

Luxjunior 2011

**Lichttechnisch-optische und
optronische Aspekte
bei der Entwicklung von
Datenbrillen**

Karsten Lindig
Application Manager
"Consumer Optics & Optronics"



Carl Zeiss Gruppe im Überblick



Data Glasses



| Carl Zeiss AG | | | | | | |
|----------------------|--|---|--|---|---|---|
| Unternehmensbereiche | Medizintechnik | Mikroskopie | Halbleitertechnik | Industrielle Messtechnik | Markenoptik / Optronik | Vision Care (Beteiligung) ^{**} |
| |  |  |  |  |  |  |
| Umsatz | 754 Mio. Euro | 397 Mio. Euro | 1.187 Mio. Euro | 292 Mio. Euro | 312 Mio. Euro | 881 Mio. Euro |
| | <i>(Carl Zeiss Medtec AG)</i> Lösungen für die Augenheilkunde <i>(Carl Zeiss Surgical GmbH)</i> Chirurgische Geräte | <i>(Carl Zeiss MicroImaging GmbH)</i> Lichtmikroskope Laser Scanning Mikroskope | <i>(Carl Zeiss SMT GmbH)</i> Lithographie-Systeme <i>(Carl Zeiss SMS GmbH)</i> Prozesskontrollsysteme | <i>(Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH)</i> 3-D-Messtechnik | <i>(Carl Zeiss Optonics GmbH)</i> Optronik <i>(Carl Zeiss AG)</i> Photo- und Filmobjektive <i>(Carl Zeiss AG)</i> Planetarien <i>(CZ Sports Optics GmbH)</i> Ferngläser, Spektive, Zielfernrohre | <i>(Carl Zeiss Vision International GmbH)</i> Augenoptik ^{**} wird 2009/10 im Beteiligungsergebnis der Carl Zeiss Gruppe anteilig (at equity) berücksichtigt |
| Markte | Medical and Research Solutions | | Industrial Solutions | | Lifestyle Products | |

Vision - Datenbrillen

Mobile Visualisierung von Navigation, Mobile Phone, Sportcomputer,...



Motivation

Welche Vorteile ergeben sich für den Anwender ?

- **Hochmobile Alternative** zu heute üblichen mobilen Bildschirmen bei Laptop, Taschencomputer (PDAs), Mobiltelefon, Computerspiel

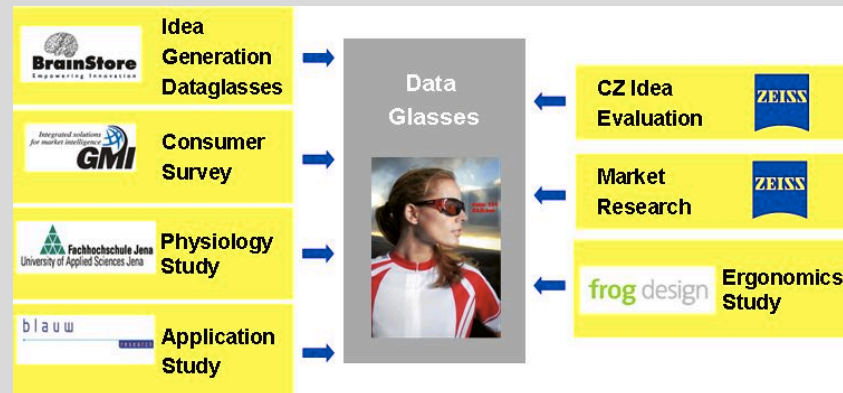
- **Hände frei** beim Betrachten der Szene



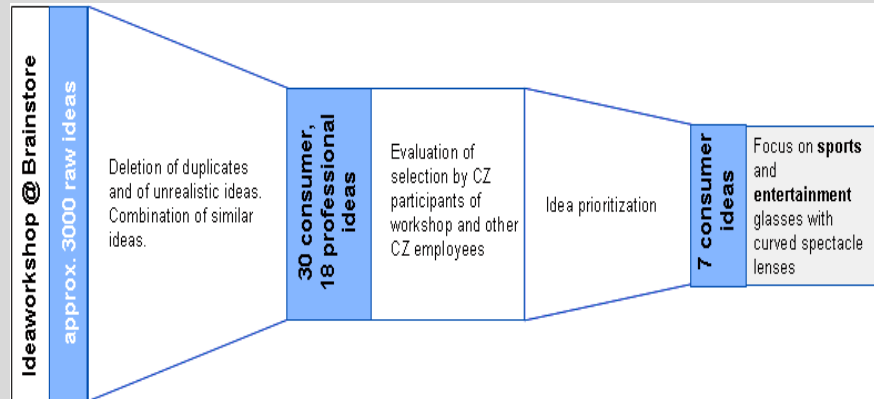
- **Private Betrachtung** einer Szene (z.B. vertrauliche Informationen besser geschützt als beim offenen Laptop)
- **Überblendmöglichkeit** („see-through mode“): Verknüpfung von realer und virtueller Welt: Computerinformationen werden über die jeweilige reale Sicht gelegt (Wearable Computing, Augmented Reality)

Externe und interne Studien zum Thema Datenbrille bestätigen: Sehr großes Zukunftspotential (Kundenbedarf, viele Applikationsfelder,...)

