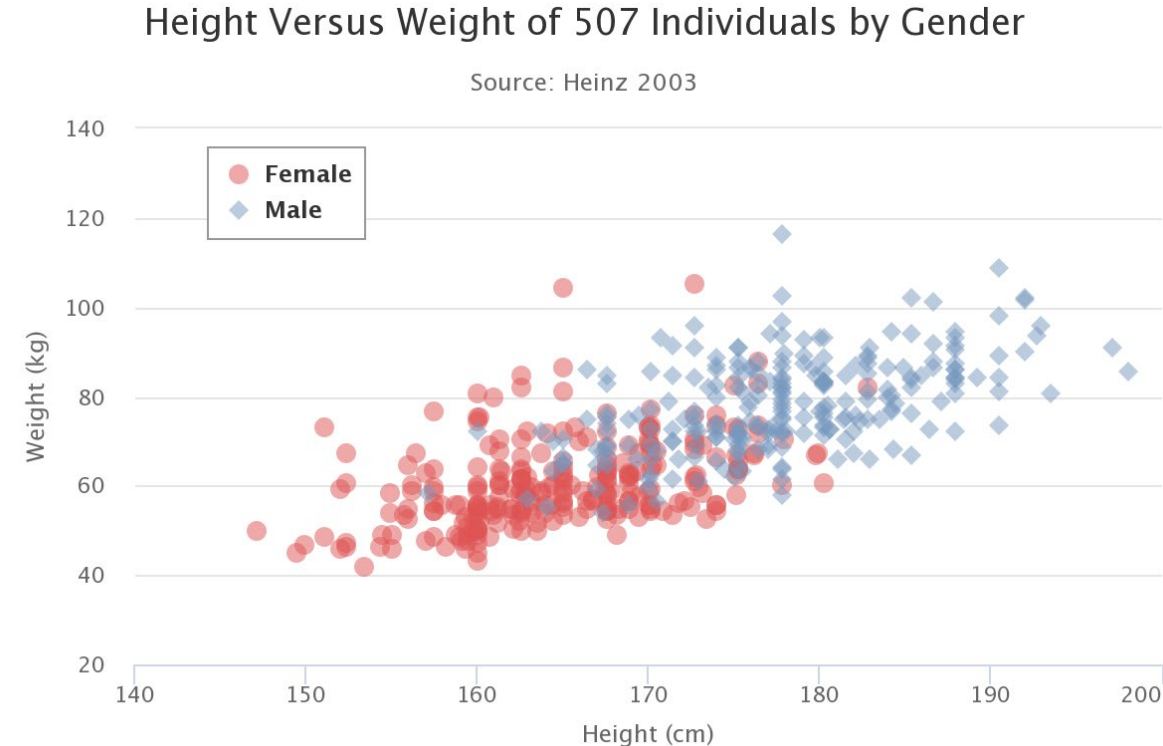
Zugängliche Grafiken für Menschen mit Beeinträchtigungen

Anwendungsbeispiel:
Diagramme & Karten

Zugängliche Grafiken

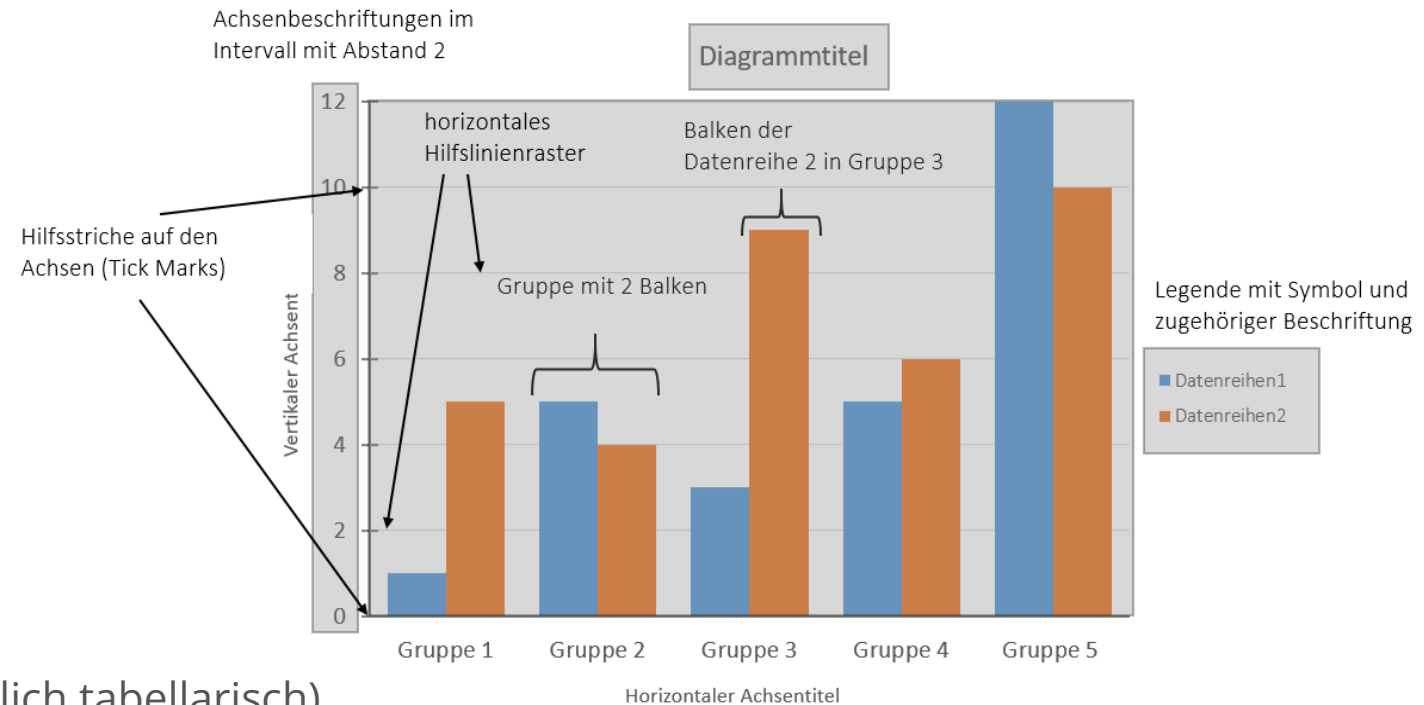
Anwendungsbeispiel:
Beschreibungen von Diagrammen

- 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



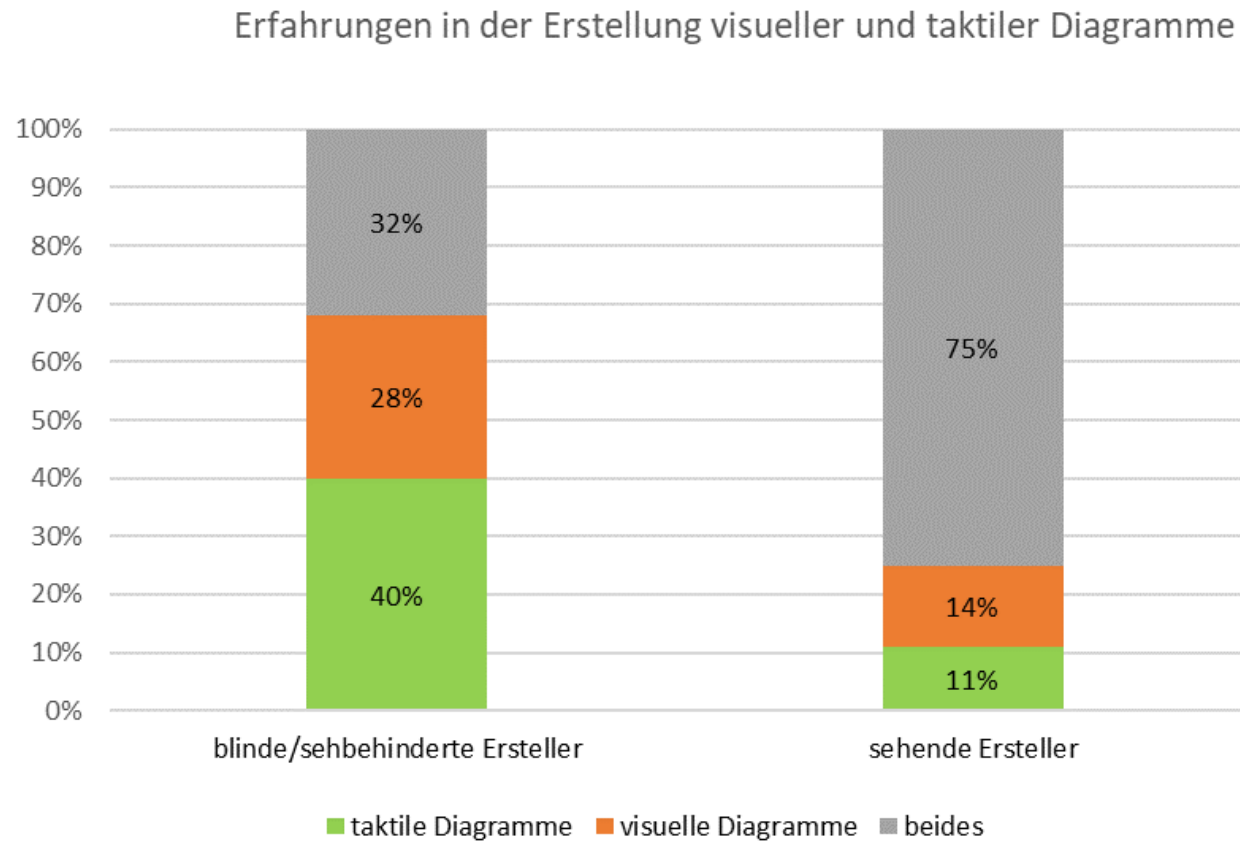
Highcharts.com
<http://jsfiddle.net/gh/get/library/pure/highcharts/highcharts/tree/master/samples/highcharts/demo/scatter/>

- 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?

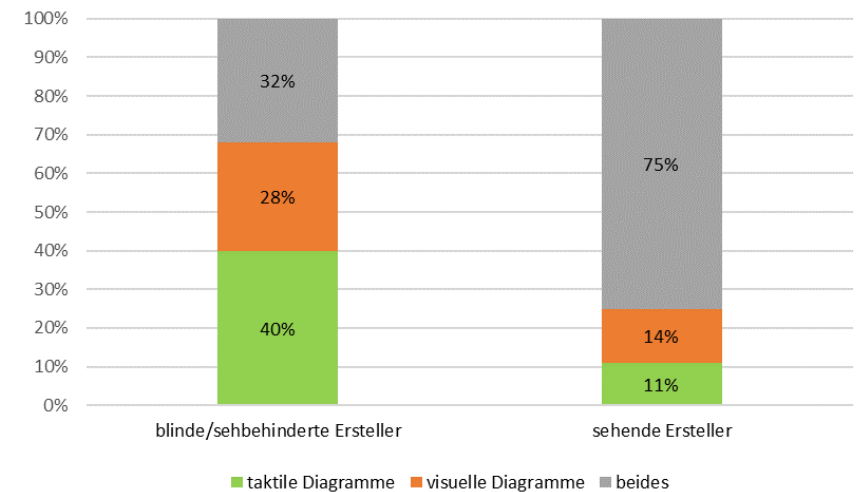


Beschreibungen von Diagrammen

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

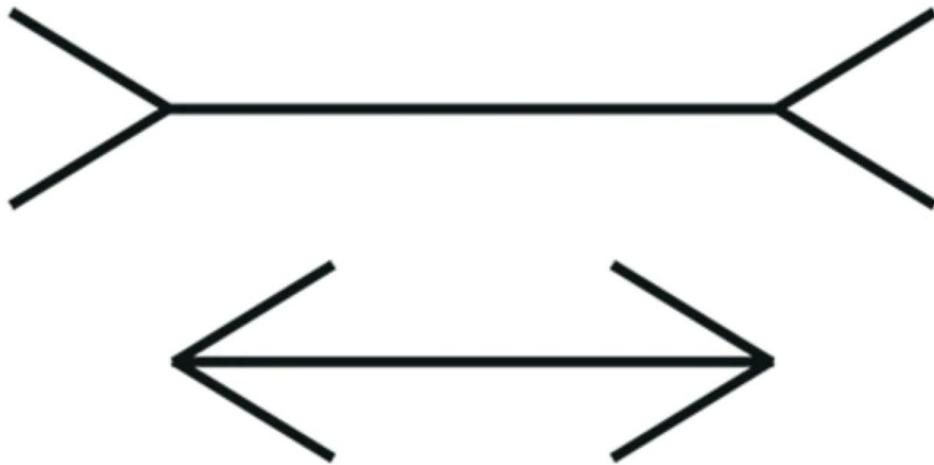


Beachte: Der Kontext ist entscheidend!

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

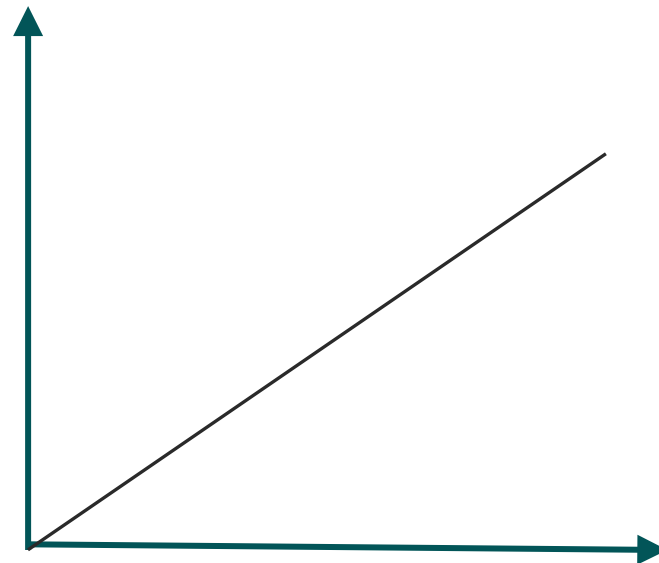
Konkrete Datenwerte und visuelle Merkmale integrieren

- 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



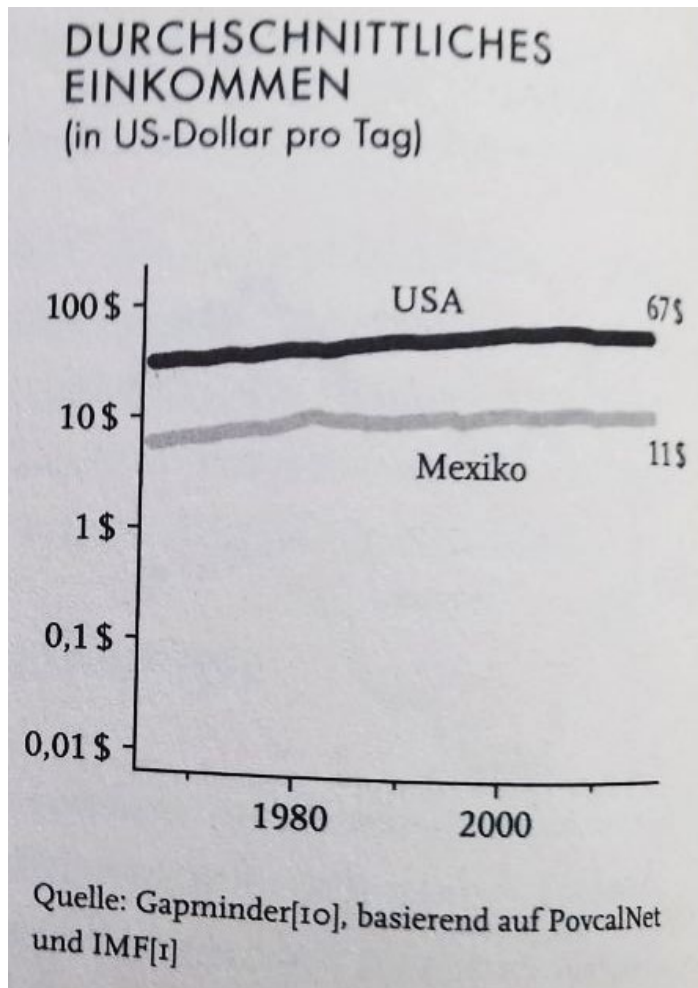
Wie verläuft die Kurve?

Steil? Sehr steil? Stark ansteigend?

