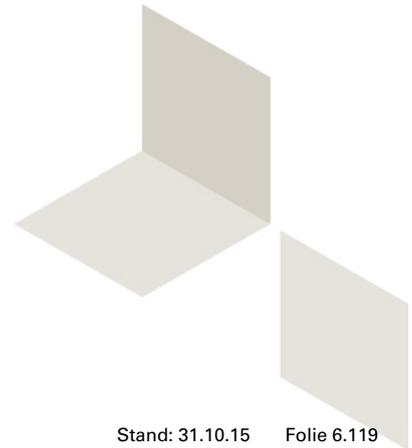


6.2.1 Arten von Ausgabegeräten

- Visuelle Ausgabegeräte
 - zweidimensionale Darstellungen
 - dreidimensionale Darstellungen
- Akustische Ausgabegeräte
 - Klänge
 - Sprache
- Haptische Ausgabegeräte
 - taktile Darstellungen



6.2.2 Visuelle Ausgaben (1)

- Vektorgrafik
 - nicht mehr gebräuchlich
- Rastergrafik
 - Semigrafik
 - Symbole auf Basis von Pixelmatrix (z.B. 7 x 9) ansteuerbar
 - nicht mehr gebräuchlich
 - Vollgrafik
 - jedes Pixel einzeln ansteuerbar
- Pixel

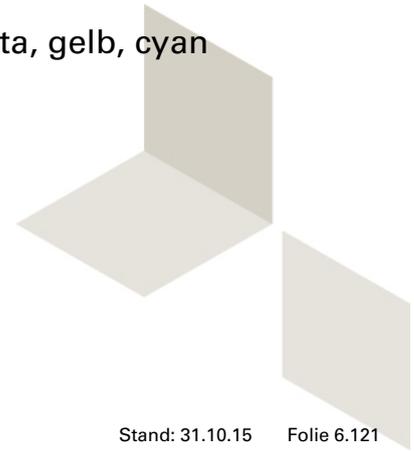
Ein **Bildelement** oder **Pixel** ist das kleinste Element, das die vollständige Funktionalität der Anzeige erzeugen kann (z.B. Farbe und Grauskala).

ISO 9241-302



6.2.2 Visuelle Ausgaben (2)

- **Emissive Anzeigen**
 - direkt (selbstleuchtend)
 - z.B. Kathodenstrahlröhren, Plasmasdisplays
 - additive Farbmischung aus rot, grün, blau
 - modulierend (nicht selbstleuchtend)
 - z.B. LCD-Displays mit Hinterleuchtung
 - subtraktive Farbmischung mit Filtern magenta, gelb, cyan
- **Reflektive Anzeigen**
 - externe Lichtquelle
 - elektronische Tinte
 - LCD ohne Hinterleuchtung
 - häufig monochrom



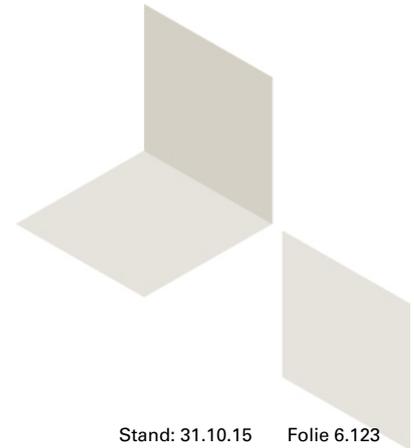
6.2.3 Zweidimensionale visuelle Ausgabegeräte

- **Bildschirme**
 - Kathodenstrahlröhren
 - Flüssigkristallanzeigen
 - Plasmabildschirme
 - Leuchtdiodenanzeigen
 - Elektronische Tinte / Elektronisches Papier
- **Projektion**
 - Videoprojektoren
 - Mixed Reality / Augmented Reality



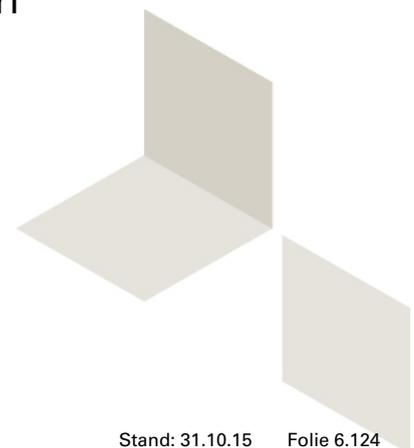
6.2.3.1 Kathodenstrahlröhren (1)