Internal and external evaluations



Idea Generation Data Glasses



Ergonomics studies

SEPTEMBER 2014

Ergonomie - Voruntersuchungen
Hintergrund & Zielrichtung

Bundesministerium für Bildung und Forschung

We make it visible.

Inhalt

- Gesichtstopometrien
- Brillengewicht / Zielgewicht (Konsumentenuntersuchung)
- Brillenaufbau
- Untersuchung Sportbrillengeometrien
- Untersuchung mp3 / Video-Brillengeometrien
- Lifestyle-Integration
- Materialien
- Materialaufstellung Referenzmodelle
- Fragenkatalog
- Empfehlung

frog design

Visual Perception Studies

SEPTEMBER 2014

Augenoptische Voruntersuchungen
Hintergrund und Ziele

Bundesministerium für Bildung und Forschung

We make it visible.

Ziel: Erfassung von subjektiven Bildgütekriterien
Versuchsabläufe mit bewegten und ruhendem Auge

| | sitzend | stehend |
|---|--|--|
| Voruntersuchungen und Vorbereitungen | Erste Versuchsreihe | Zweite Versuchsreihe |
| <ul style="list-style-type: none"> • Aufklärung des Probanden und Zielstellung • Sehteste (Visus, Kontrast, Farbe) • Einstellung des Spinningrades und HMD | <p>Messung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeichengröße • Feldposition • Unschärfe • Zeichenanzahl | <p>Messung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeichengröße • Feldposition • Unschärfe • Zeichenanzahl |

Gesamtdauer der Untersuchung: 45 – 60 min

Untersuchungsparameter

- Field of View
- Zeichengröße, Anzahl
- Eye Box
- Verzeichnung
- Unschärfe
- Zeichenposition

