ENERGIE WENDE BAUEN

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

TaHo

Energie- und kosteneffiziente Tageslichtbeleuchtung mittels mikrooptischer Baukomponenten: Demonstration Struktur für Vertikalfassaden. Neue Struktur für Horizontalfassaden und Dachoberlichter

Dr. Jan de Boer, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, und
Prof. Dr. Helmut Müller, Green Building R&D GmbH

,

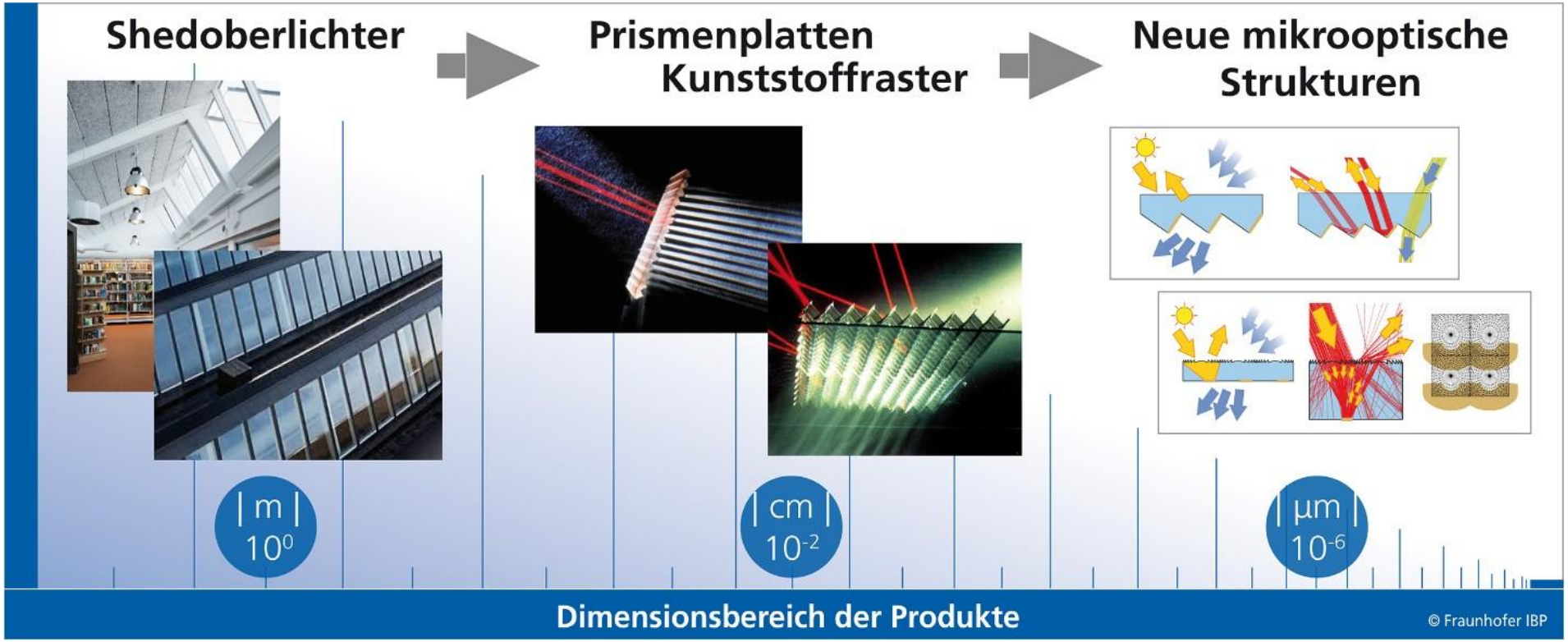
5.3.2025, EWB-Stunde

JUNGBECKER Enlightening Solutions · temicon micronano solutions · OKALUX .LIGHT LOVES GLASS · SSP · tu technische universität dortmund · KVWL · KR KREFELD · durlum · Fraunhofer IBP · green building

Problemstellung – **Vertikale Fassaden**

Mikrooptische Komponenten für Tageslichtnutzung und Sonnenschutz gestatten eine erhebliche Verbesserung der Energieeffizienz, Lebenszyklusbilanz und Aufenthaltsqualität in Gebäuden