Eindeutig: von links nach rechts steigend, ggf. Winkel

Beschreibungen von Diagrammen | Daten

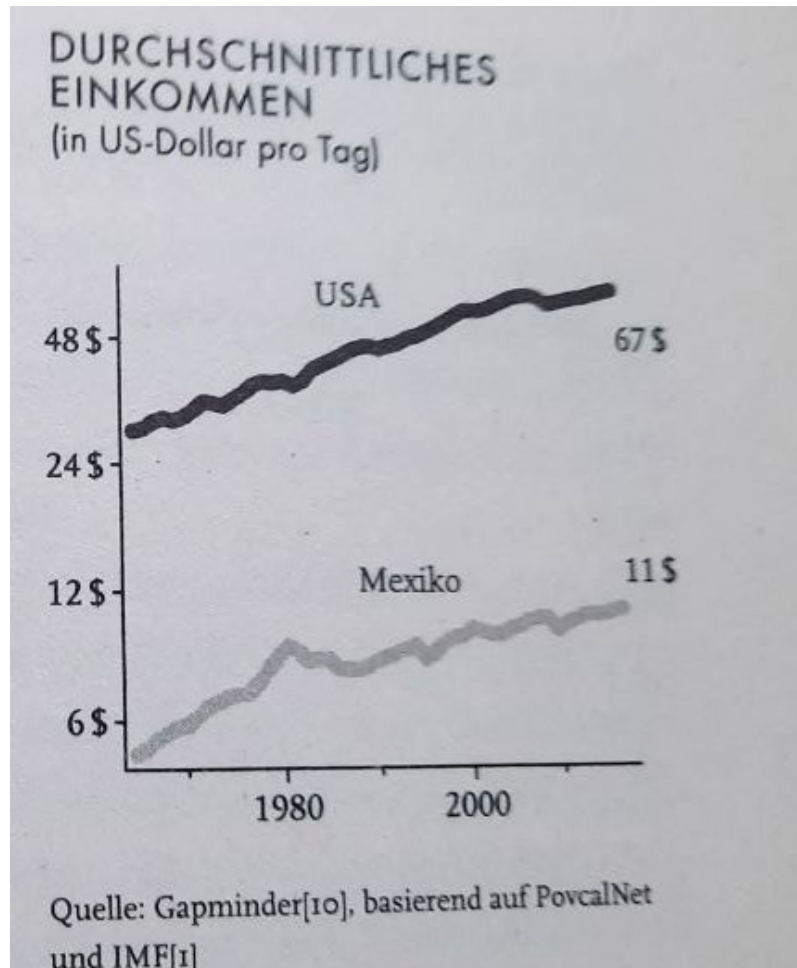
- Kurvenverläufe, Min/Max Werte oder Anzahl und Verteilung der Datenpunkte kann inkludiert werden – ACHTUNG: **Keine Interpretation** der Daten!



Wie würden Sie diese Kurve bzw. Diagramminhalte beschreiben?

Beschreibungen von Diagrammen | Daten

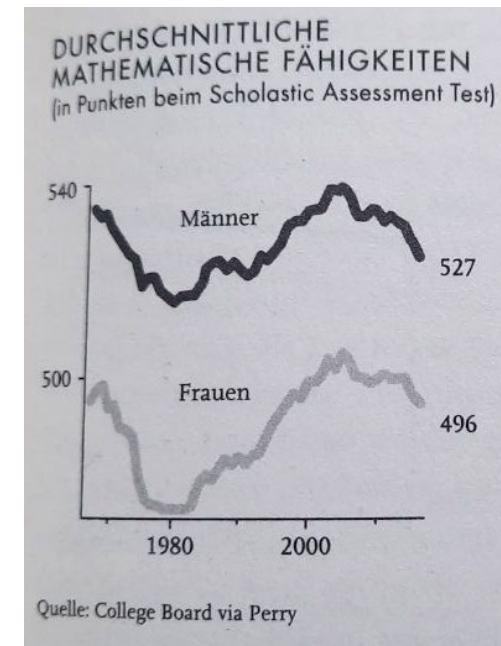
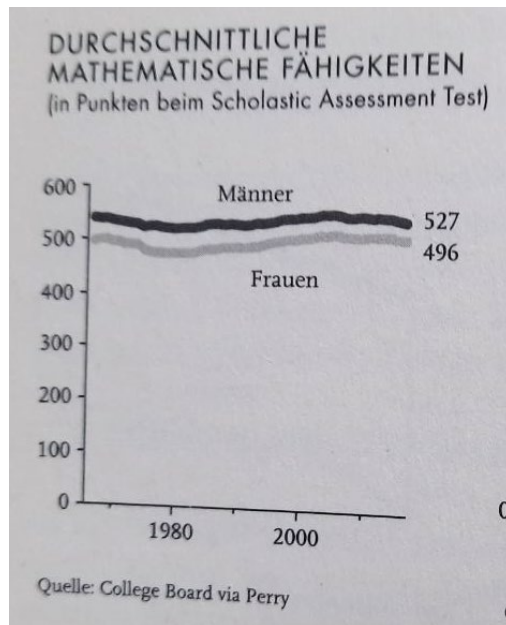
- Kurvenverläufe, Min/Max Werte oder Anzahl und Verteilung der Datenpunkte kann inkludiert werden – ACHTUNG: **Keine Interpretation** der Daten!



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

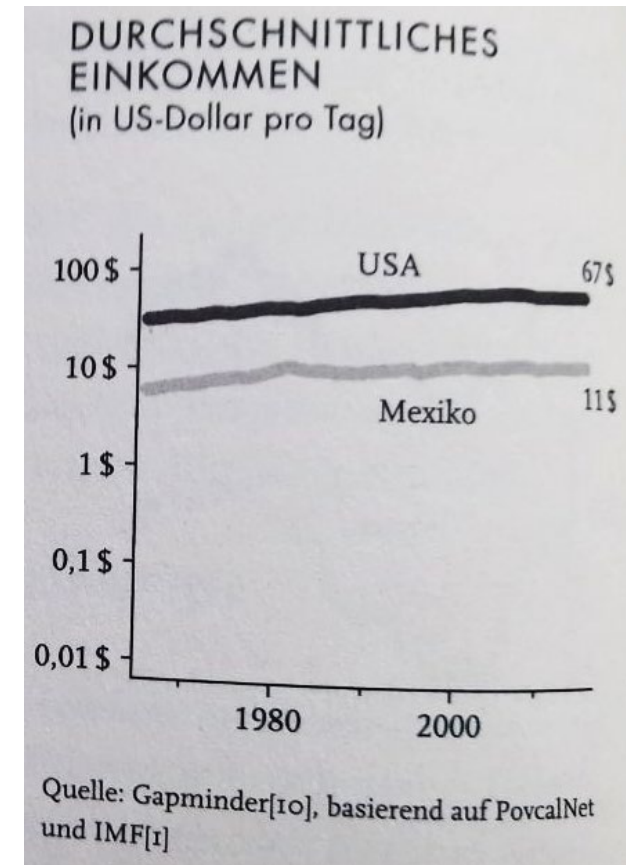
Aussagen über Diagramminhalte und Bedeutung der Daten

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

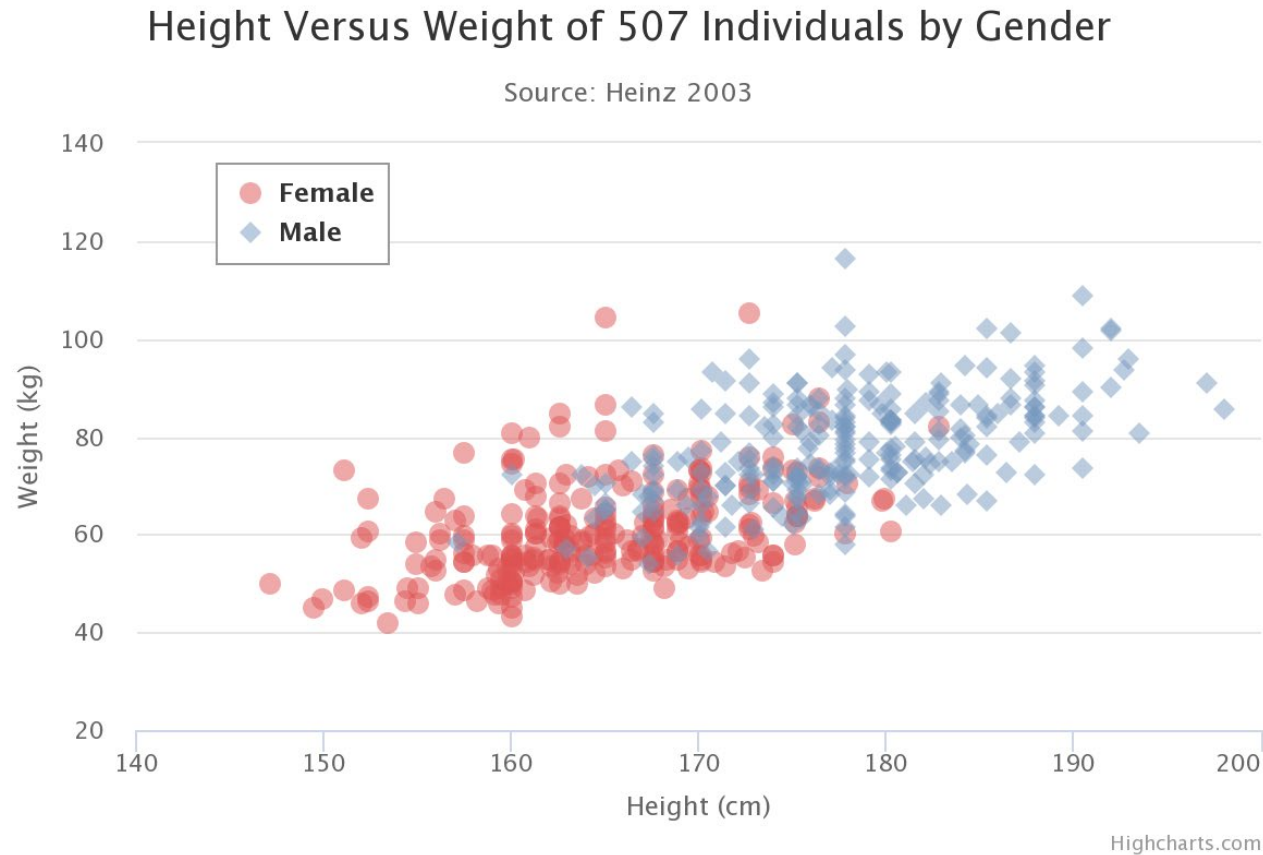
Besser: Verlauf neutral und ggf. abschnittsweise beschreiben - „steigend“, „fallend“, „stagnierend“; Hoch- und Tiefpunkte nennen

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)...“



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



Punktdiagramm mit Trendlinie

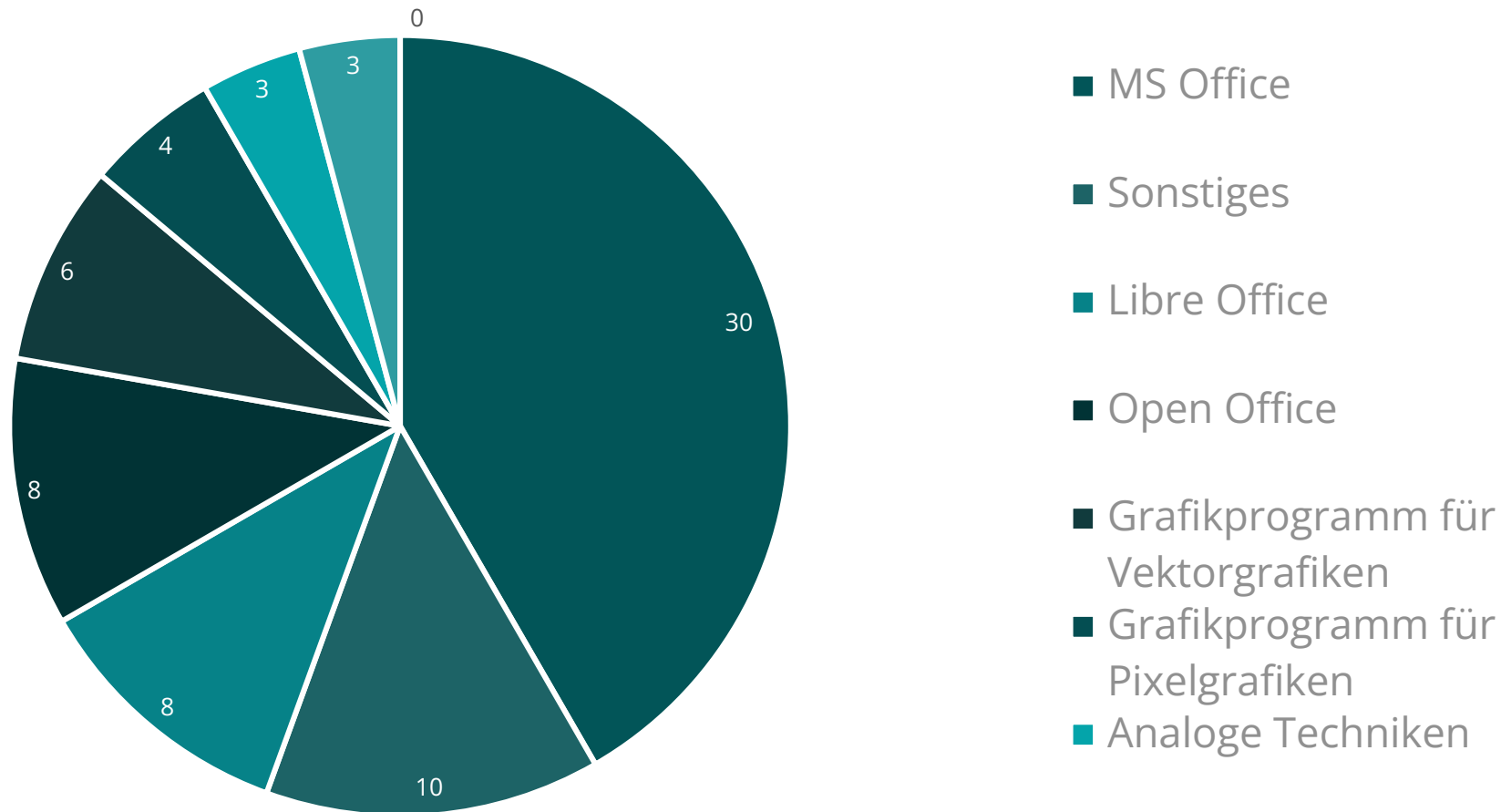
Quelle: Breuer, Timo ; Bodensteiner, Christoph ; Arens, Michael: Low-cost commodity depth sensor comparison and accuracy analysis. In: SPIE Security+Defence International Society for Optics and Photonics, 2014, S.92500G-92500G

Anforderungen und Ziele der automatischen Erstellung

- ✓ Selbständiger Zugang zu Diagrammen durch Menschen mit Sehbeeinträchtigungen
- ✓ Kontrolle selbst erstellter Diagramme ermöglichen
- ✓ äquivalenter Zugang zu Inhalten visuellen Diagramm
- ✓ Automatisierte Erstellung von Diagrammbeschreibungen für verschiedene Anwendungsfälle
- ✓ Integration in bestehenden Workflow
- ✓ Adaption und Individualisierung nach Bedürfnissen und Präferenzen