Fachhochschule Jena
University of Applied Sciences Jena

Stand der Technik HMDs und Datenbrillensysteme

Look Around Video HMD



Digital SeeThrough



SeeThrough - HMD



Look-Around Data Glasses

Rodenstock



Scalar



Brother



Eyetop



Teleglass



See Through Data Glasses

Nokia



Sony



Minolta



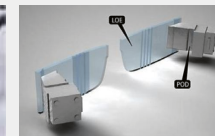
Zeiss



Microoptical



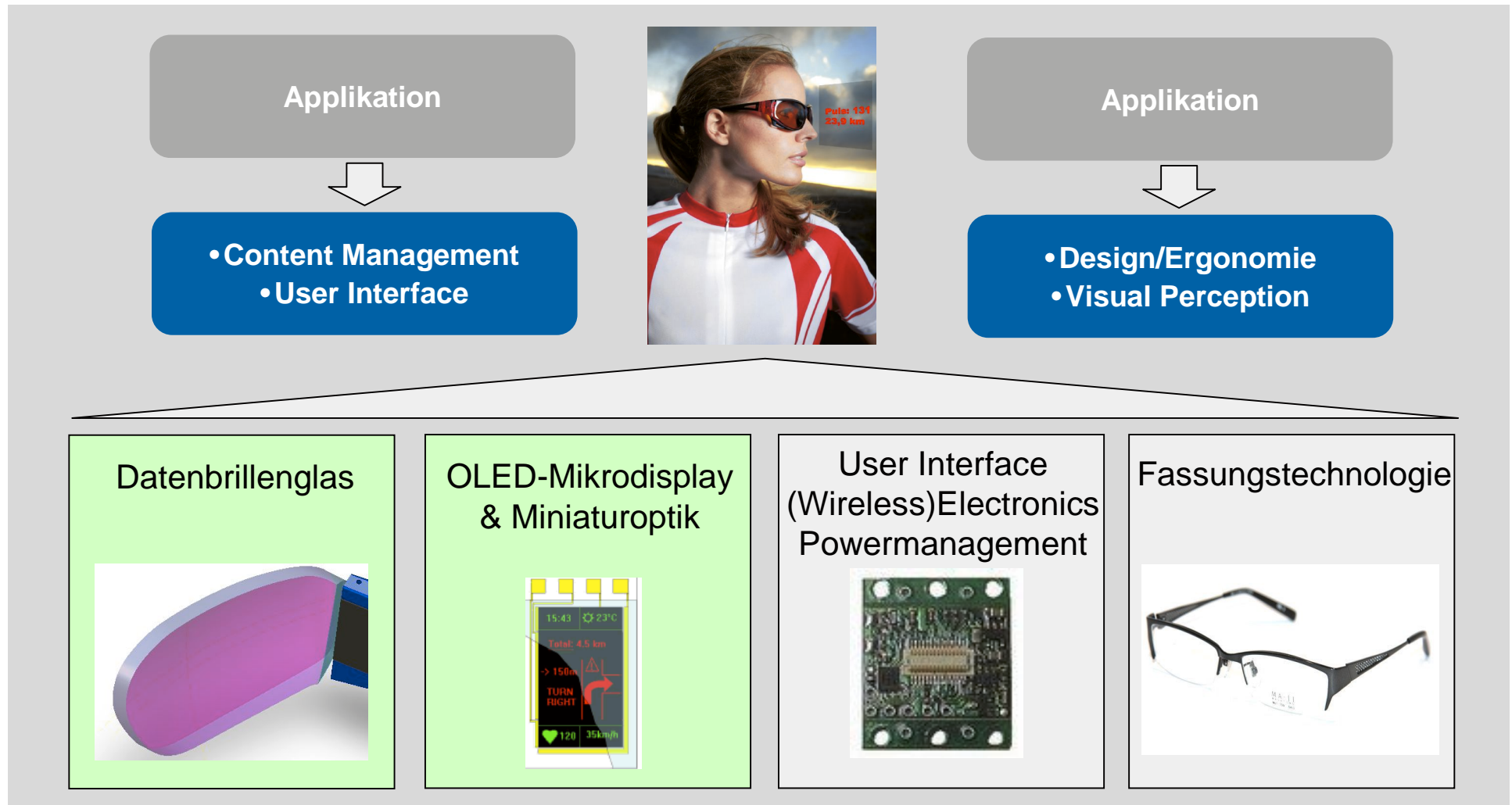
Lumus



Optinvent



Systemkomponenten und Baugruppen



Kenngrößen von HMD-Systemen



Optics

Field of View

Eye Box

Optical efficiency

Photometric

Luminance (virtual image)

Umfeldleuchtdichte

contrast (virtual image)

Eye glass transmission

Display Electronic

Display Resolution

Display Fläche

Display Luminance

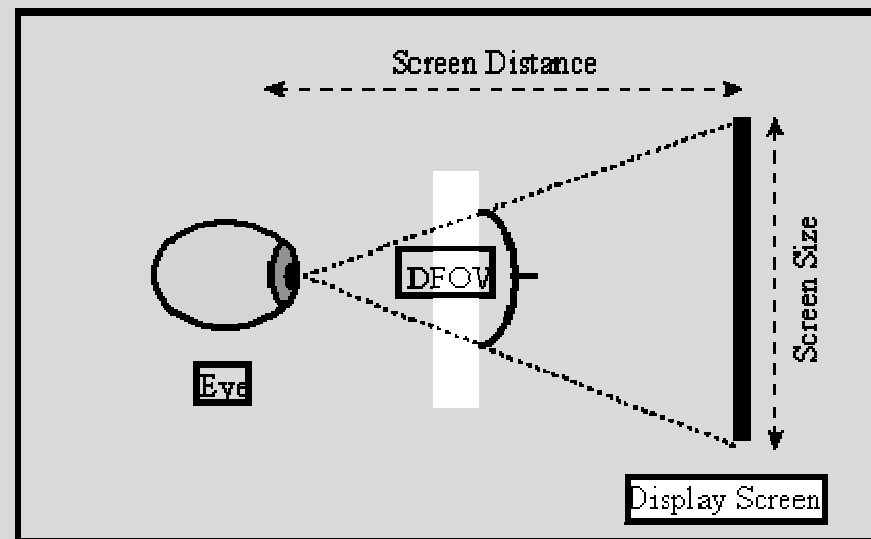
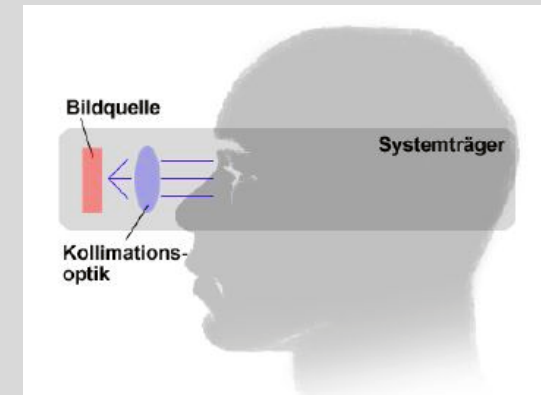
Stromverbrauch