- Technik
 - Bildröhre mit nachleuchtender Phosphorschicht
 - Aktivieren der Bildpunkte im Zeilenverfahren
 - Rücksprung des Strahls mit Dunkelpause
- Darstellung
 - selbstleuchtend, hell
 - kontrastreich



6.2.3.1 Kathodenstrahlröhren (2)

- Vorteile
 - Diagonalen von wenigen cm bis über ein Meter
 - variable Auflösung
- Nachteile
 - durch Länge der Bildröhre hoher Platzbedarf
 - hoher Energieverbrauch
 - Störung durch elektromagnetische Felder
 - Abnutzung / Einbrennen
- Anwendung
 - heute nur noch selten



6.2.3.1 Flüssigkristallanzeigen (LCD) (1)

- **Technik**
 - spannungsabhängige Veränderung der Lichtdurchlässigkeit
 - Bild muss nicht ständig neu aufgebaut werden
 - relativ träge gegenüber schnellen Veränderungen
 - meist Aktiv-Matrix-Display aus Dünnschichttransistoren: TFT
- **Darstellung**
 - nicht selbstleuchtend, Hinterleuchtung oder Spiegel erforderlich
 - nicht sehr kontrastreich
 - bestimmter Betrachtungswinkel erforderlich
 - bei Hinterleuchtung mit Leuchtdioden bessere Qualität

6.2.3.1 Flüssigkristallanzeigen (LCD) (2)

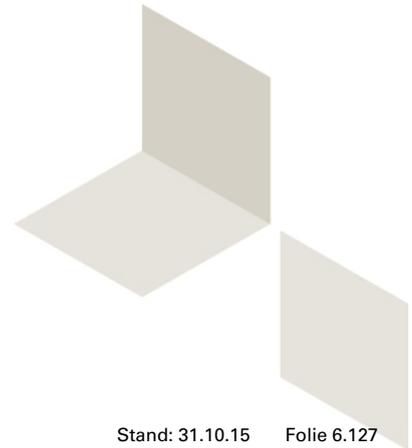
- **Vorteile**
 - Diagonale von wenigen Zentimetern (Smartphones) bis über ein Meter (öffentliche Anwendungen)
 - in der Regel 43 cm bis 66 cm, heute meist 56 cm (22 Zoll)
 - in der Unterhaltungselektronik bis 241 cm (95 Zoll)
 - geringer Energieverbrauch
 - platzsparend flach
 - preisgünstig
 - Diagonale 54 cm zwischen 90,00 und 150,00 €
- **Nachteile**
 - feste Auflösung entsprechend Zahl der Kristalle
 - Desktop meist 1920 x 1080 (HD)
 - Laptop meist 1366 x 768, auch 1600 x 900
 - Darstellung

E 6.2.3.1 Flüssigkristallanzeigen (LCD) (3)

- Datenbrille mit LCD-Schirm
 - virtueller Bildschirm mit ca. 2 m Diagonale in ca. 3 m Entfernung
 - auch Versionen für Augmented Reality (See-Through)

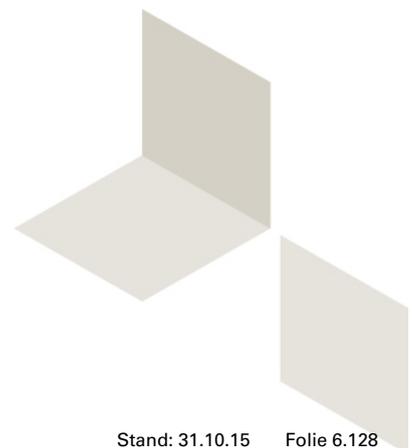


Datenbrille WRAP 1200 von Vuzix,
<https://www.vuzix.com/consumer/>



6.2.3.1 Plasmabildschirme (1)

- Technik
 - Anregen einer Phosphorschicht durch Gasentladung (wie bei Leuchtstoffröhren)
 - Bild muss nicht ständig neu aufgebaut werden
 - schnelle Änderungen möglich
- Darstellung
 - sehr hell
 - sehr kontrastreich
 - großer Betrachtungswinkel