→ **Abbilden bekannter Konzepte und Workflows**

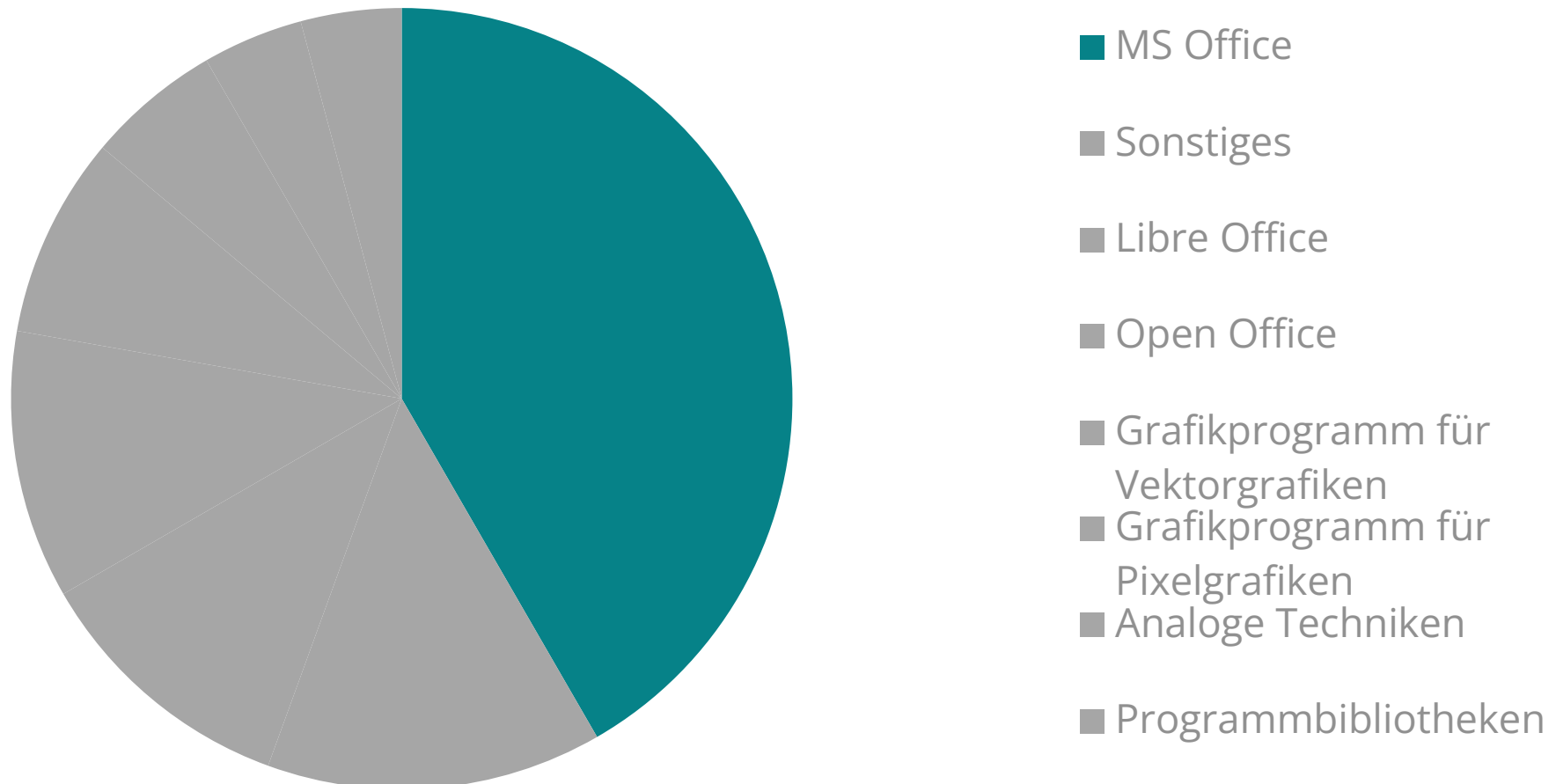
Software zur Erstellung visueller Diagramme



Onlinebefragung zur Nutzung und Erstellung taktile Diagramme unter 72 sehenden, blinden und sehbehinderten Menschen (N = 40) [EW17]

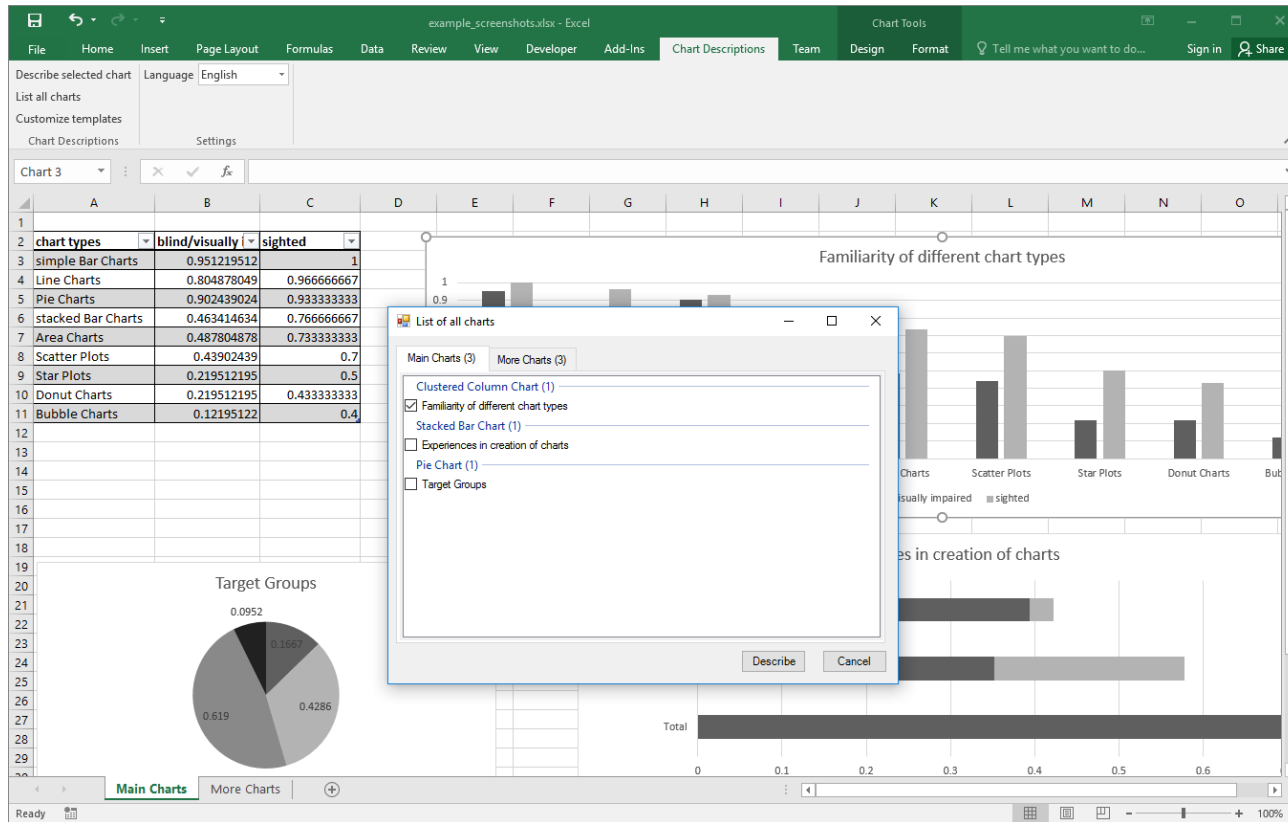
→ Abbilden bekannter Konzepte und Workflows

Software zur Erstellung visueller Diagramme



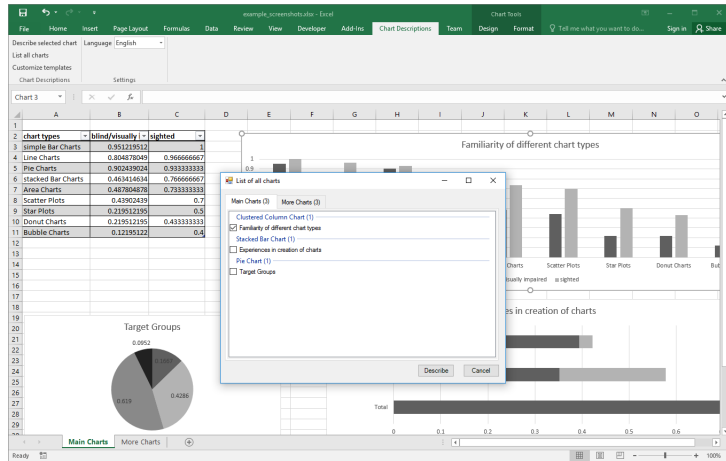
Onlinebefragung zur Nutzung und Erstellung tabellarischer Diagramme unter 72 Schülern, Lehrenden und Selbstlernenden
Menschen (N = 40) [EW17]

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



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.

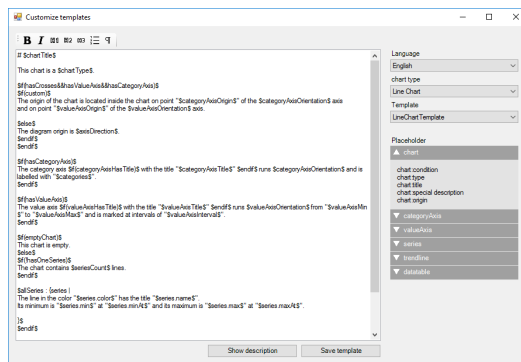
The columns in the color "DimGray" display the series with the title "blind/visually impaired". Its minimum is "0.12" at "Bubble Charts" and its maximum is "0.95" at "simple Bar Charts".

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".

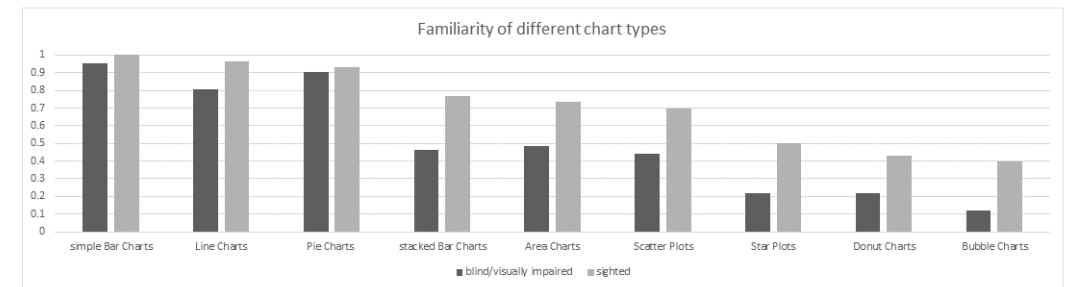
Table with values of the chart:

	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

1. Auswahl des Diagramms in Excel



2. Wahl und Anpassung der Templates



3. Ausgabe der Beschreibung in HTML

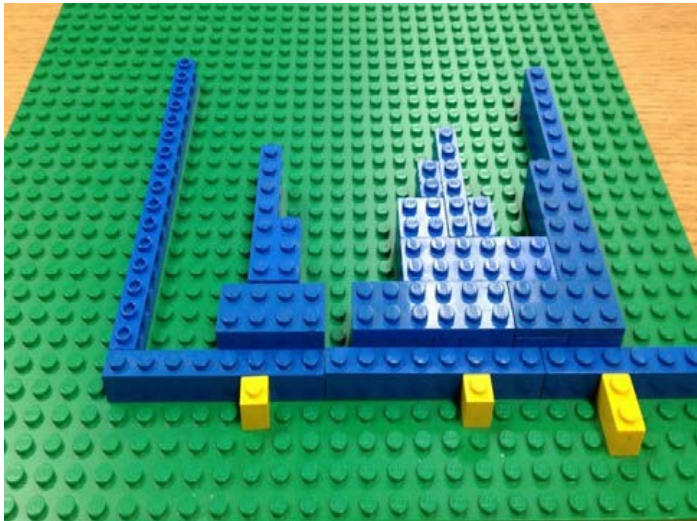
Zugängliche Grafiken

Anwendungsbeispiel: Taktile Diagramme

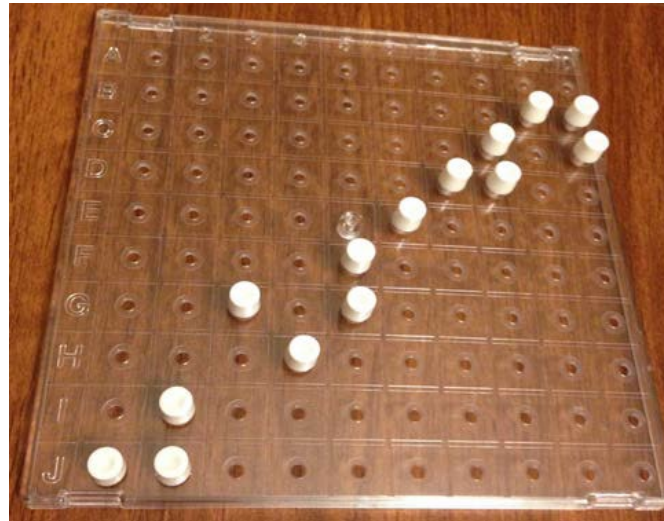
Taktile Diagramme | Einführung

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

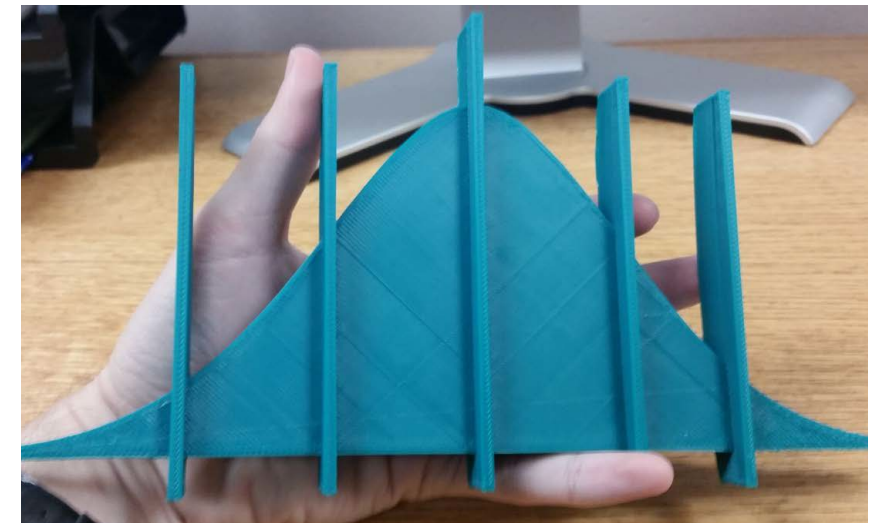
Beispiele:



Taktiler Diagramm mit Legosteinen



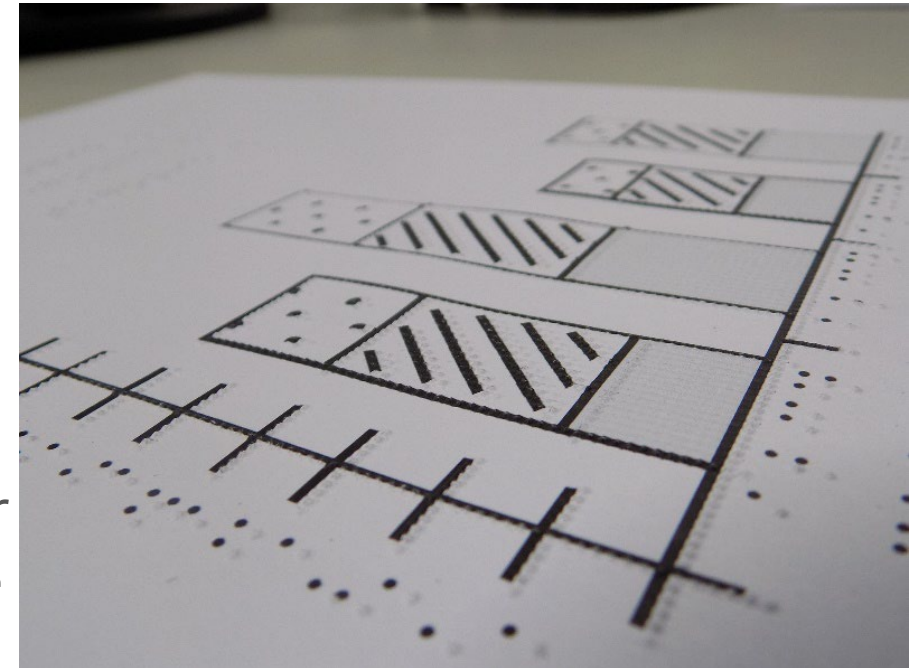
Scatterplot (Schiffe versenken)