Ergonomic

Bauraum

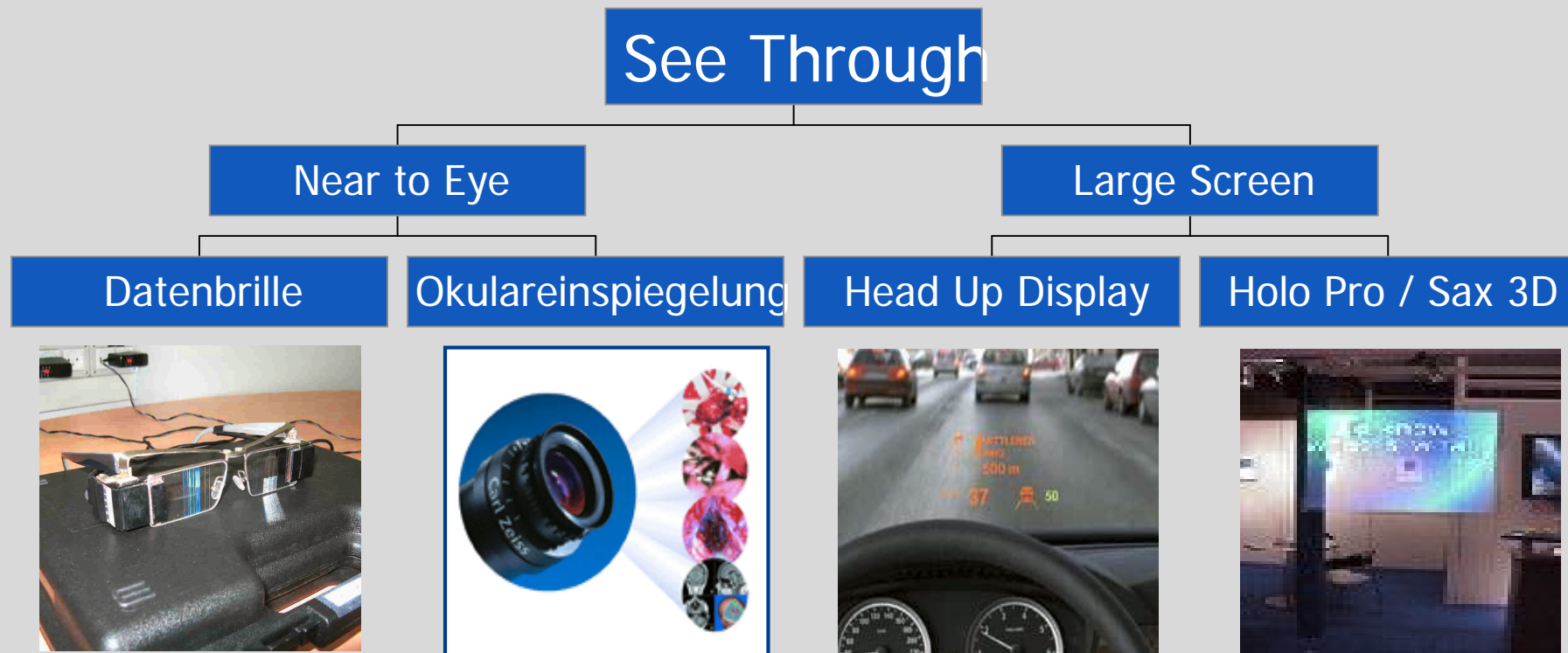
Gewicht

Thickness of Eye glasses



Mixed Reality Displays

Informationsbrillen → See-Through Systeme



Lichttechnische Parameter für See-Through-Systeme

Variierende Umfeldleuchtdichten stellen dynamische Anforderungen an die Leuchtdichte im virtuellen überlagerten Bild

1. Welche lichttechnischen Parameter spielen eine wichtige Rolle?
2. Welche Anforderung leiten sich davon an die OpticalEngine des NTE-Display ab?

Leuchtdichtebeispiele an einem Sonnentag → L [cd/m²]

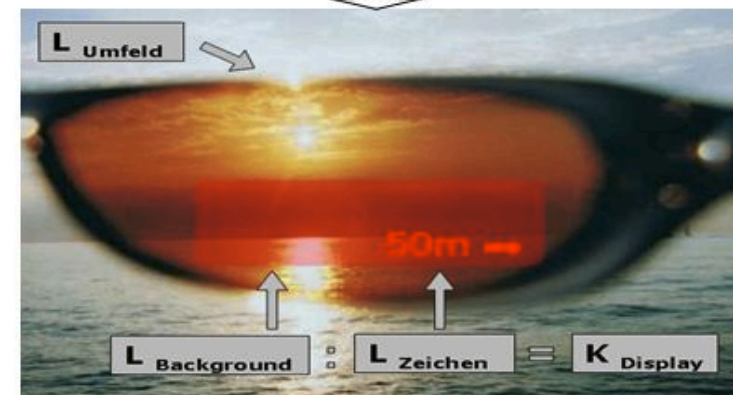


Typische Umfeldleuchtdichten

- mittlerer bedeckter Himmel: 2000 cd/m²
- mittlerer klarer Himmel: 8000 cd/m²
- blauer Tageshimmel: 10000 cd/m²
- trockene Fahrbahn: 100 ... 5000 cd/m²



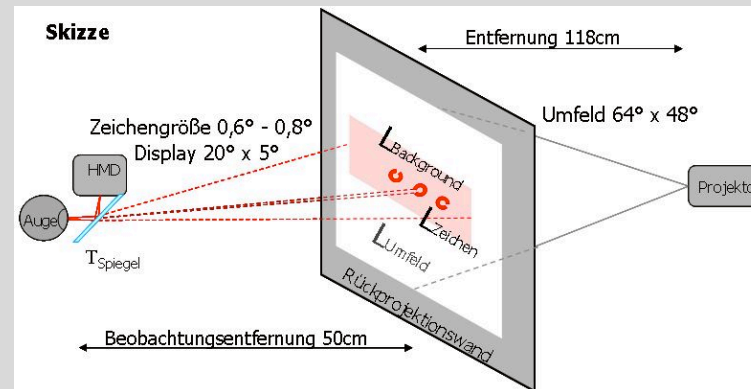
Applikationsspezifisch Umfeldleuchtdichte



Microdisplay
& Beleuchtungsoptik

Displaykontrast
Leuchtdichte Backlight

Ermittlung der photometrischen Anforderung Lichttechnischer Versuchsaufbau



Probanden

Anzahl: 30 Probanden (15w,15m)
Alter: 23-37 Jahre
Visus: $\geq 0,8$
Kontrastsehen: nicht eingeschränkt
sonstiges: keine Farbschwäche