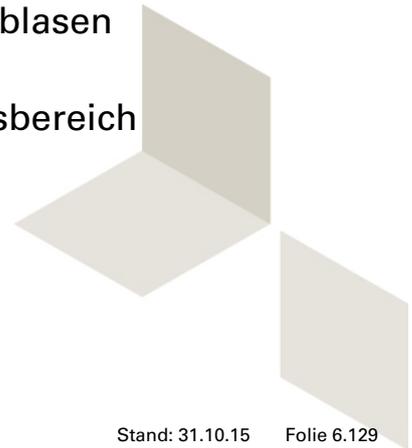
6.2.3.1 Plasmabildschirme (2)

■ Vorteile

- große Diagonalen erhältlich, z.B. 262 cm (103 Zoll)
- platzsparend flach
- sehr gute Darstellung

■ Nachteile

- feste Auflösung entsprechend Zahl der Gasblasen
- hoher Energieverbrauch
- bei hoher Auflösung und Größe hoher Preisbereich
 - 103 Zoll ca. 70.000 €
- Einbrenngefahr



6.2.3.1 Leuchtdiodenanzeigen

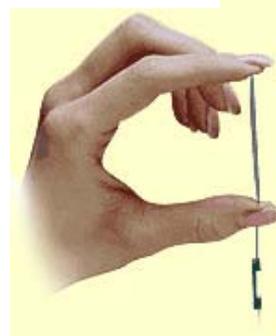
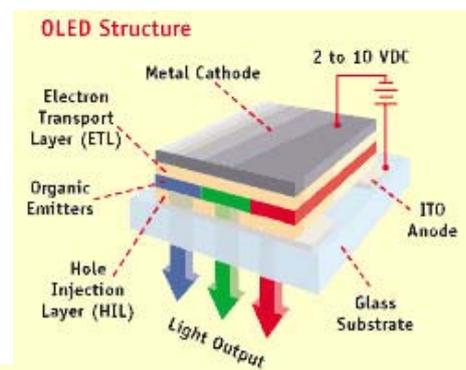
■ Organische Leuchtdioden (OLED)

■ Vorteile

- selbst leuchtend
- großer Betrachtungswinkel
- sehr leuchtstark und kontrastreich
- dünner Träger
- geringer Energieverbrauch

■ Nachteile

- empfindliche Substanzen
- Alterungseffekte
- nur kleine Diagonalen
- relativ teuer



Aufbau eines OLED-Displays,
2005 bei www.kodak.com

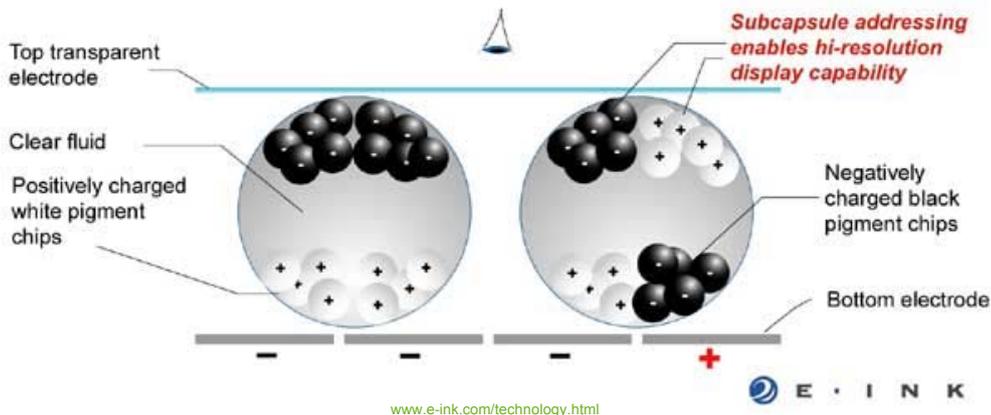
OLED-Display in Seitenansicht,
2005 bei www.kodak.com

6.2.3.1 Elektronische Tinte

▪ Elektronische Tinte

- Emulsion mit schwarzen und weißen Kügelchen
- Stromverbrauch nur für Veränderungen