Problemstellung - **Dachoberlichter**



Mikrooptische Komponenten für Tageslichtnutzung und Sonnenschutz gestatten eine erhebliche Verbesserung der Energieeffizienz, Lebenszyklusbilanz und Aufenthaltsqualität in Gebäuden

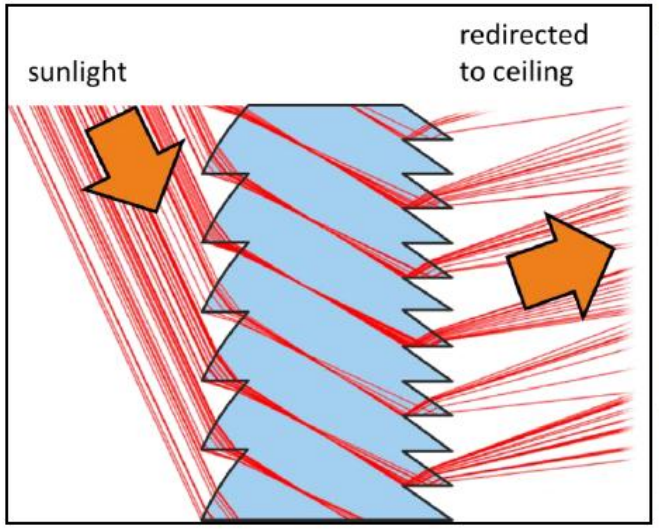
Agenda

1. Problemstellung
2. **Struktur für vertikale Fassaden**
   - Lösungsansatz / Struktur
   - Fertigungsverfahren
   - Planungsdaten
3. Demonstration vertikale Fassaden
4. Strukturentwicklung für Dachoberlichter
5. Zusammenfassung / Ausblick