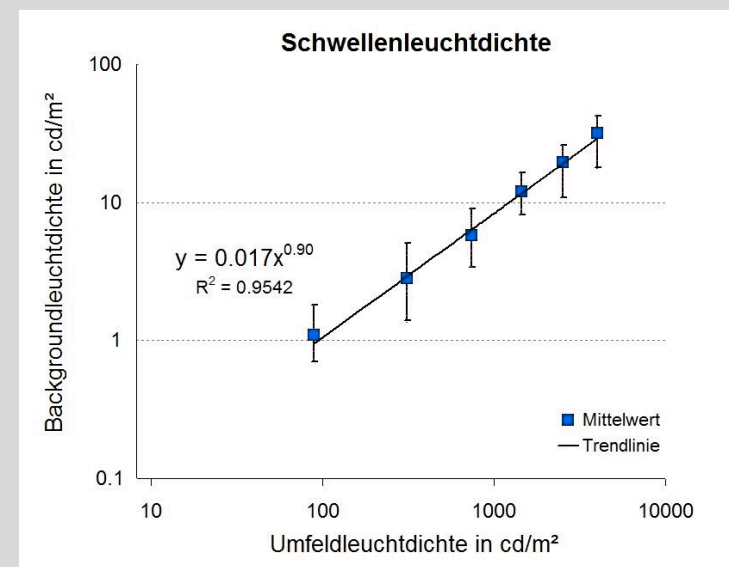
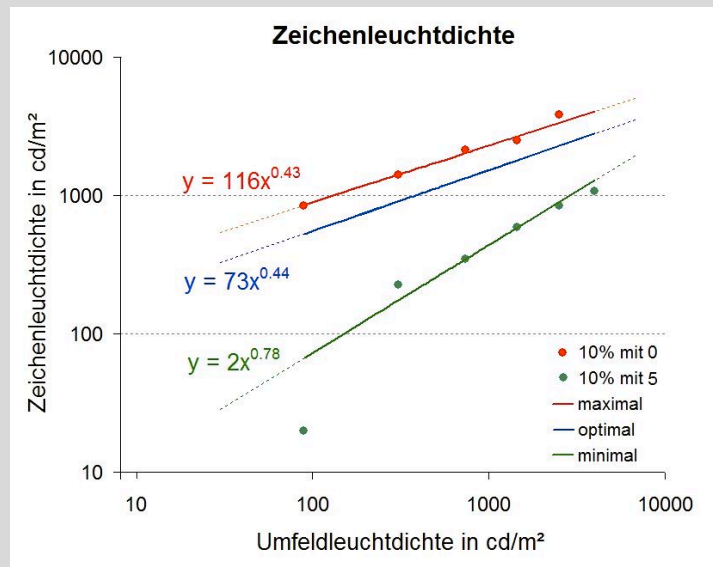
Geräteequipment

Microvision HMD (laserbasiertes System)
Einspiegelung: monokular (rechtes Auge)
Leuchtdichtebereich: 0 - 3850 cd/m²
Bildentfernung: 0,3 m - unendlich
Displayfarbe: monochrom rot (658 nm)

Rückprojektionssystem (zeissinterner Aufbau)
Leuchtdichtebereich: 0...10000 cd/m²

Ermittlung der photometrischen Anforderung

Ergebnisse: Leuchtdichtespezifikation für Zeichenleuchtdichte & Kontrast



Zeichenleuchtdichte

Zeichenleuchtdichte als Potenzfunktion der Umfundleuchtdichte darstellbar

Optimal : $L_{Zei} = 72,7 \cdot L_{Um}^{0,44}$

Minimal : $L_{Zei} = 2,1 \cdot L_{Um}^{0,78}$

Maximal: $L_{Zei} = 115,7 \cdot L_{Um}^{0,43}$

↻

Anforderung an die Leuchtdichte des virtuellen Bildes

| Übersicht optimale Zeichenleuchtdichte und erforderlicher Bildgeberkontrast | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| L_{Um} [cd/m²] am Auge | L_{Zei} [cd/m²] am Auge | Kontrastverhältnis des Bildgebers | Kontrast der Zeichen zum Umfeld |
| 10 | 201 | 1489 | 20 |
| 100 | 554 | 516 | 5,5 |
| 1000 | 1525 | 179 | 1,5 |
| 10000 | 4183 | 62 | 0,4 |

Wahrnehmungsschwelle

$L_{Schwelle} = 0,017 \cdot L_{Um}^{0,9}$

↻

Anforderung an die Leuchtdichte des Schwarzpegel im virtuellen Bild

Unterschiedsempfindlichkeit ist ab ca. 300 cd/m² konstant bei 0,008

L_{Um} 10 - 10000 cd/m²

L_{backg} 0,13 - 66 cd/m²

Lichtführung im Datenbrillenglas

Lichttechnische Verhältnisse am Beispiel "Gitterbasiertes Datenbrillensystem"