Cross-Section of Electronic-Ink Microcapsules

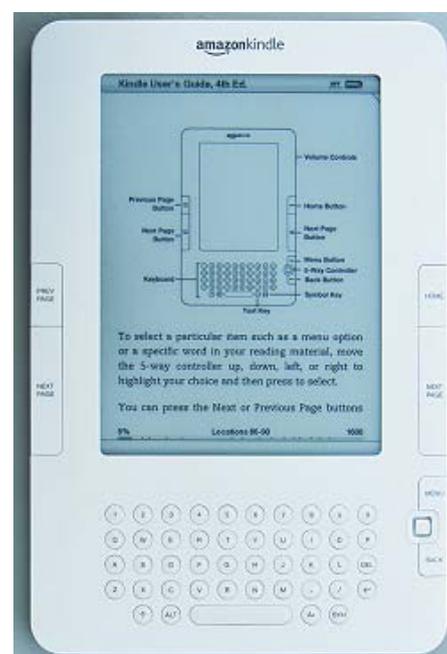


www.e-ink.com/technology.html

6.2.3.1 Elektronisches Papier (1)

▪ E-Book Reader

- auf Basis elektronischer Tinte
- Auflösung ca. 160 dpi (ähnlich Zeitungsdruck)
- geringer Energieverbrauch
- gewohnter Leseindruck
- mittlerweile auch farbige Darstellungen möglich



6.2.3.1 Elektronisches Papier (2)

- **Aufrollbare Displays**
 - auf Basis e-ink
 - auf Basis organischer TFTs
- Rollradius 7,5 mm
- Hersteller ging 2009 in Konkurs



www.youtube.com/watch?v=xxhCiLvi5LI

6.2.3.2 Projektion (1)

- **Videoprojektor**
 - englisch: video projector, data projector
 - deutsches Kunstwort „Beamer“
- **Technik**
 - mit Kathodenstrahlröhren (veraltet)
 - mit Flüssigkeitskristallanzeigen in verschiedenen Realisierungen
 - mit Spiegelchips (Digital Light Processing)
- **Darstellung**
 - bei Aufprojektion nicht sehr hell, oft Verdunkelung erforderlich
 - bei Rückprojektion in Helligkeit und Kontrast mit LCD vergleichbar

6.2.3.2 Projektion (2)

- Vorteile
 - sehr große Diagonalen bis zu mehreren Metern erreichbar
 - Ausgabe am Objekt bei Installationen möglich
- Nachteile
 - bei Rückprojektion relativ hoher Platzbedarf
 - relativ hoher Preisbereich
 - auch hohe Betriebskosten für Lampenwechsel



Installation im Museum mit projizierter Hervorhebung im Modell

E 6.2.3.2 Projektion (3)

- Projektion auf durchsichtige Flächen
 - Head-Up Display
 - Augmented reality
- Technik
 - LCD
 - Laser



Head-up-Display im Fahrzeug,
<http://continental-head-up-display.de/>

6.2.3.3 Ergonomische Anforderungen (1)

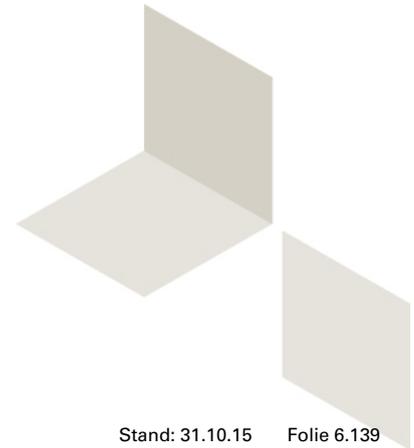
- **DIN EN ISO 9241
Ergonomische Anforderungen
für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten (alt)**
 - Teil 3: Anforderungen an visuelle Anzeige
 - Teil 7: Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen
 - Teil 8: Anforderungen an Farbdarstellungen
- **DIN EN ISO 9241
Ergonomie der Mensch-System-Interaktion (neu)**
 - Teil 300: Einführung in Anforderungen an elektronische optische Anzeigen
 - Teil 302: Terminologie für elektronische optische Anzeigen
 - Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen
 - Teil 304: Prüfverfahren zur Benutzerleistung für elektronische optische Anzeigen
 - Teil 305: Optische Laborprüfverfahren für elektronische optische Anzeigen
 - Teil 306: Vor-Ort-Bewertungsverfahren für elektronische optische Anzeigen
 - Teil 307: Analyse und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen

6.2.3.3 Ergonomische Anforderungen (2)

- **Anforderungsbereiche**
 - **Sehbedingungen**
 - Arbeitsplatz -> 13.1.4
 - **Leuchtdichte**
 - **spezielle physikalische Umgebungen**
 - **visuelle Artefakte**
 - **Leserlichkeit und Lesbarkeit**
 - Informationsdarstellung -> 7.1.2
 - **Leserlichkeit der Informationscodierung**
 - Informationsdarstellung -> 7.1.2
 - **Leserlichkeit von Grafiken**
 - Informationsdarstellung -> 7.1.2
 - **Wiedergabetreue**

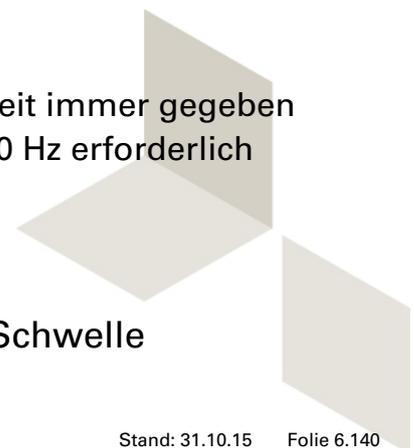
6.2.3.3 Ergonomische Anforderungen (3)

- **Leuchtdichte**
 - der Umgebung angepasst
 - bei Tageslicht hell
 - bei Nacht dunkel
 - ausreichender Kontrast
 - aus allen Arbeitspositionen ablesbar
 - bei emissiven Anzeigen einstellbar
- **Spezielle physikalische Umgebungen**
 - Schwingungen
 - Wind
 - Regen
 - extreme Temperaturen



6.2.3.3 Ergonomische Anforderungen (4)

- **Visuelle Artefakte**
 - Reflexe vermeiden
 - Entspiegelung
 - matte Oberflächen
 - Blendung vermeiden
 - Flimmerfreiheit für 90% der Benutzer
 - bei LCD und Plasmabildschirm Flimmerfreiheit immer gegeben
 - bei Kathodenstrahlröhren Wiederholrate > 70 Hz erforderlich
 - Pixelfehler vermeiden
 - gleichmäßige Darstellung
 - Geometrie, Leuchtdichte, Farbe, Kontrast
 - Moiré-Effekte nur bis zu einer bestimmten Schwelle



6.2.3.3 Ergonomische Anforderungen (5)

▪ Wiedergabetreue

- Farbtreue
 - Anzahl nötiger Farben
- schnelle Reaktion bei bewegten Bildern
 - keine Schlieren
- Auflösung und Pixeldichte aufgabenangemessen
 - Leseentfernung
 - Blickwinkel
 - Detailreichtum

▪ weitere Anforderungen aus

- sozialer Umgebung, z.B. Vandalismus
- speziellen Umwelteinflüssen, z.B. elektromagnetische Störungen



6.2.4 Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte (1)

▪ Technische Realisierung erfordert ein Bild pro Auge

- räumlich versetzt
 - Winkelspiegel oder Linsen
 - Datenhelm
- zeitlich versetzt
 - Shutterbrille
- durch Modulation des Lichtes getrennt
 - Anaglyphen
 - Polarisierung



6.2.4 Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte (2)

▪ Datenhelm

- vor jedem Auge ein LCD mittlerer Auflösung
- optisches System zur Erzielung der nötigen Entfernung
- Vorteile
 - recht hohe Bildqualität
- Nachteile
 - Umgebung nicht wahrnehmbar
 - nur für eine Person



ProView XL 50 Datenhelm von Kaiser Electro-Optics



V8 Datenhelm von Virtual Research Systems

6.2.4 Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte (3)

▪ Winkelspiegel

- zwei Bilder
- jedes Auge erhält das zugehörige Bild
- ein Spiegel vor einem Auge
 - ein Auge schaut direkt auf sein Bild
 - anderes Auge erhält sein Bild über Spiegel
- Betrachter mit zwei Spiegeln
- Vorteil
 - auch mit Papierbildern / Dias möglich
- Nachteil
 - Haltearbeit am Spiegel / Betrachter