3D-gedrucktes Liniendiagramm

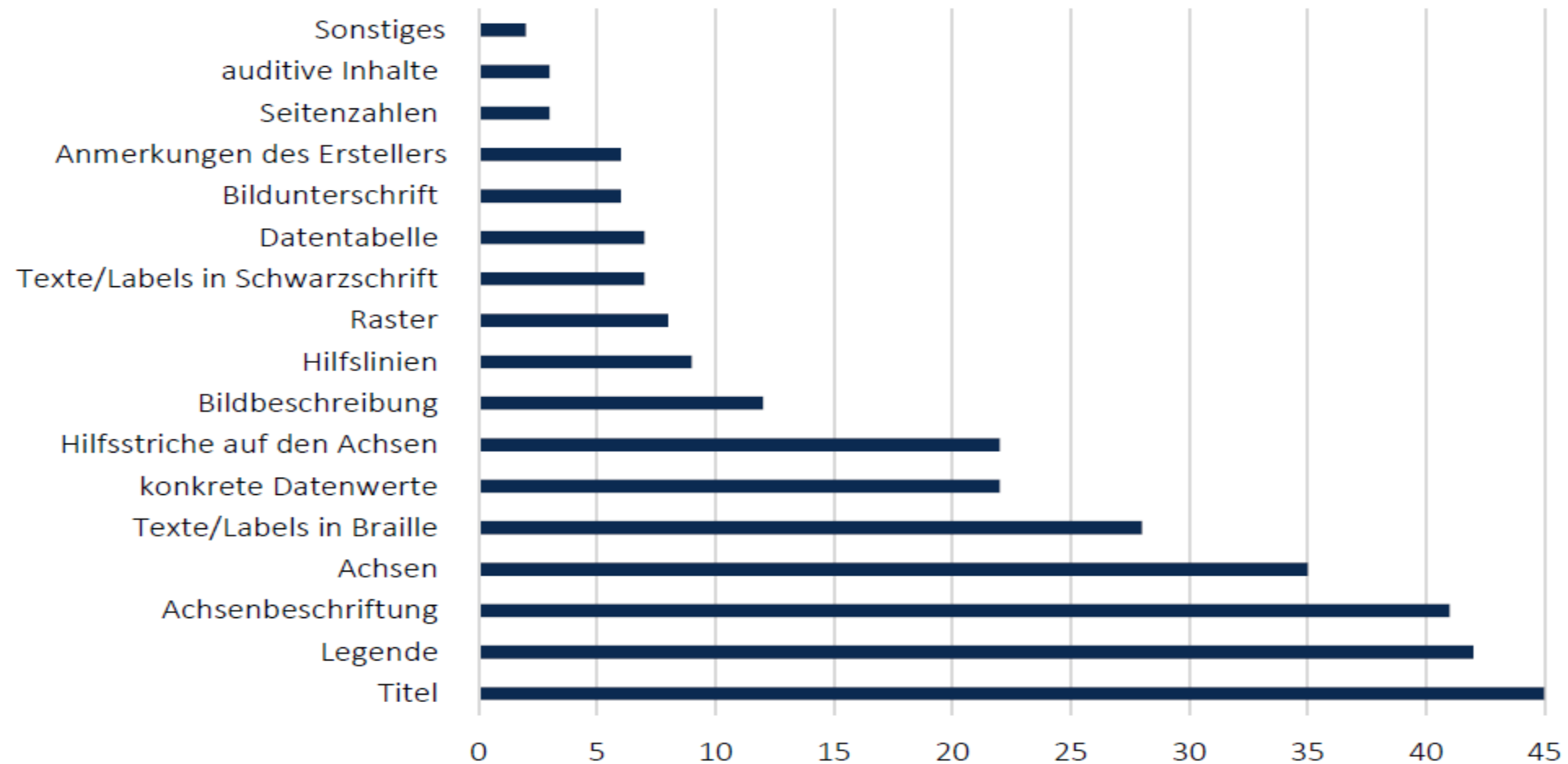
Taktile Diagramme | Einführung

- 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 taktile 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

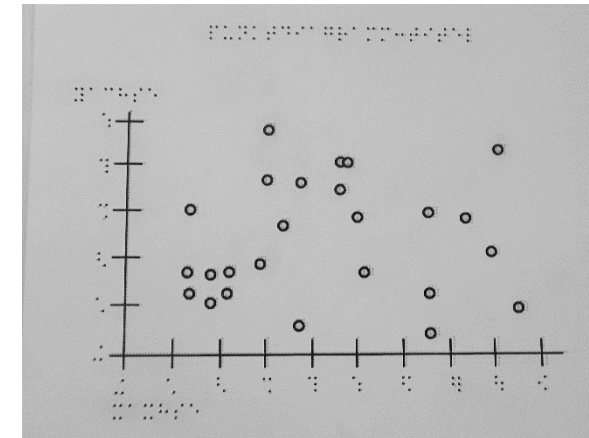
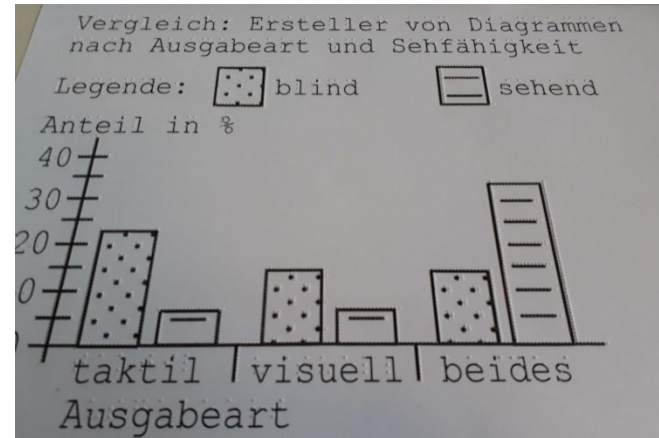
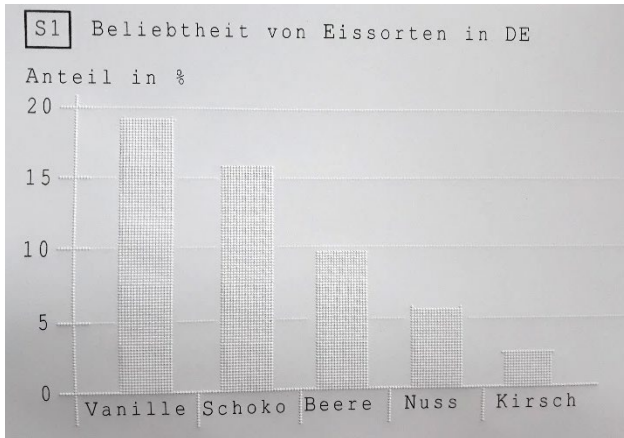
Raster

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

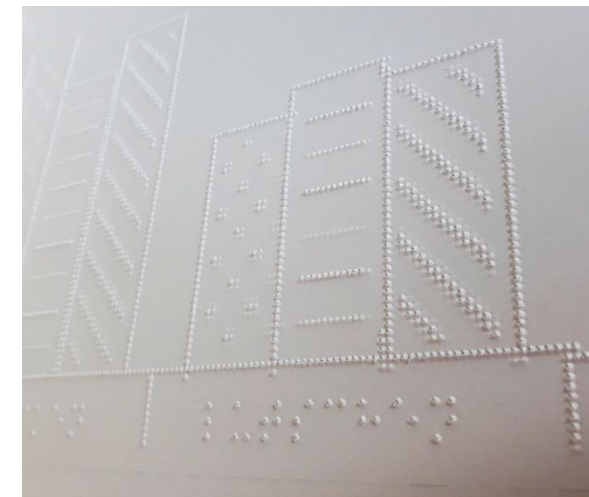
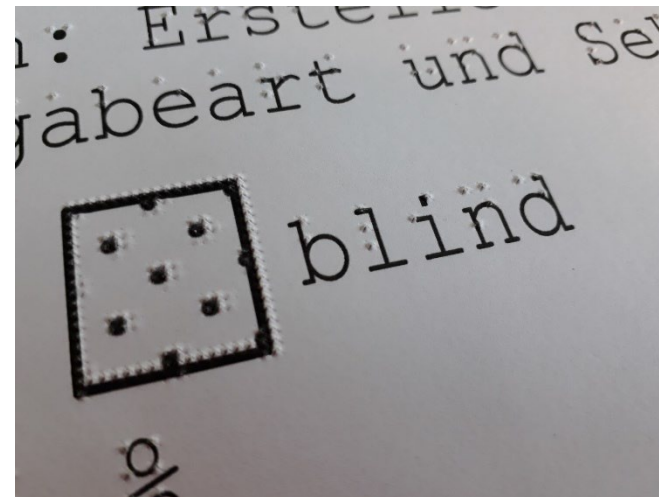
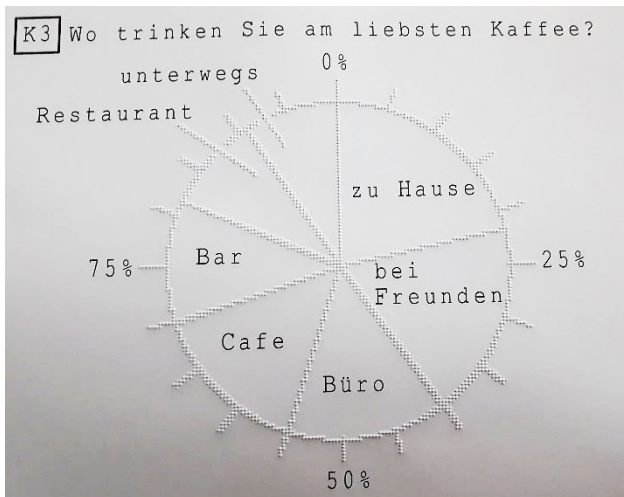
Beschriftungen

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

Taktile Diagramme | Beispiele (Prägedruck)



gedruckte und
geprägte
Brailleschrift



taktile Prägung +
Schwarzschrift (kein Braille)

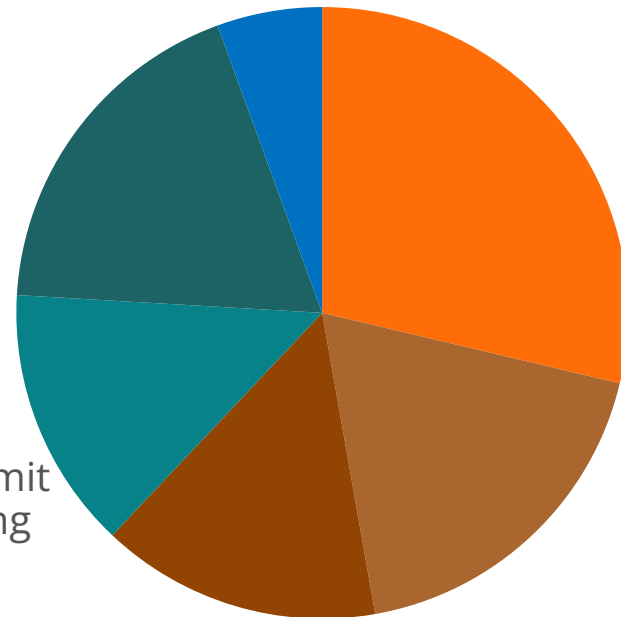
Prägung + Druck (Brailleschrift
und Schwarzschrift)

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

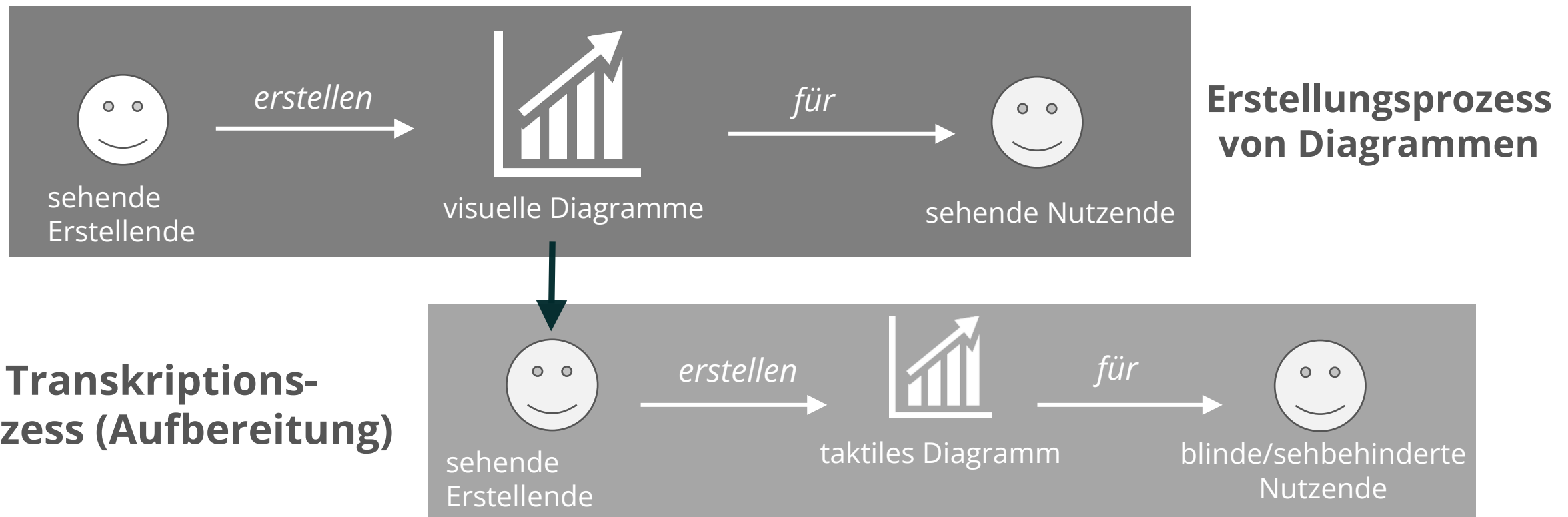


- Zugang zu grafischem Diagramm
- Diagrammkonzepte erlernen
- Datenanalyse
- Überblick über Daten gewinnen
- Werte ablesen
- Evaluation des Diagramms

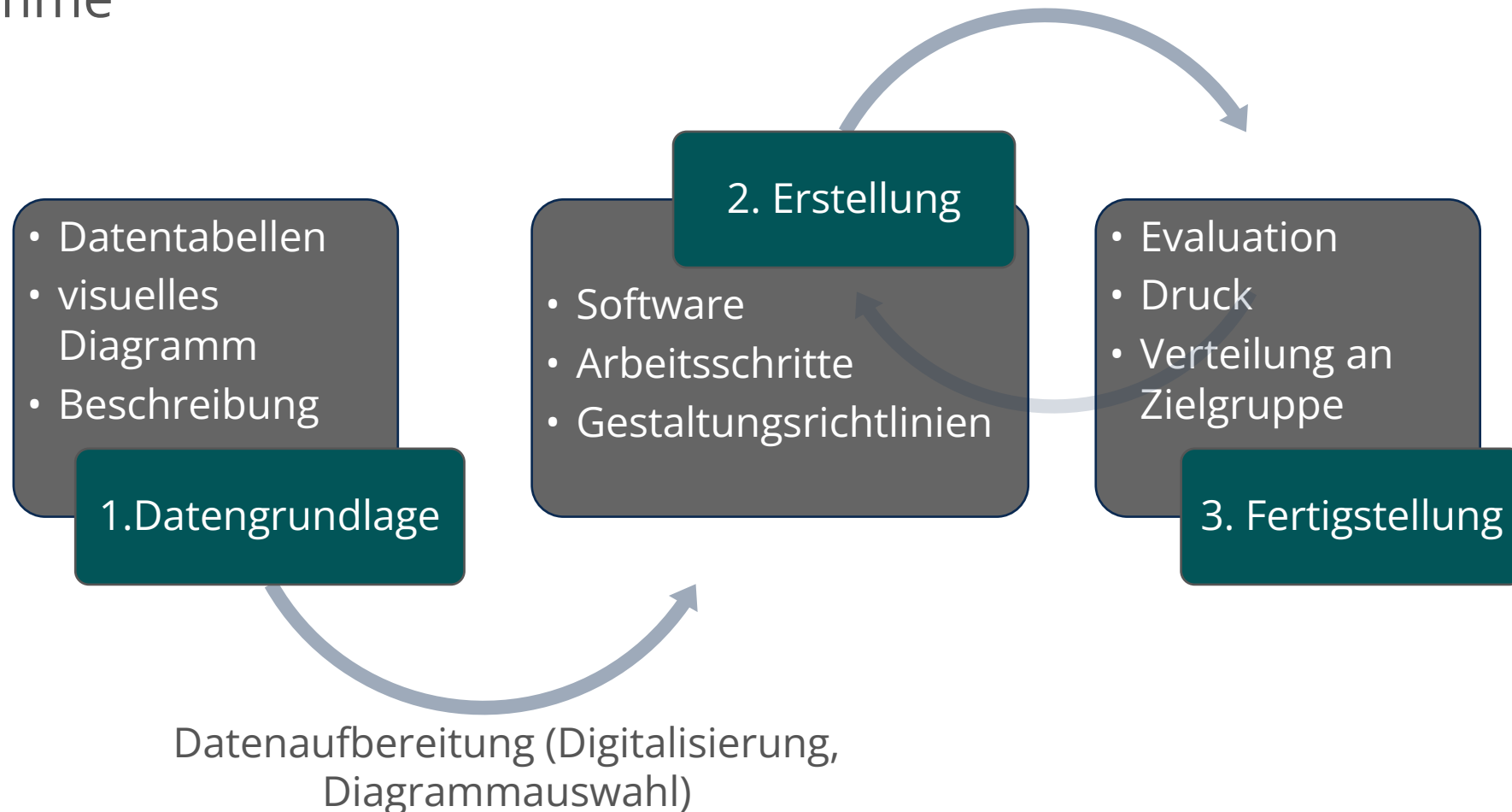
Befragung von 72 Nutzenden mit und ohne Sehbeeinträchtigung bzw. Blindheit zum Nutzungszweck taktiler Diagramme (N=55) [EW17]