Leuchtdichte des Bildes am Auge

$$L_{\text{Zei}} = L_{\text{Chip}} \cdot \tau_{\text{Einsp.}}$$

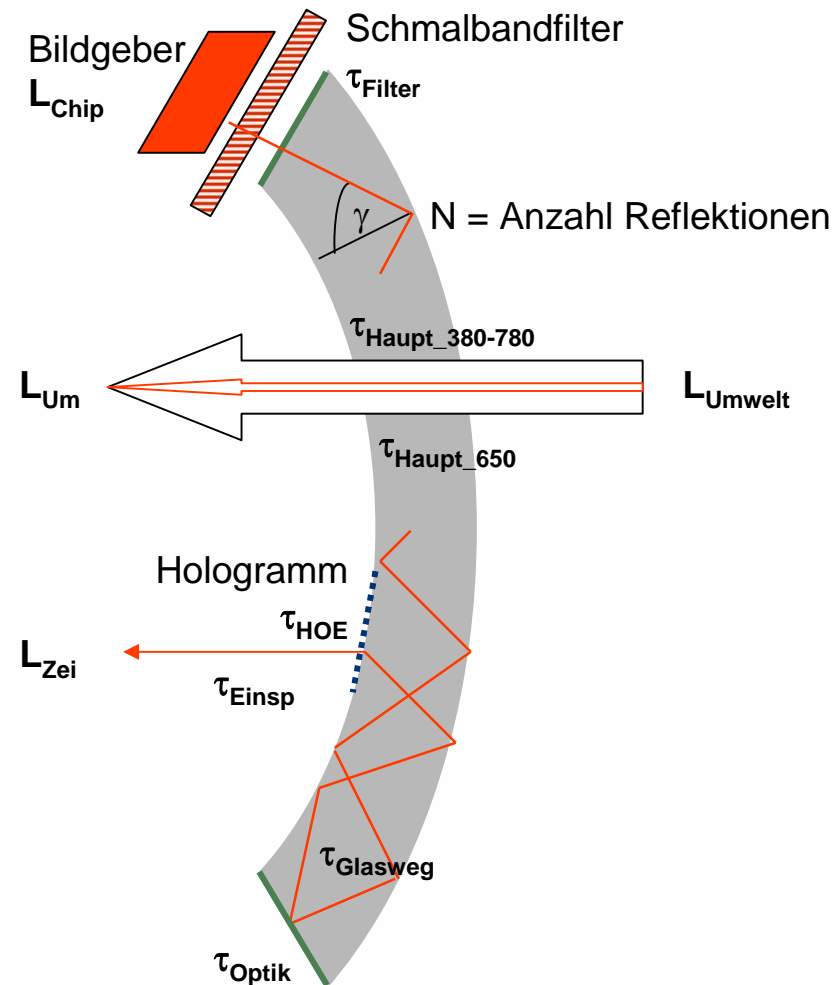
$$\tau_{\text{Einsp.}} = \tau_{\text{Filter}} \cdot \tau_{\text{Optik}} \cdot \tau_{\text{Glasweg}} \cdot \tau_{\text{HOE}}$$

$$\tau_{\text{Glasweg}} = \tau_{\text{Haupt_650}}^{N/\cos\gamma}$$

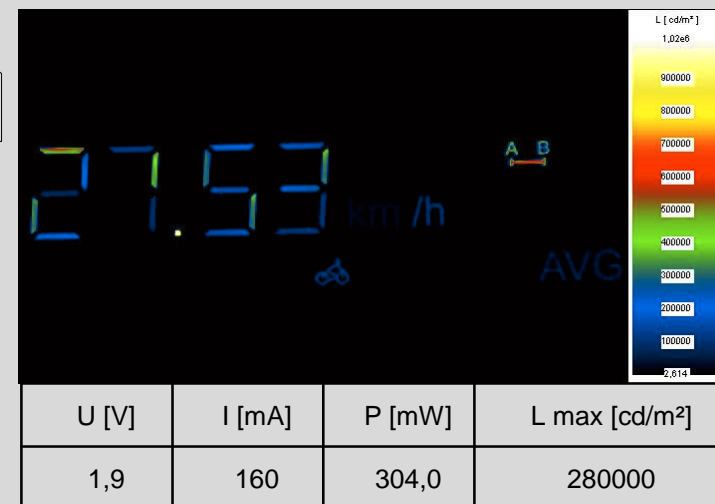
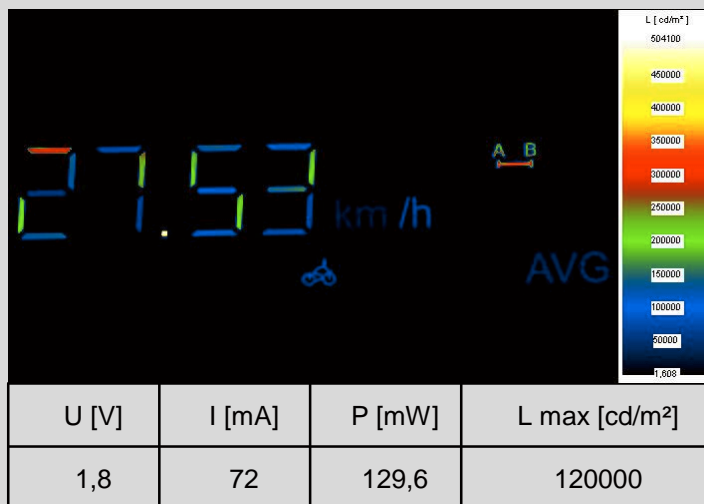
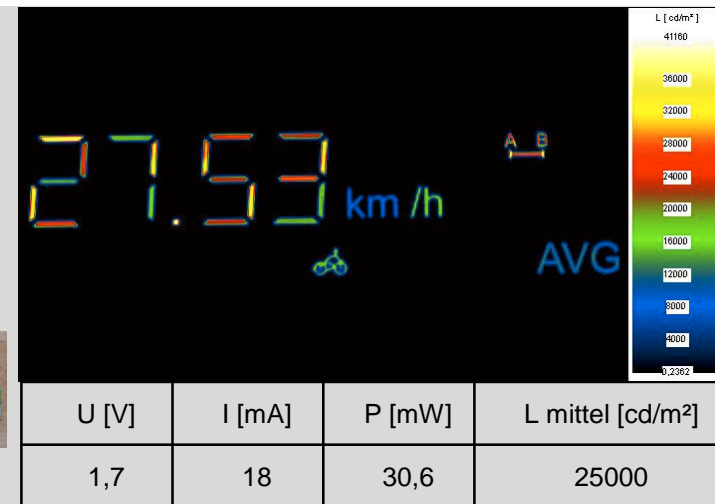
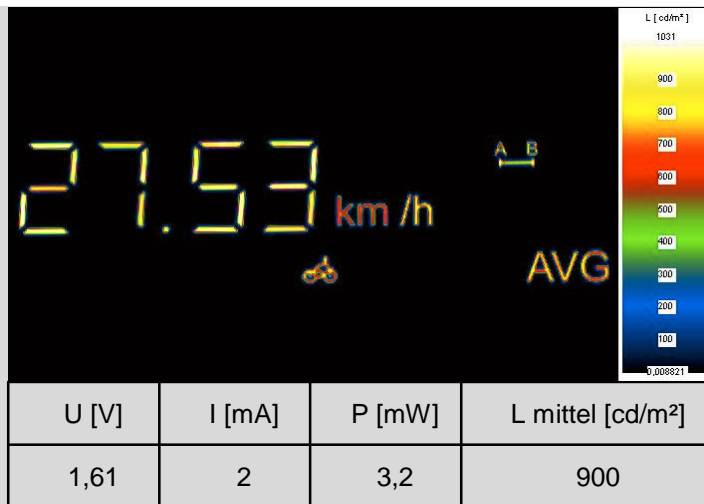
Fazit:

Anforderung an die
Displayleuchtdichte

L_{Display} : 10000 ... 100000 cd/m²



Displayleuchtdichten von LED_Segmentanzeigen bei unterschiedlichen elektrischen Parametern



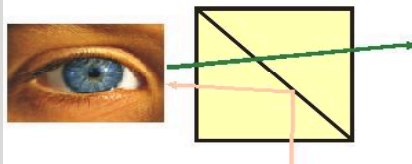
Optische Aspekte

Optikprinzipien zur Strahlcombination von Umfeld und Dateneinspiegelung



Grundaufgabe der Anwendung

**Klassisch
(Strahlteilerwürfel)**



Diffraktiv

- + Transparenz
- + hohe Auflösung im Bild und SeeThrough
- + keine Schutzabdeckung bei Volumengitter
- Falschlicht d. Beugung
- Schmalbandig (<20nm bei Volumengitter (<20nm pro Farbkanal)
- Schutzabdeckung notwendig bei Phasengitter

Fresnel

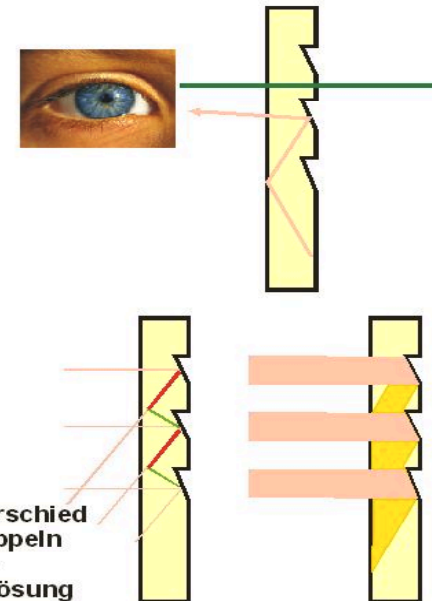
- + breitbandig
- + hohe Effizienz
- + kein Schutzglas
- + Hartcoating möglich
- + kein Pupillenversatz
- 300 um Strukturen
- Auflösungsverluste

**Spektrale Aufspaltung
>> monochrom. Appl.**

**Diffraaktiver Ansatz
(DOE/HOE)**



**Refraktiver / Reflektiver Ansatz
(Fresnelstruktur)**



**Weglängenunterschied
> Spiegel entkoppeln
> Strukturgröße bestimmt Auflösung**

Ansätze

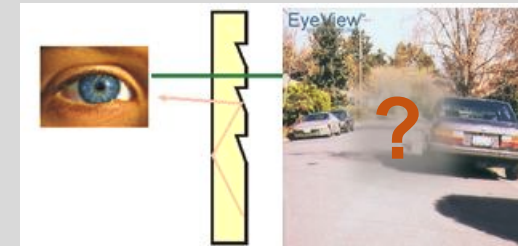
Grenzen

**Regelmäßige Abschattungen
> Doppelbilder
> Strukturgröße bestimmt Auflösung**

Mikrostrukturierte Brillengläser

Visual Perception Anforderung

- Background:** - Data glasses need micro structured surfaces
- Target of work:** - Influence of micro structured eye glasses to Contrast sensitivity (See-Through-Quality)
- Tasks:** - Visual perception tests
- Image Simulation with visual perception test results