6.2.4 Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte (4)

▪ Shutterbrille

- Monitor oder Projektion zeigt abwechselnd Bilder für rechtes und linkes Auge
- Brille verschließt jeweils das andere Auge
 - LCD wird lichtundurchlässig
- Vorteile
 - Umgebung wahrnehmbar
 - durch mehrere Personen wahrnehmbar
- Nachteile
 - verminderte Helligkeit
 - relativ lange Dunkelpausen
 - neigt daher zum Flimmern

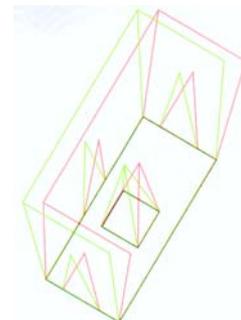


Shutterbrille mit Synchronisation durch Infrarotlicht von ELSA Technology

6.2.4 Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte (5)

▪ Anaglyphen

- Aufteilung der Bilder durch Farbfilter
 - in der Regel Rot und Grün
 - roter Filter lässt nur grünen Anteil durch
 - grüner Filter lässt nur roten Anteil durch
- Vorteile
 - einfache alte Technik
 - durch mehrere Personen wahrnehmbar
 - kann gedruckt werden
- Nachteile
 - Bild erscheint nur in Schwarzweiß



Anaglyphen, Quelle: L. Bolton & D. Thomson, Verblüffende optische Illusionen, Weltbild Verlag, Augsburg 2000.



6.2.4 Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte (6)

■ Polarisation

- Aufteilung der Bilder durch Polarisationsfilter
 - zwei Projektoren
 - senkrecht zueinander stehende Polarisations Ebenen
 - Bilder aufeinander projiziert
 - Polarisationsfilter in Brille teilen Bilder auf
- Vorteile
 - Umgebung wahrnehmbar
 - durch mehrere Personen wahrnehmbar
 - leichte preiswerte Brillen
- Nachteile
 - Projektion recht teuer
 - zwei Videoprojektoren mit Filtern
 - Rückprojektion oder Spezialwand



3-D-Rückprojektion mit polarisiertem Licht



Brille mit Polarisationsfiltern

6.2.4 Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte (7)

■ Autostereoskopisches Display

- Beispiel Free2C :
Monitor mit Speziallinsen
- Bilder in senkrechte Streifen geteilt
- abwechselnd nebeneinander
- Zuordnung zu den Augen durch Linsen
- Verfolgung der Kopfposition durch Kamera
- Beim Kiosksystem zusätzlich Interaktion durch Gestenerkennung



Free2C 3D-Kiosk mit virtuellem Touchscreen

www.hhi.fraunhofer.de/en/departments/vision-imaging-technologies/research-groups/immersive-media-communication/research-topics/contact-free-interaction/demos-solutions/3d-kiosk.html

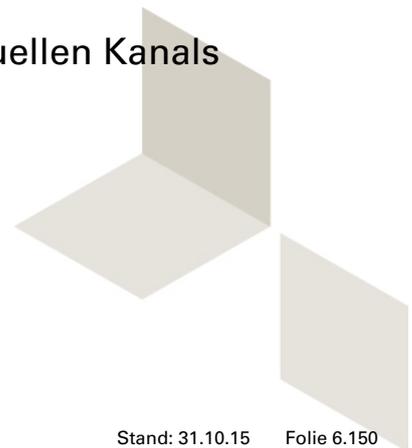
6.2.4 Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte (8)

- **Ergonomische Anforderungen**
 - wenige gesicherte Erkenntnisse aufgrund der geringen Verbreitung
 - Überlastung des Auges vermeiden
 - Akkomodation im Nahbereich
 - unnatürliche Vergenz
 - Flimmern bei Shutterbrillen (halbierte Frequenz)
 - Physische Belastung vermeiden
 - Druck von Helm oder Brille
 - Behinderung durch Kabel
 - Haltearbeit bei Winkelspiegel
 - Konflikte zwischen realer und virtueller Umwelt vermeiden
 - Synchronisationsfehler vermeiden
 - Simulatorkrankheit