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



Typische Schritte und Komponenten des Erstellungsprozesses taktiler Diagramme



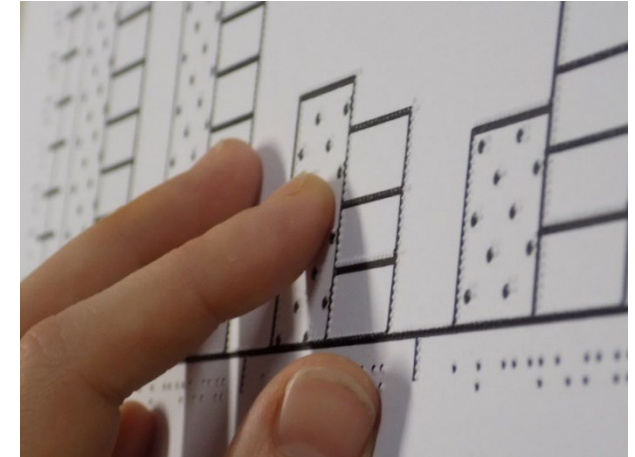
Taktile Diagramme | Eigenschaften

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

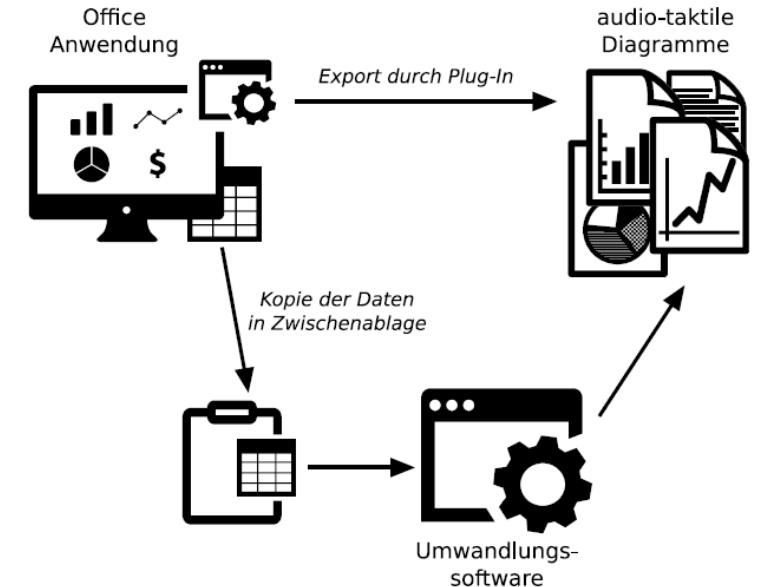


Taktile Diagramme | Automatisierte Erstellung

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

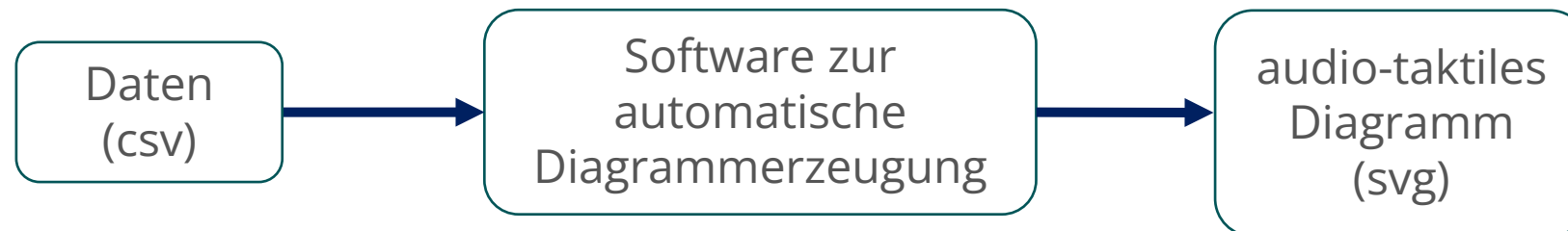
Anforderungen

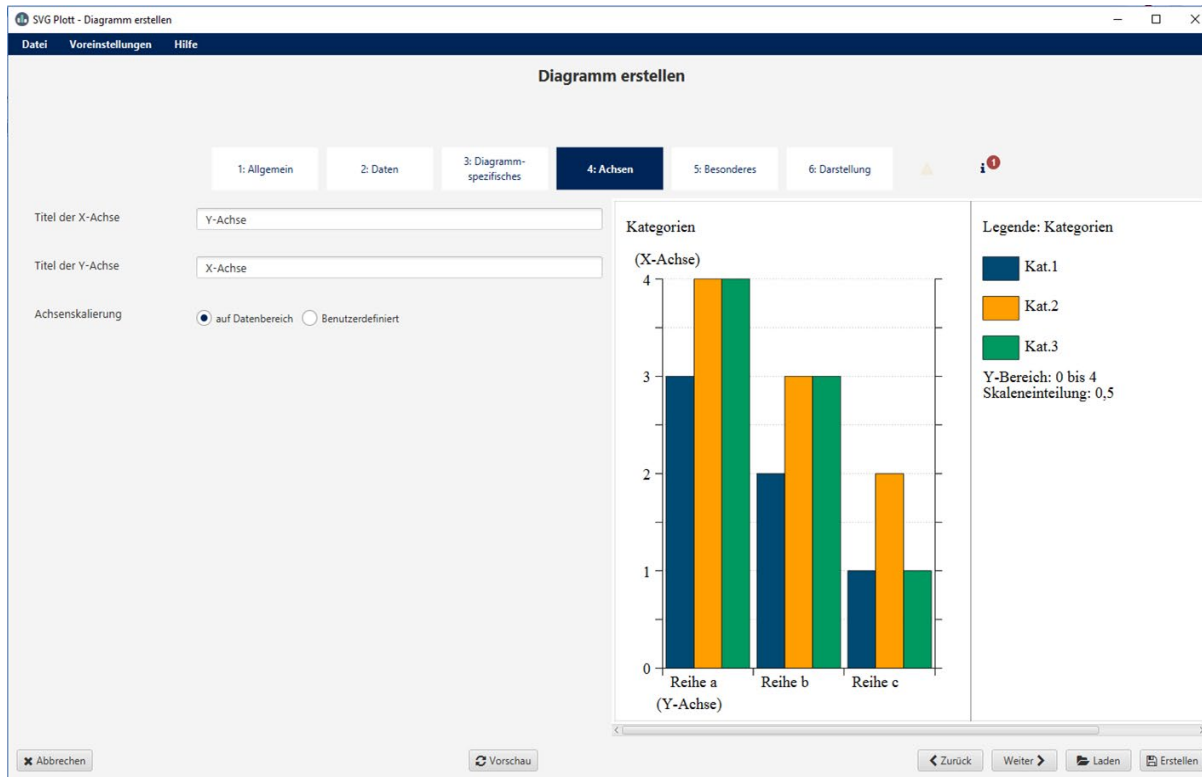
- Barrierefreie Software zur automatischen Erzeugung zugänglicher Diagramme
- Bereitstellung versch. Eingabeformate: z. B. Datentabellen, grafisches Diagramm, Mark Up
- geeignete Formate für zugängliche Grafiken: SVG, HTML
- verschiedene Diagrammtypen und individualisierbare Designs
- zugängliche Bildschirmdarstellung 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

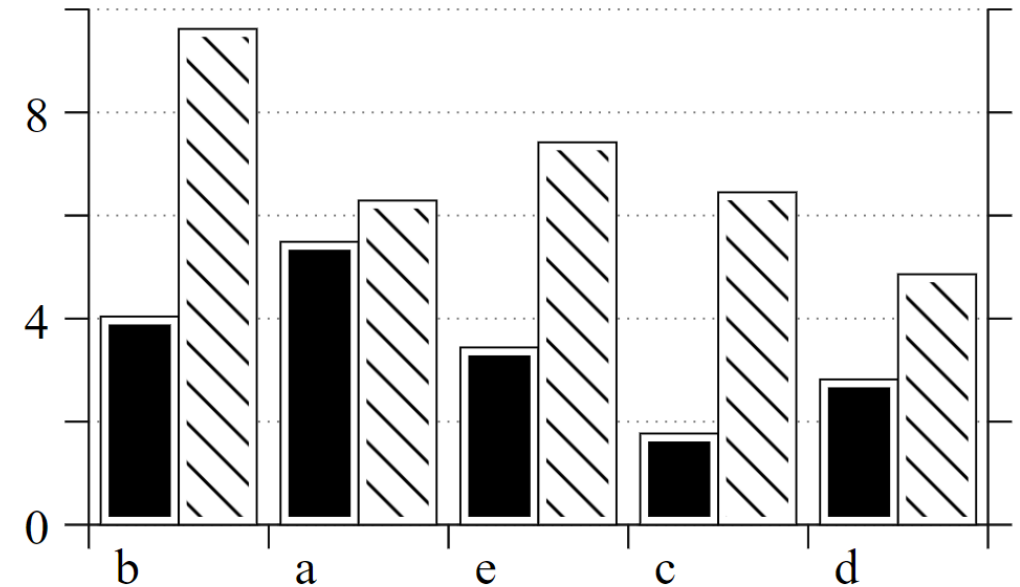
- **Prototyp** (in Java) für taktile Säulen-, Linien- und Punktdiagramme
- Eingabe: .csv-Dateien, kann nach Import editiert werden
- **Individualisierbarkeit**, z. B. Sortierung der Daten; Auswahl Linienstile, Symbole und Texturen; Titel und Wertebereich der Achse anpassbar
- **Presets** von nutzerdefinierten 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

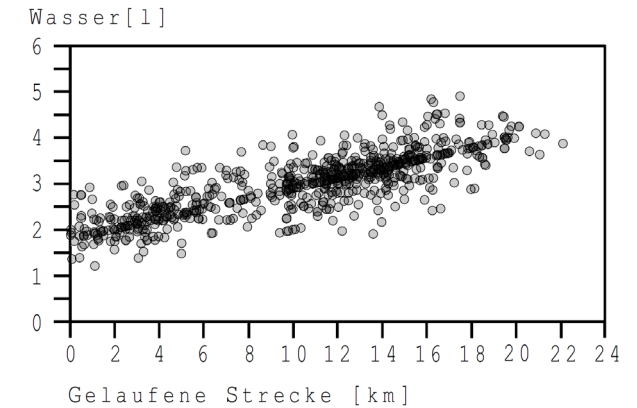


Beispiel eines mit SVGPlott erzeugten, gruppierten Säulendiagramms für den taktilen Prägedruck

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>

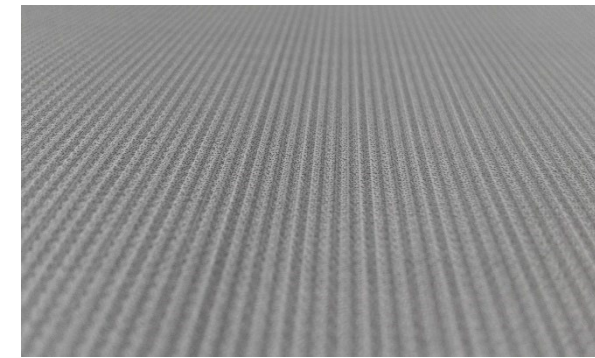
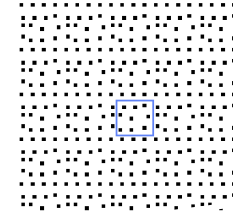


Audio-Taktile Diagramme | TipToi

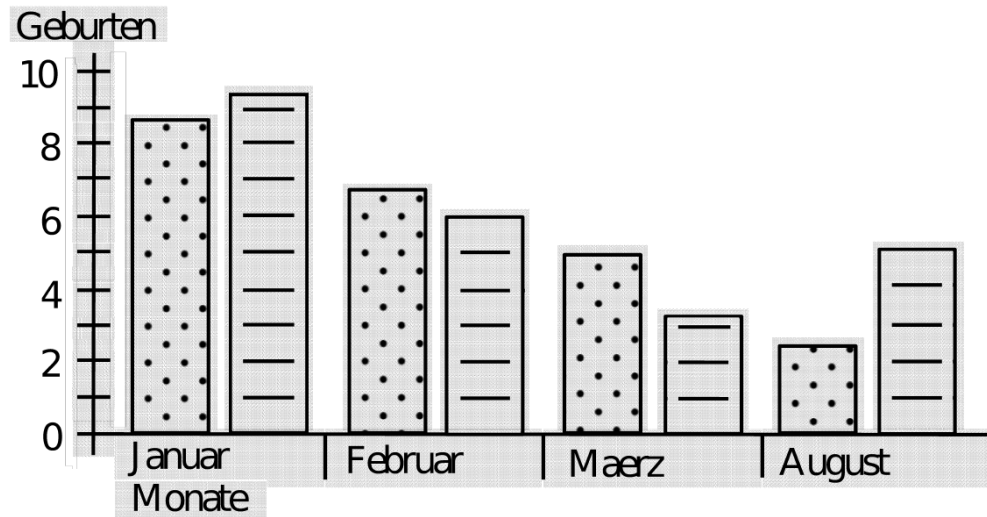
Beispiel Säulendiagramm

e a

ft at dt



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

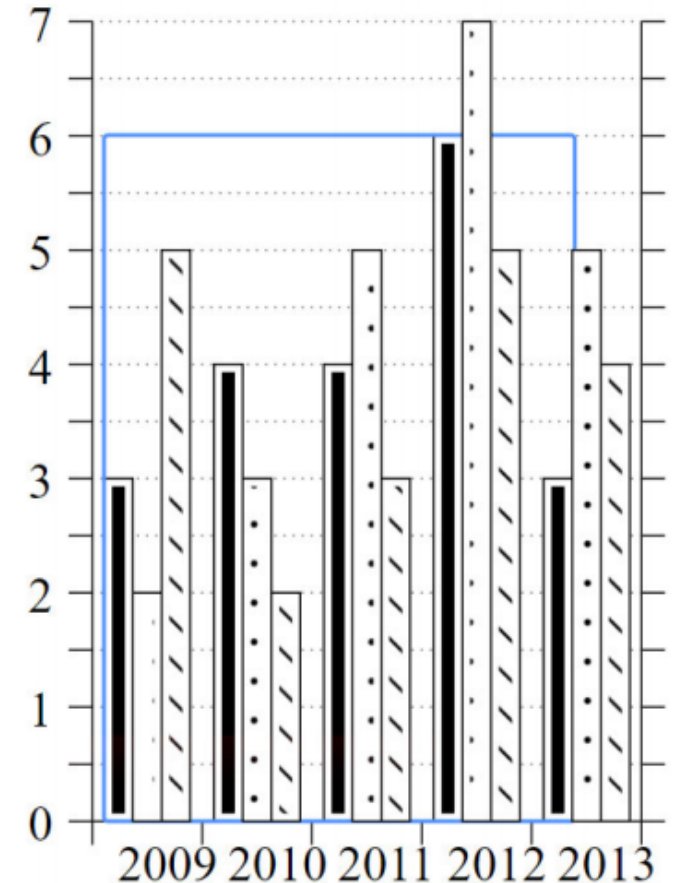
- arbeitet mit Ncode Punktmuster
- Bluetooth integriert
- offizielles SDK
- funktioniert mit Smartphone App