EyeView® — Visual Acuity Testing Software Functional Acuity Contrast Test (FACT)

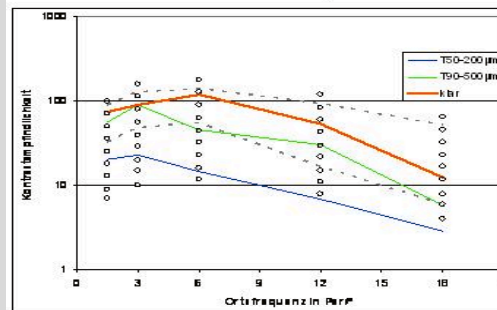
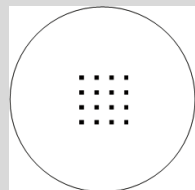
(Stereo Optical Company/Vision Sciences Research Corp.)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Score | Score |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|-------|
| A (1.5) | L | U | R | U | L | R | L | U | R | 4 | |
| B (3) | R | L | R | L | R | U | L | R | U | 3 | |
| C (6) | U | R | L | U | R | U | R | L | R | 2 | |
| D (12) | L | R | U | R | U | L | U | R | L | 1 | |
| E (18) | U | L | R | U | L | R | U | R | U | 0 | |

F.A.C.T. -Test (ANSI Standard Z80. 12-2007)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | |

Right Up Left



- Erfassung der richtig erkannten Patches
- Berechnung der Kontrastempfindlichkeitskurven
- Simulation des Seheindrucks anhand der Kurve



klare Folie

T=0,9, 500µm

T=0,5, 200µm

BMBF-Data Glasses - Forschungsprojekte

BMBF VISULASE 2005-2007 und BMBF MOLAS 2008-2011

Projektziele:

1. Keine externe Optik im Brillenbügel
2. Optische Ankopplung an verschiedene Bildgeber
3. Optimiertes Datenbrillenglas
 - Exzellentes SeeThrough
 - 2x optisch aktive Oberflächen (refraktiv oder diffraktiv)
 - gekrümmte Kunststoffgläser



Displaytechnologien für Datenbrillen

Datenbrillen - Demonstratoren



Taucherdatenbrille (Phasenhologramm)

- Planglas mit 2x HOEs
- LED-Segment
- keine ext. abb. Optik



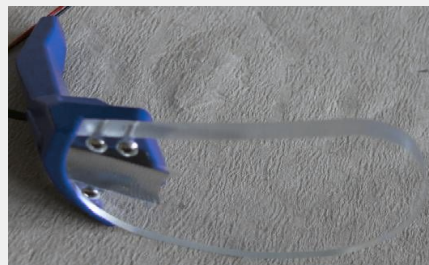
Freiformfresnelglas (Freiform-Fresnelbasiert)

DEMO Planglas

- PMMA mit 2x FFF
- LED-Segment
- keine ext. abb. Optik

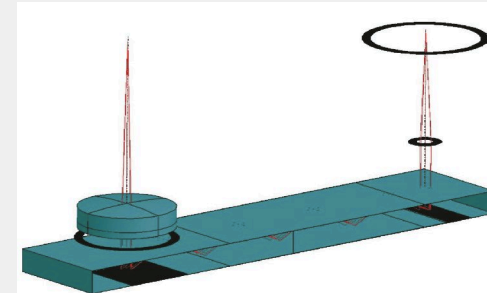


gekrümmtes DEMO-Glas



Planplatte (Volumenhologramm)

- Polymerfolie auf PMMA
- LED-Segment
- externe abb. Optik



Datenbrille

Status und Zusammenfassung

Phase 1: Datenbrille "Proof of Principle"

- Lichttechnisch - augenoptische Spezifikationen
- Bewertete & getestete Optikprinzipien zur Dateneinspiegelung
- Bewertete und getestete Display/Optroniktechnologien
- Technologie & Herstellkonzepte für Datenbrillengläser
- Datenbrillendemonstratoren "Proof of Principle"
- Business Konzepte (parallel zum BMBF-Projekt)



Phase 2: "Minimierung der Show Stopper & Proof of Concept"

1. Technologische Show Stopper (Fertigungstechnologie, Meßtechnik)
2. Applikative Show Stopper (Einstiegsbusiness, Partner,)
3. Produktlastenheft



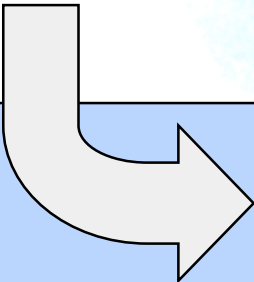
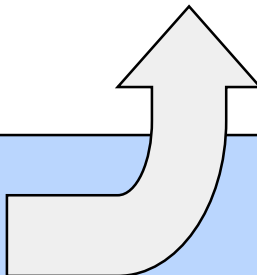
Phase 3: "Produktentwicklung"

1. Technologieentwicklung "Datenbrillengläser"
2. Produktentwicklung "Datenbrille" mit favorisierten Partnerfirmen



... we make it visible ...



- 
- Ergonomische Anforderungen
 - Physiologische Spezifikation
 - Intelligentes Contentmanagement
 - Angepaßtes User Interface
 - Mikrosystemintegration (Optik, Display, Elektronik, Akku)
- 



We make it visible.