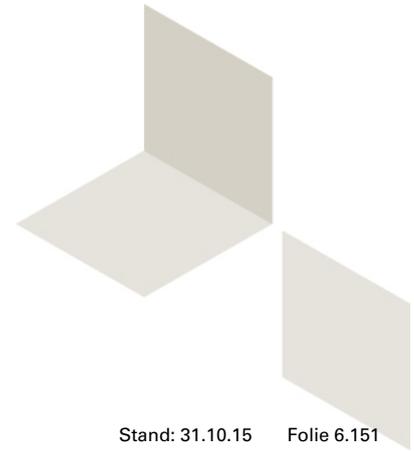
6.2.5 Akustische Ausgabe (1)

- **Technische Realisierung**
 - Lautsprecher
 - Kopfhörer
 - Körperschall
- **Vorteile**
 - wahrnehmbar auch bei Auslastung des visuellen Kanals
 - gut zur Aufmerksamkeitslenkung
 - zusätzliche Richtungsinformation möglich



6.2.5 Akustische Ausgabe (2)

- **Nichtrealistisches Audio**
 - Signaltöne, Kennmelodien
 - Hinweis auf visuelle Meldungen
 - Hinweis auf Zustandsänderungen
- **Realistisches Audio**
 - Geräusche, Musik
 - Simulationen und Spiele
- **Sprachausgabe**
 - synthetisiert oder reproduziert
 - Meldungen im Klartext



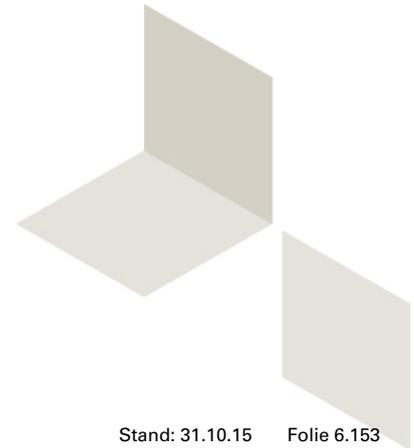
6.2.5 Akustische Ausgabe (3)

- **Ergonomische Anforderungen**
 - angemessenes Medium -> 9.2
 - angemessene Gestaltung der Ausgaben -> 7.1.3
 - physische Belastung bei Kopfhörern minimieren
 - hygienische Anforderungen bei Kopfhörern berücksichtigen
 - Wiedergabetreue bei realistischem Audio und Sprachausgabe
 - Lautstärke
 - nicht schädigend
 - regelbar (soweit keine Sicherheitsaspekte betroffen)
 - keine Störung Dritter
- **Akustische Ausgabe bei Sprachdialogsystemen**
 - Anforderungen entsprechend DIN EN ISO 9241-154



6.2.6.1 Taktile Ausgabe

- Geräte mit Vibrationserzeugung
 - Mobiltelefone
 - Handheld-Controller
 - Vibrationsgürtel / Vibrationswesten
- Geräte mit Stiftanordnungen
 - Braille-Zeilen
- Thermische Geräte
 - noch im Laborstadium



6.2.6.2 Geräte mit Vibration

- Technik
 - Motor mit Exentermasse
 - Vibration durch Unwucht
 - bei mehreren Vibrationselementen Richtungsinformation möglich
- Anwendung
 - Rückmeldung bei Eingaben
 - Darstellung von Kollisionen bei Simulation / Spiel
 - Warnung vor Bedrohung aus bestimmter Richtung



6.2.6.3 Geräte mit Stiftanordnungen

▪ Braille-Zeile

- Stifte entsprechen Pixeln
 - ein- oder ausgefahren
 - binär (entspricht monochrom)
- Darstellung von Braille-Schrift
 - Zeichenmatrix 2 x 3
 - erweitert 2 x 4
- bis zu 80 Zeichen in der Zeile
- auch als Kombigerät mit Braille-Tastatur
- relativ teuer
 - 12-Zeichen-Anzeige mit Tastatur ca. 1.100 \$



BraillePen12 Kombigerät

E 6.2 Ausgabegeräte für weitere Sinne

▪ Geruchsausgabe

- gespeicherte Gerüche werden freigesetzt
- „Scentografie“ mit iSmell
- ... nicht mehr auf dem Markt



Der Spiegel 12/2001