Audio-taktile Diagramme | Digitale Stifte Neo SmartPen



Auditive Zugängliche Diagramme in SVG

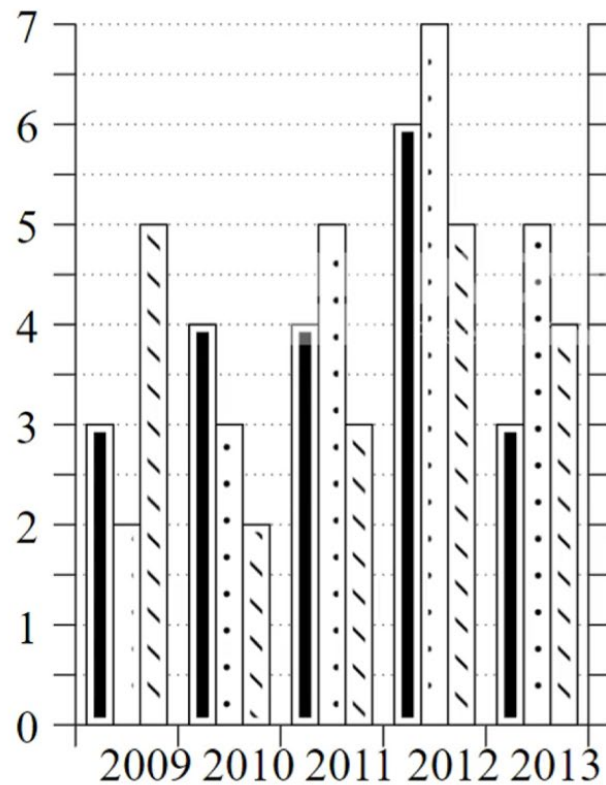
- **Idee:** Erstellung interaktiver Diagramme in SVG zur nicht-visuellen Exploration
- Erreichbarkeit aller Informationen mit Tastatur
- Zugänglichkeit der Informationen für den Screenreader
- Gruppierung von Inhalten zur effizienten Navigation
- Sonifikation der Daten, um generellen Trend darzustellen



Gruppiertes
Säulendiagramm mit
fokussierbaren Elementen

Zugängliche Diagramme in SVG

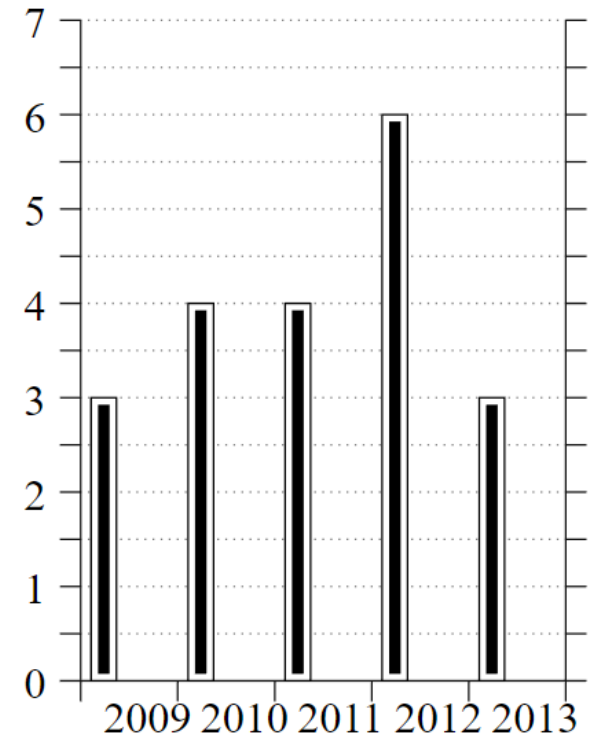
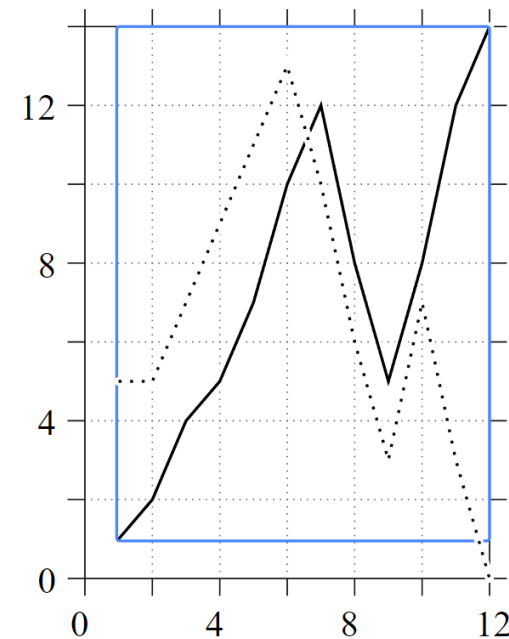
Beispiel: Alkoholkonsum Deutschland in Tonnen



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

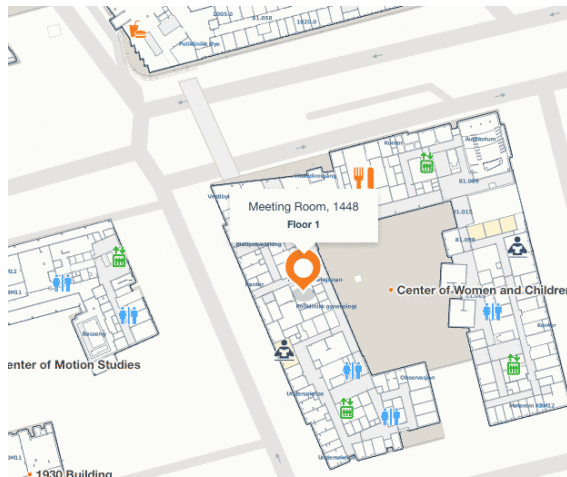
Taktile Diagramme

- 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



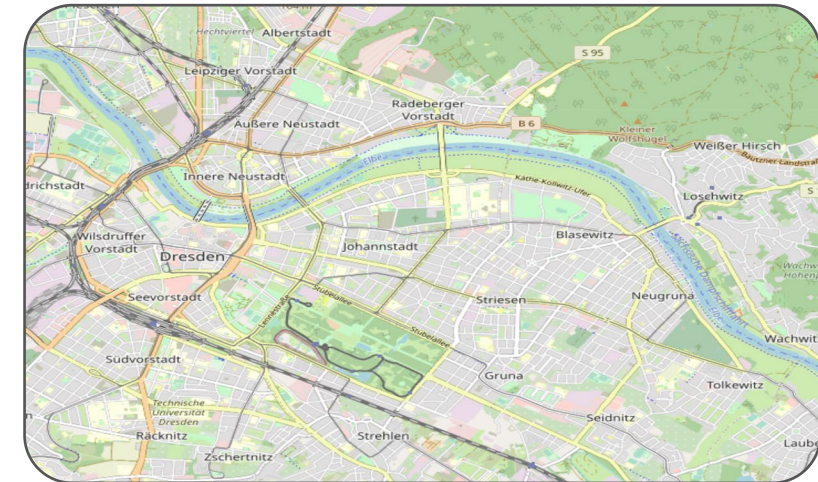
Beispiel: Indoor Karte

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



Beispiel: Liniennetz

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

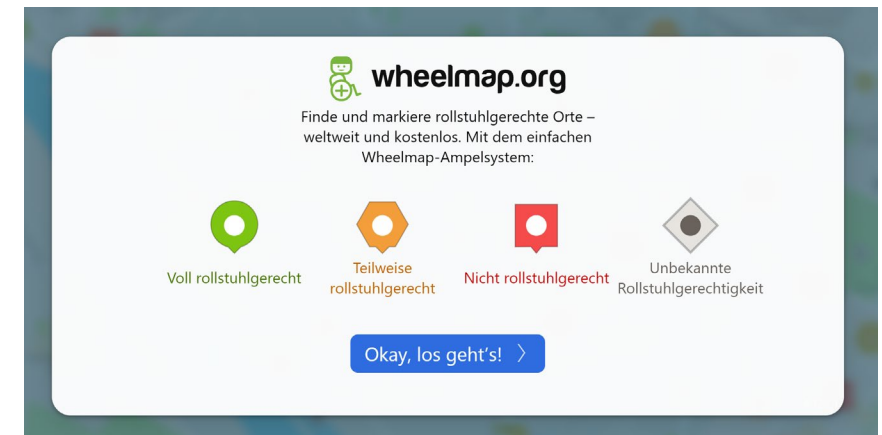
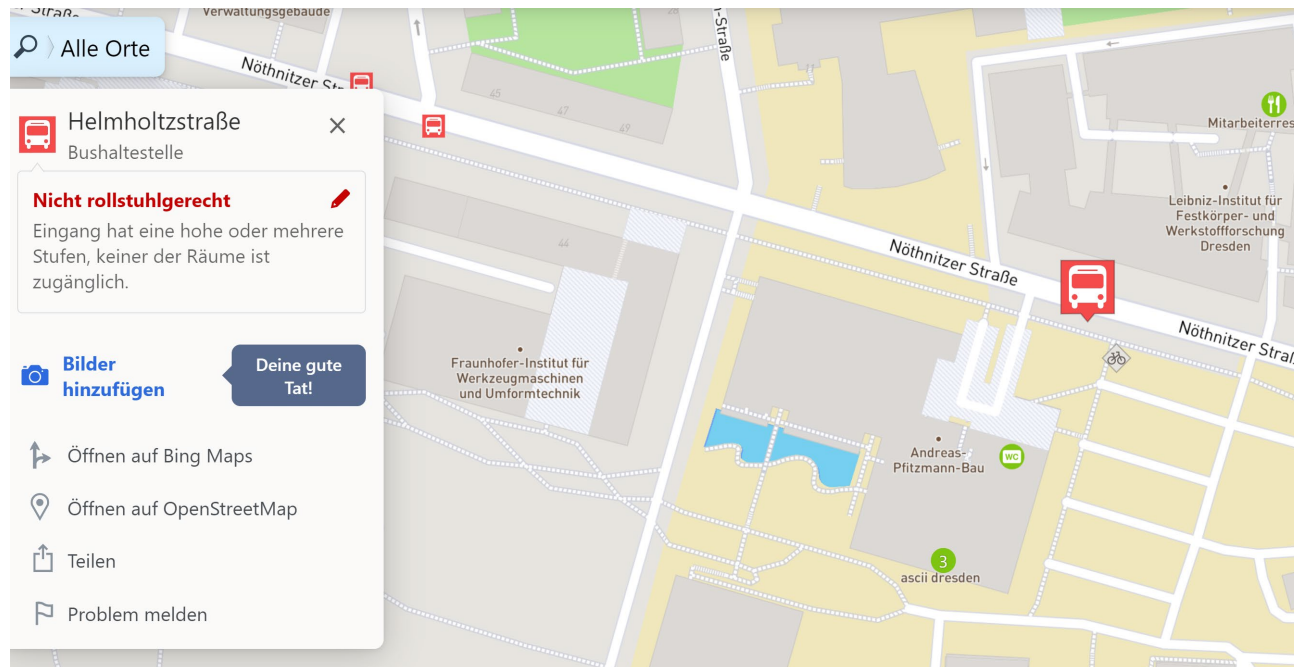


Beispiel: Outdoor Karte

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

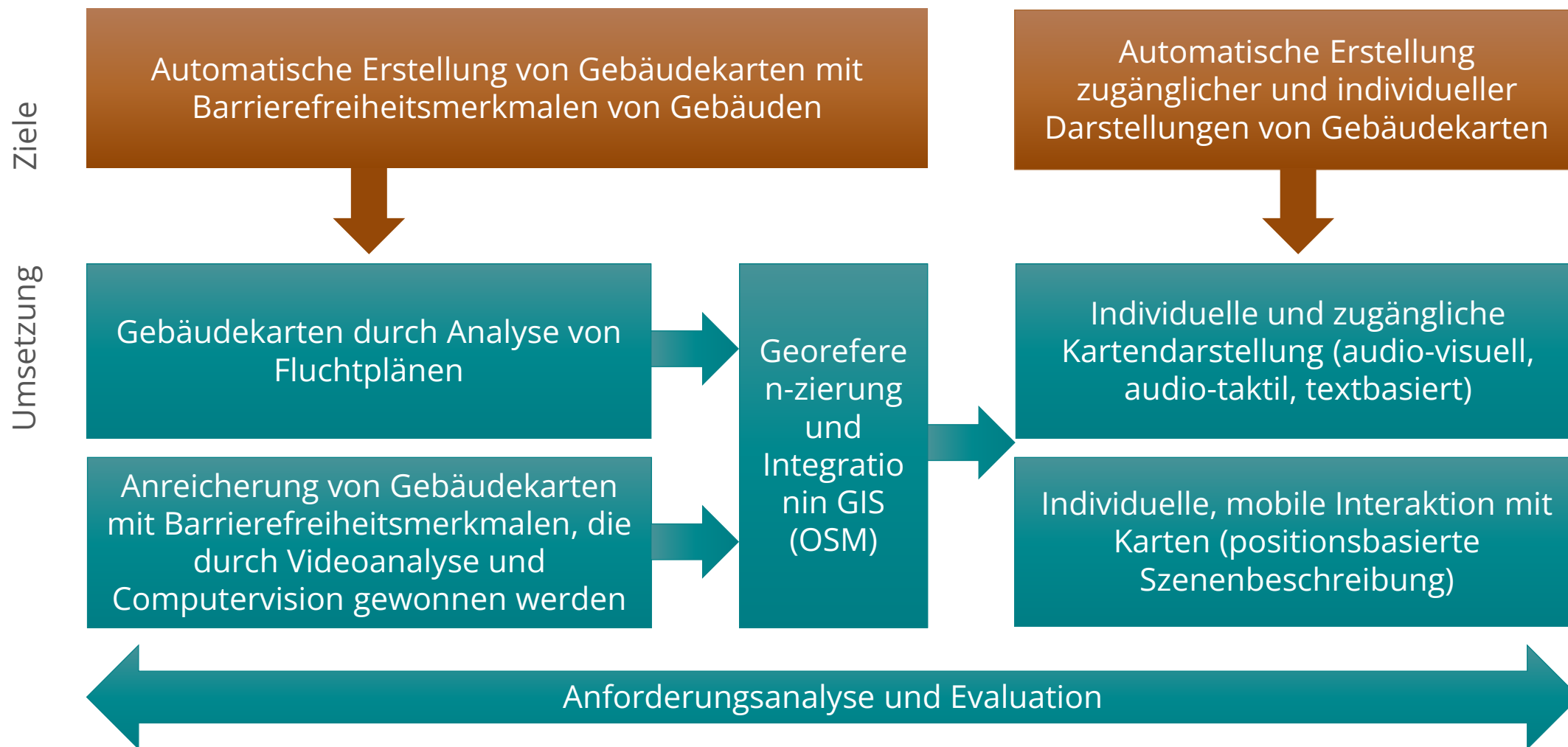
Anwendung

- (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

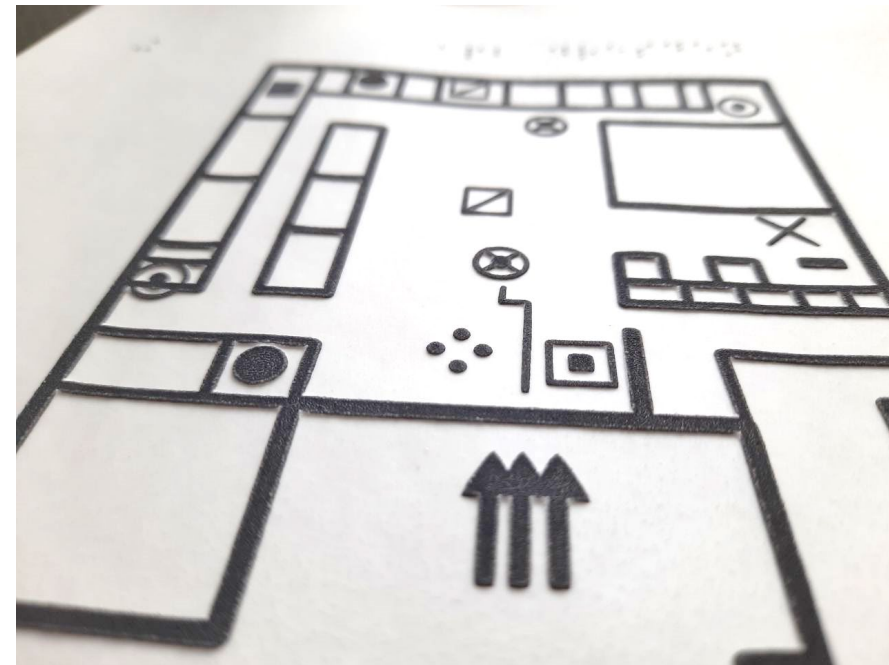


Taktile Karten | Einführung

- 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)

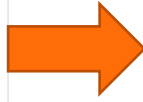
Erweitert: Erweiterte Optionen anzeigen

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

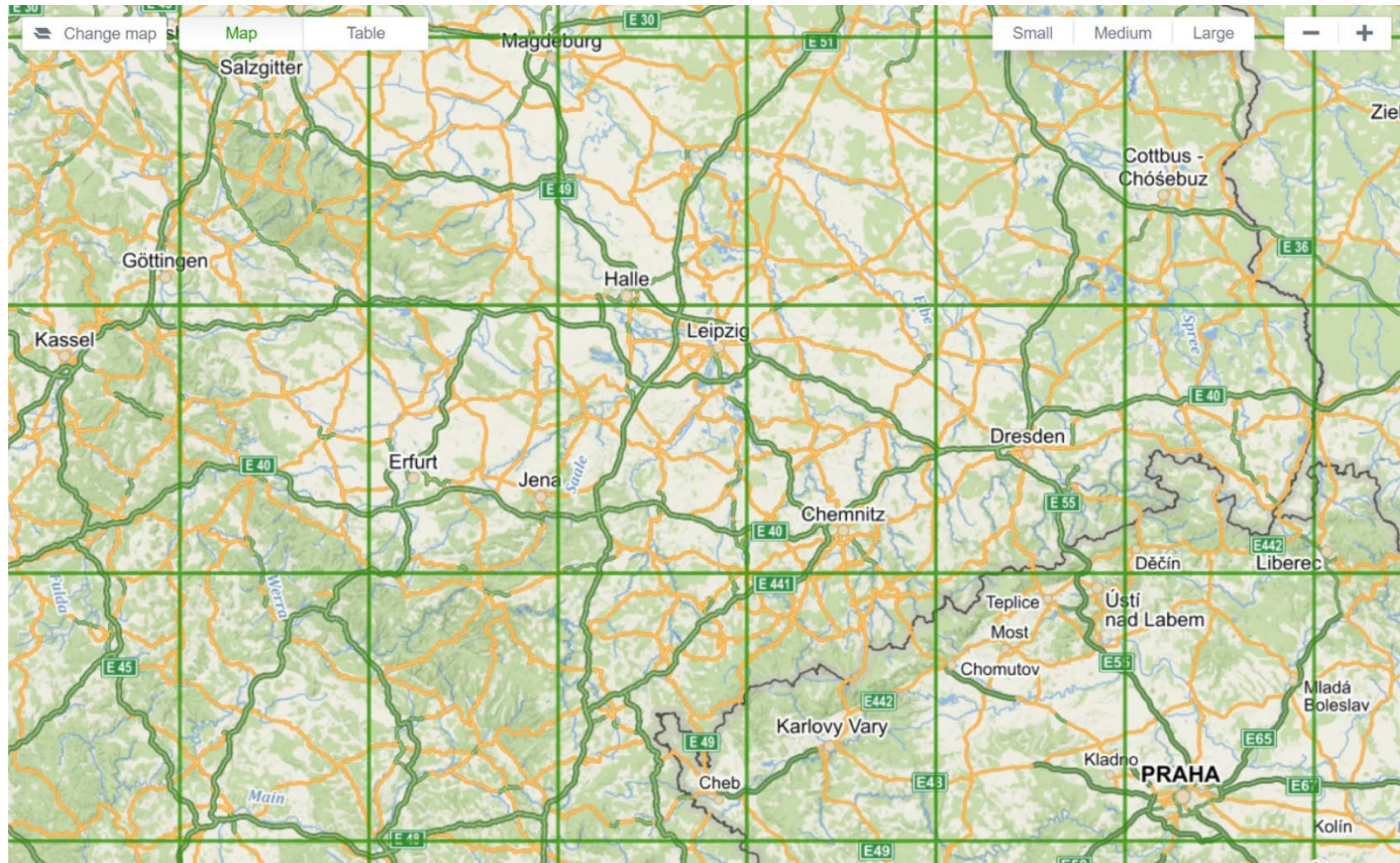
Quelle:
https://wiki.openstreetmap.org/wiki/File:Touch_Mapper_Kartta_kasissa.jpg



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

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

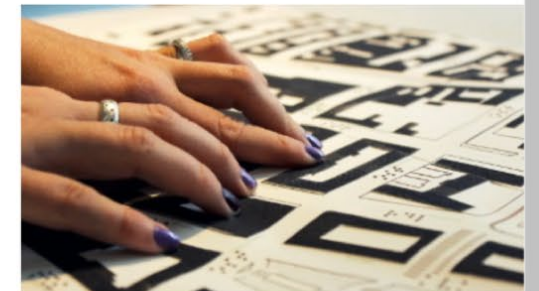
Taktile Karten | Beispielanwendung: Hapticke



MAPPY.CZ
TACTILE

English

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](#).

© Seznam.cz • ELSA • Teiresiás • Help • Legend

Zum Tool: <https://hapticke.mappy.cz/?lang=en>

You-are-here Maps

- Ziel: Vermittlung von Wissen über die eigene Position in Relation zur aktuellen Umgebung
- Studie mit mobiler Stiftplatte (32x32 Pins):

Wie können YAH-Maps auf dem mobilen, taktilen Display für blinde Menschen dargestellt werden?



[ZWB12]



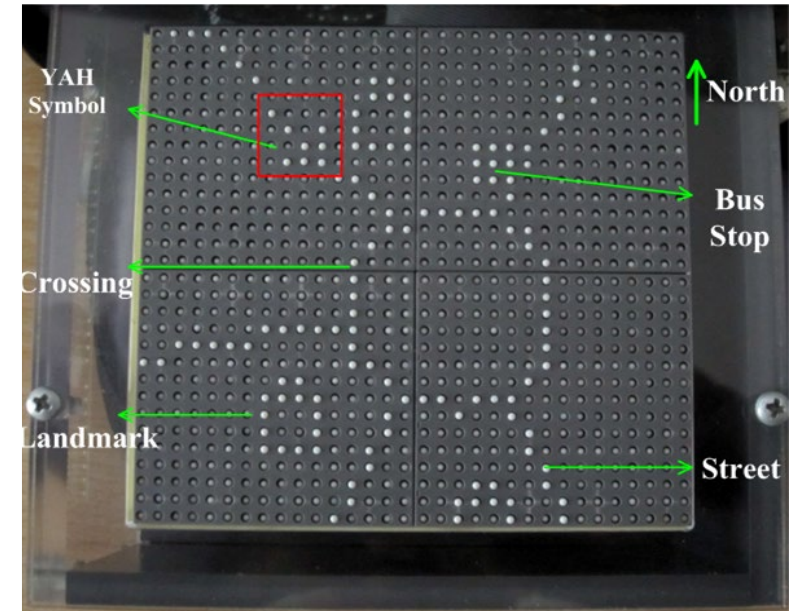
Probleme

- geringe Auflösung
- kleiner Bildausschnitt
- viele Kartenelemente
- Position und Ausrichtung des Nutzenden
- unterschiedliche Sichtweisen auf die Karten

Legend:

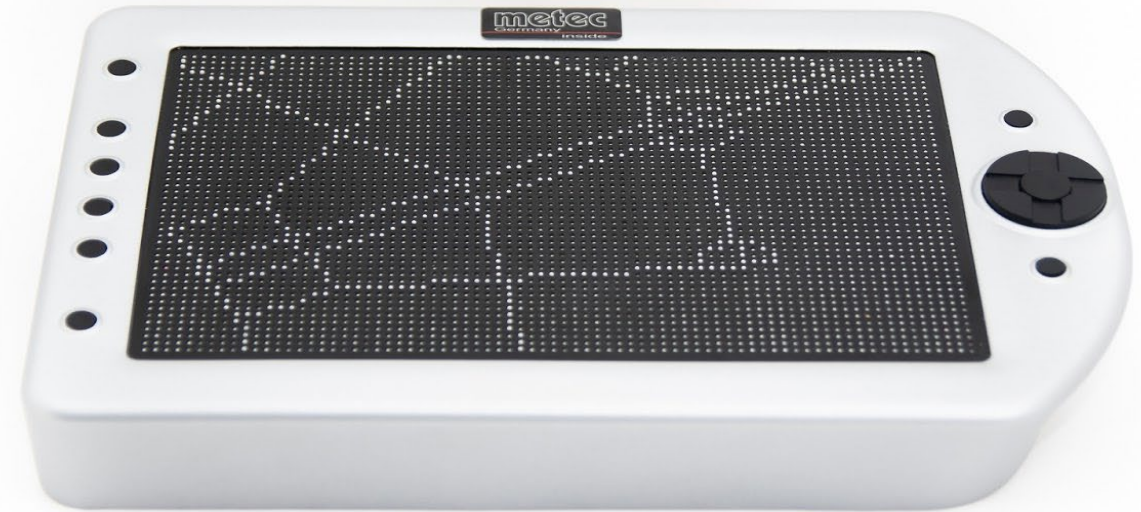
.....	Street/Road	•••	Food
•••	Bus/Tram Stop	•••	Hospital
•••••	Railway Station	••	Post Box
•••	Park	••••	Building

Beispiele für taktile Symbole in Karten auf dem mobilen, taktilen Display



YAH Map auf einem mobilen, taktilen Display mit taktilen Symbolen

Taktile Karten | Beispiel: YAH-Maps



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

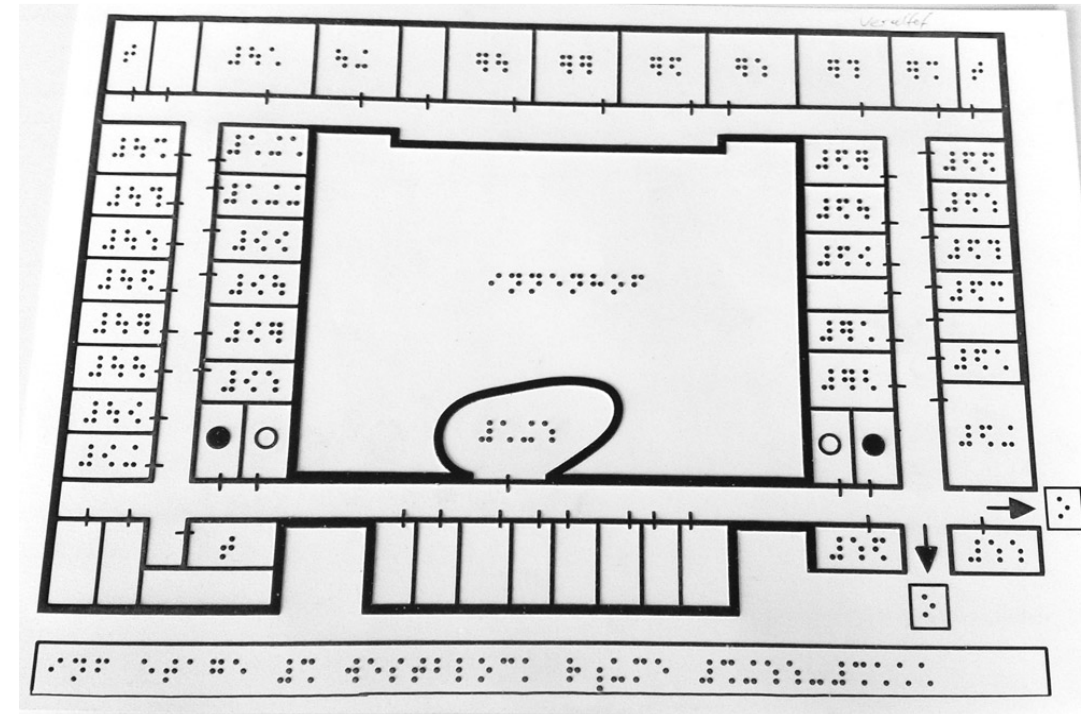
Voraussetzung für:

Selbstständiges Planen & Orientieren

Navigieren innerhalb von Gebäuden

Sicherheit (Erkennung von Hindernissen)

- wichtig für Fluchtpläne
- Beschriftung von Räumen, Stockwerken notwendig

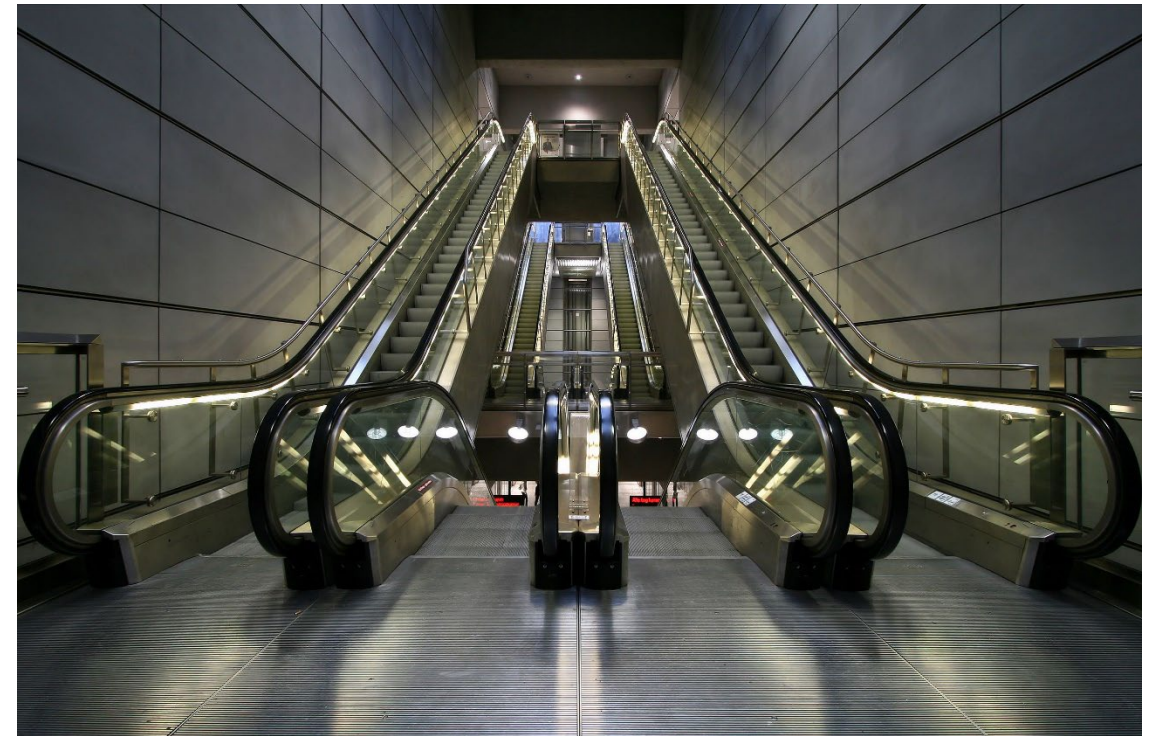


Gebäudekarte der Informatikfakultät auf
Schwellpapier

Beispiele für Gebäudeeigenschaften (Sicherheit)



Unterlaufbare Treppen
Orientierungs- und Leitsystem



Rolltreppe

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

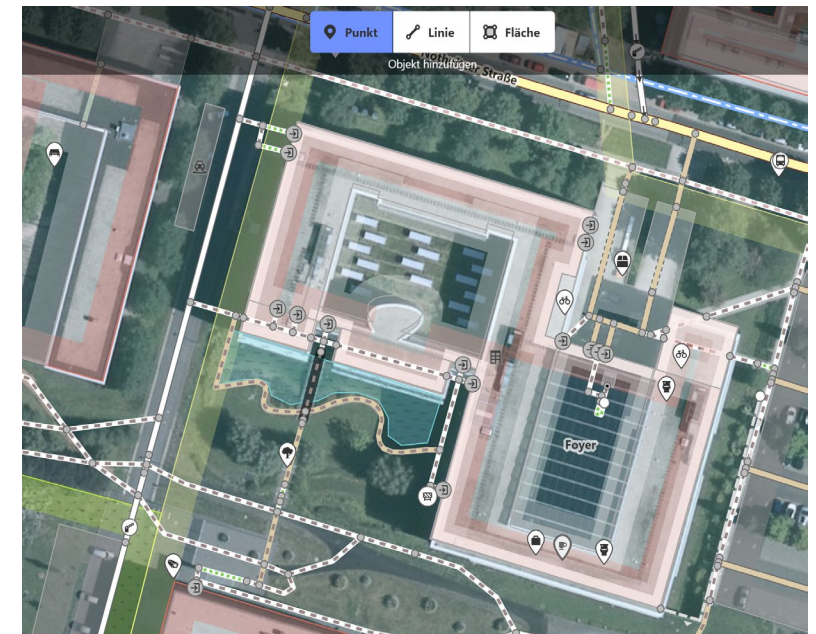
- **Aufnahme und Verwaltung** (insbesondere Aktualität) von **Gebäudedaten** → wenige Gebäude (vollständig) getagged
- versch. **Ausgabeformate** (z.B. taktiles Display, Prägedruck) und **Anwendungsfälle**
- Integration zielgruppenangepasster **Gebäudemerkmale** (Barrieren + Features)
- **hohe Informationsdichte** 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/>)

Gebäudekarten | Karten in OSM

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

Grundbegriffe (OSM):

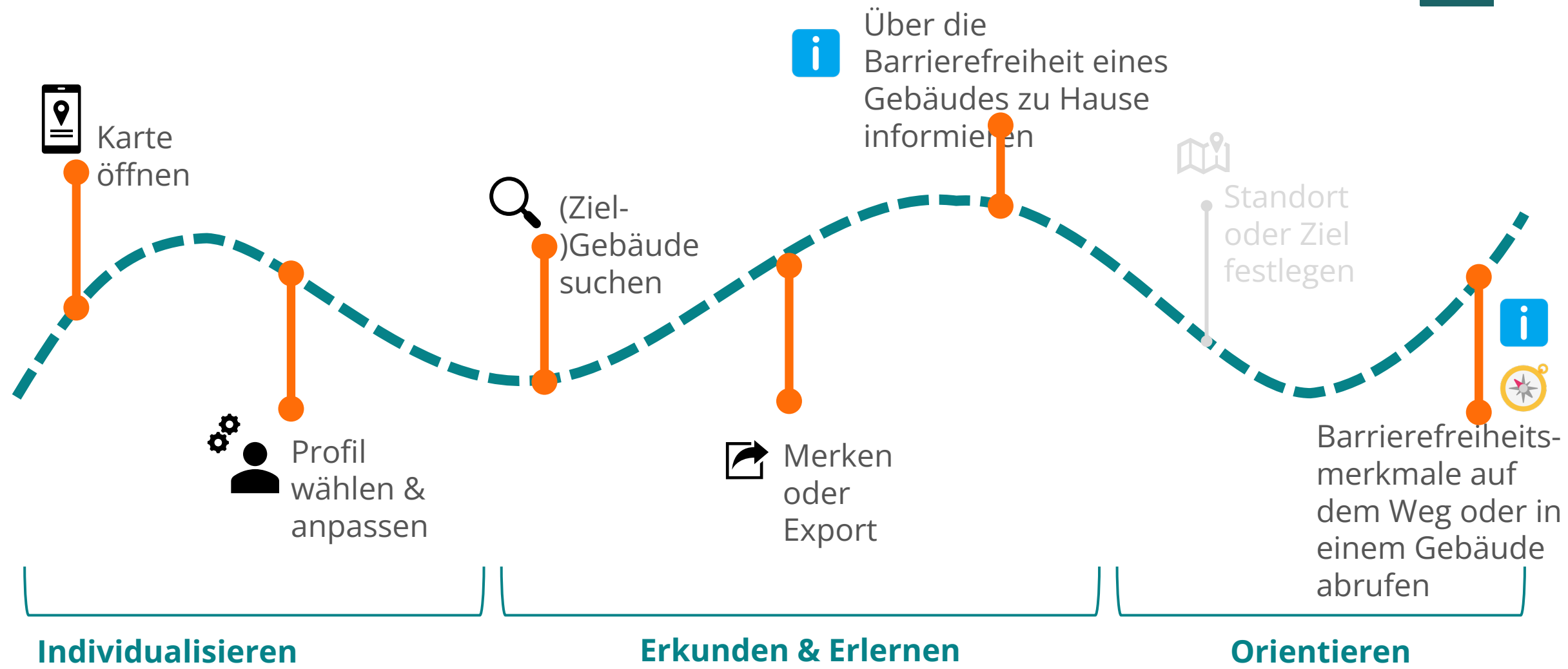
- NODE: Punkt auf der Karte, z.B. Restaurant
- WAY: Offene Linie, z.B. Straße, Weg, Gebäude (geschlossene Fläche)
- TAG: Attribut, das einem Objekt zugewiesen werden kann, z.B. Raumname

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



Indoor Viewer OpenLevelUp

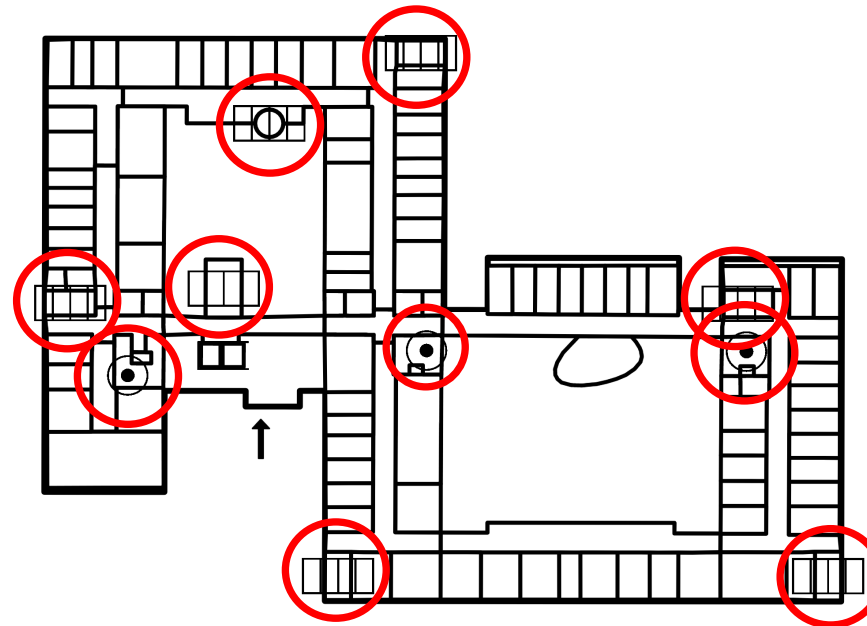
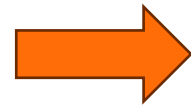
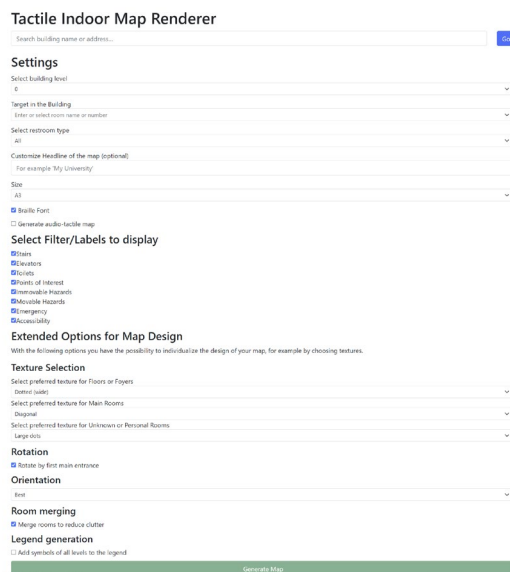
AccessibleMaps: Die räumliche Mobilität verbessern – mit taktilen Karten



→ Personas für Menschen mit Blindheit, Sehbeeinträchtigung bzw. Mobilitätsbeeinträchtigung

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.)



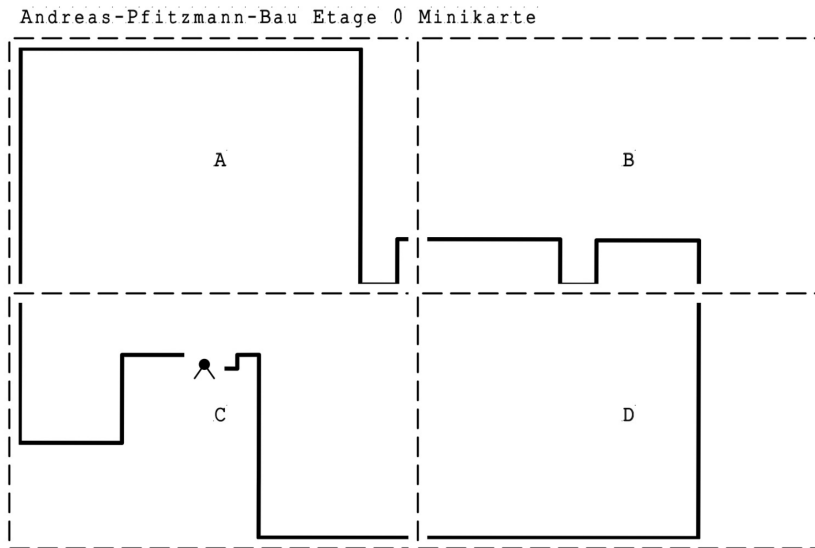
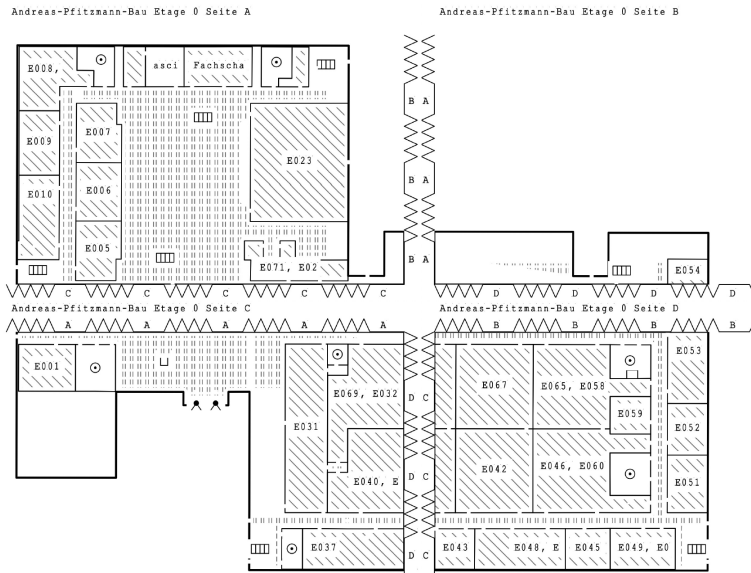
Beispiel eines 1:1 aus OSM-Daten generierten taktilen Gebäudes → zu wenig Platz für Symboldarstellung in Räumen

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

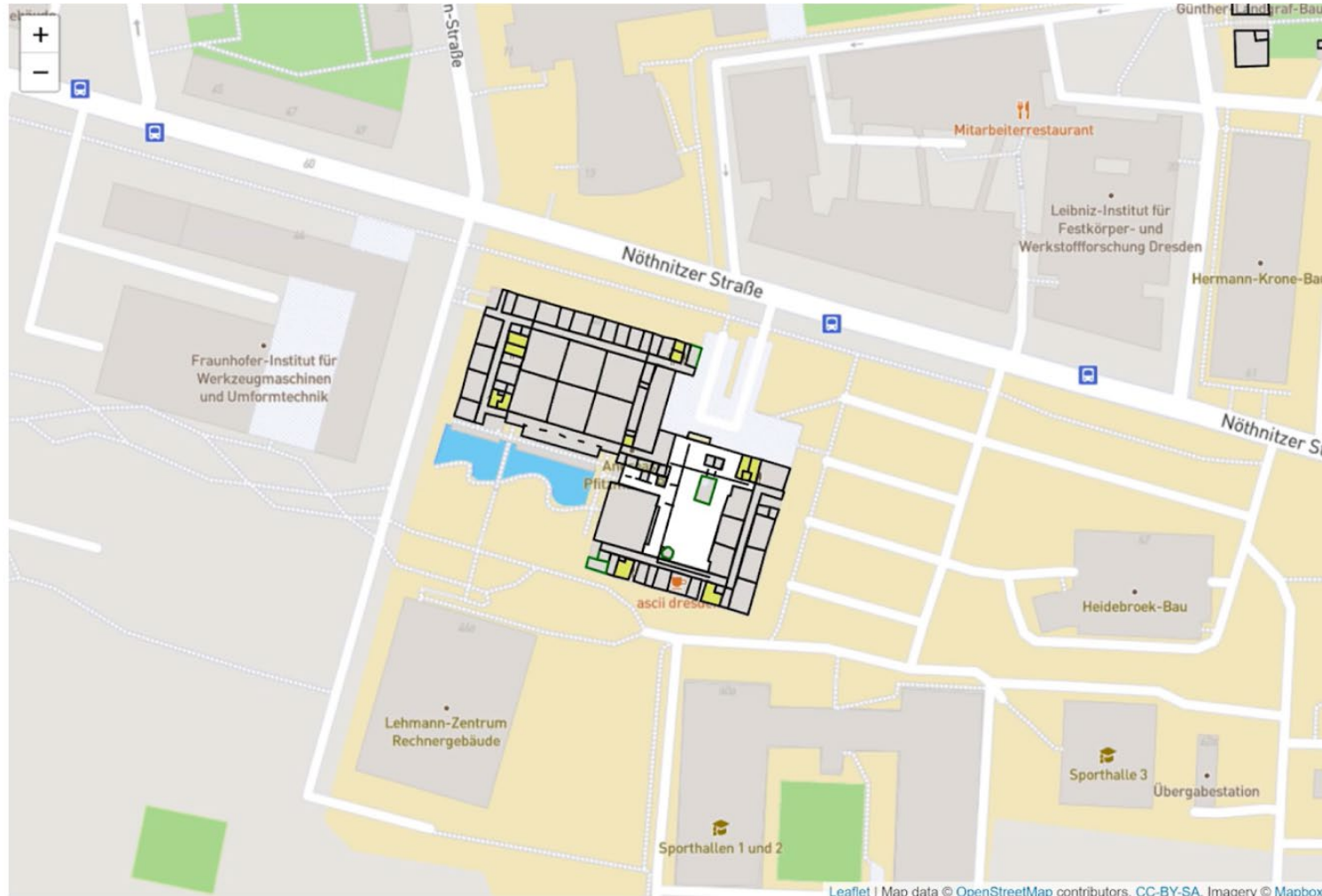
Generalisierung: Automatische Zusammenfassen von Räumen gleichen Typs



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



Taktiler Renderer



Andreas-Pfitzmann-Bau, 46, Nöthnitzer Straße,
Räcknitz/Zschertnitz, Kleinpestitz, Plauen,
Dresden, Sachsen, 01187, Deutschland

Settings

Level

Size

Orientation

Printer type

Custom headline (optional)

Merge rooms to reduce clutter

Draw labels even if they do not fit

Braille Font

Generate a legend

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>

Evaluation von Karten durch Menschen mit Blindheit

Herausforderung

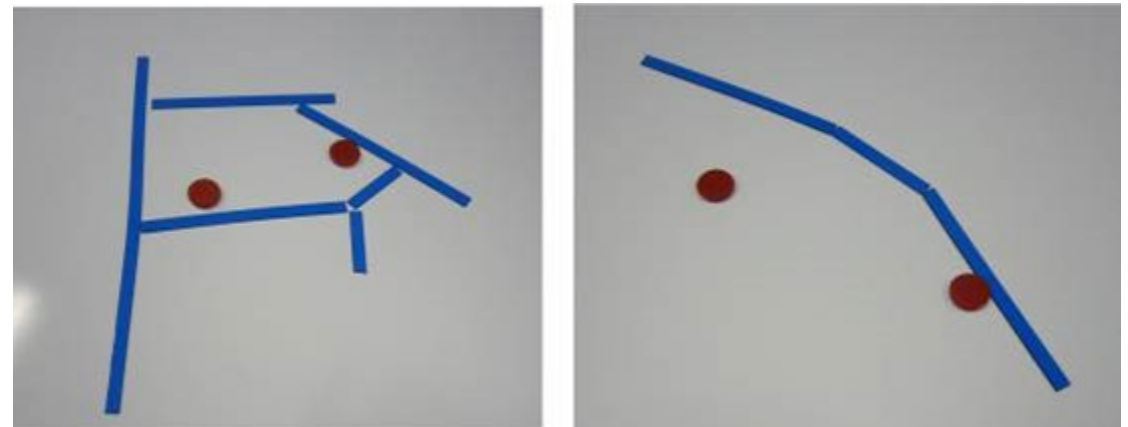
Messen des Erfolgs von Kartendarstellungen/-systemen

Lösung

Mentale Karte des Nutzens qualitativ abbilden

Mentale Karte = Modell der Karte/Umgebung im Kopf des Nutzens

Mentales Modell abbilden durch...
Beschreibungen
Rekonstruktion (z.B. mit Magneten)



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 BPLOT3. In: Miesenberger K., Fels D., Archambault D., Peñáz 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