2. Struktur für vertikale Fassade

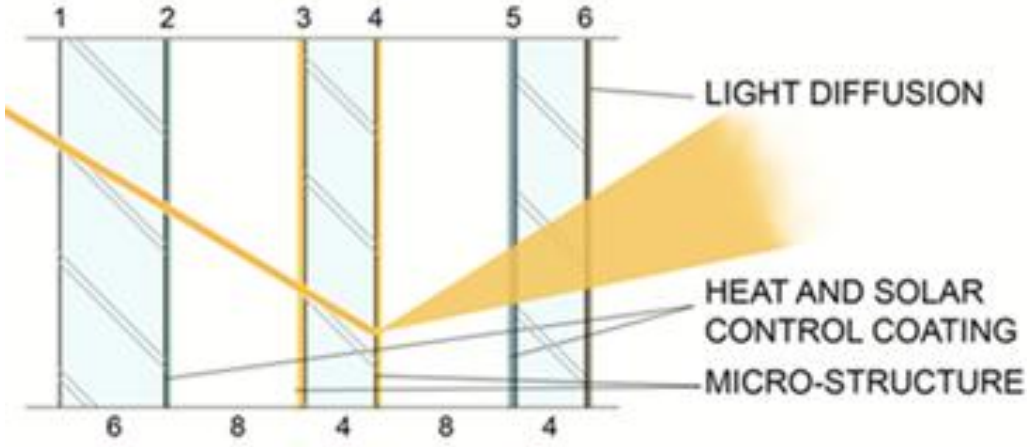
Funktionsprinzip

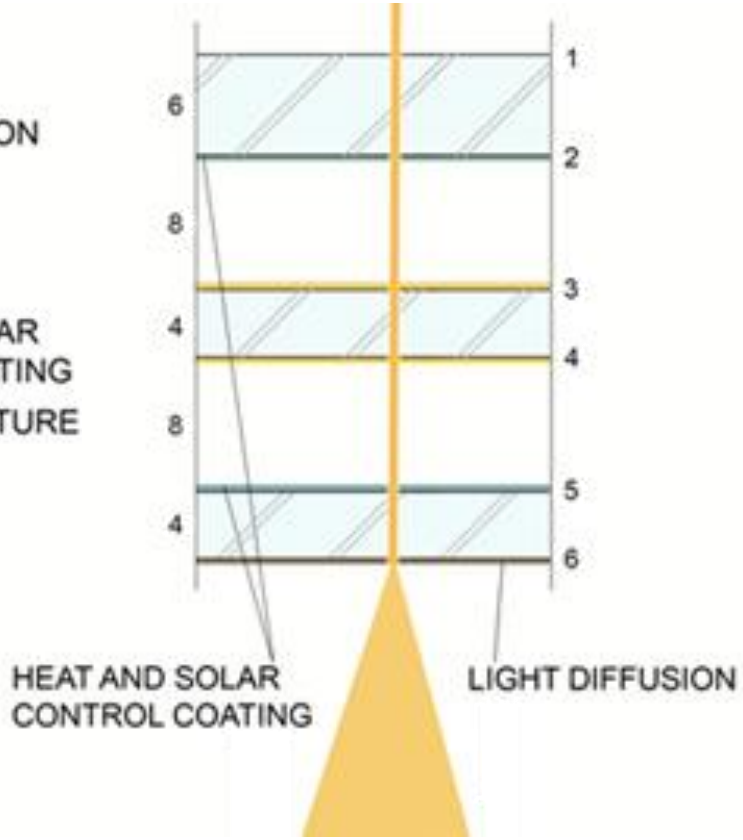
+ Keine Nachführung
+ Lichtumlenkung bis 70° Sonnenhöhe
+ Materialeinsparung von 75 % gegenüber früherer Lösung (Lumitop)
+ Blendfreie Beleuchtung tiefer Räume durch 40 bis 50 cm im oberen Fensterbereich
+ Senkung von Stromkosten und Gesamt-Primärenergieverbrauch



2. Struktur vertikale Fassade

Aufbau des lichtlenkenden 3-Scheiben-Isolierglases



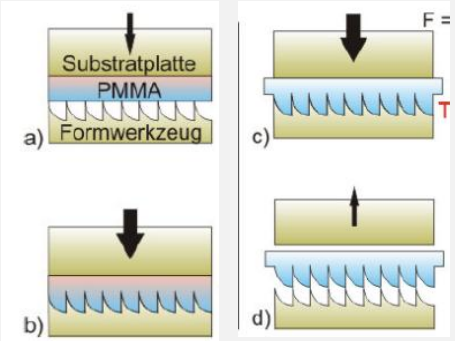


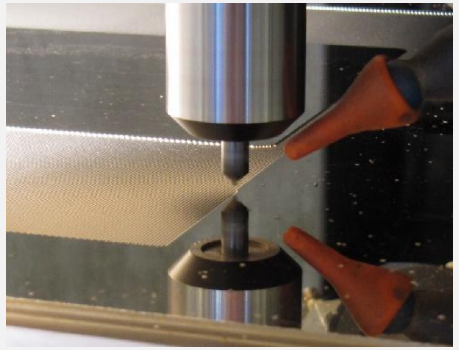
+ Vertikale Lichtumlenkung durch mittlere Scheibe (3, 4)
+ Horizontale Lichtstreuung durch innere Scheibe (6)
+ Wärme- und Sonnenschutz-beschichtung auf Außen- und Innenscheibe (2, 5)
+ Edelgasfüllung in Scheibenzwischenräumen.

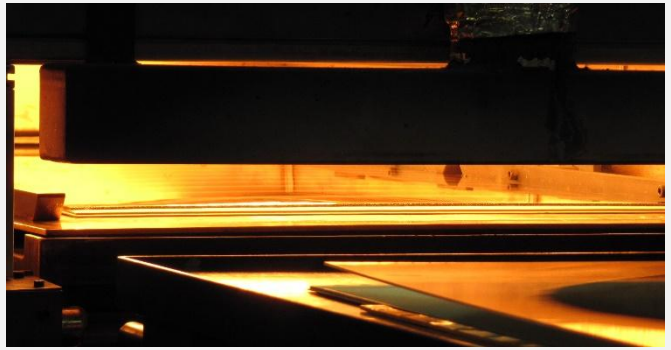
2. Strukturentwicklung vertikale Fassade

Herstellung

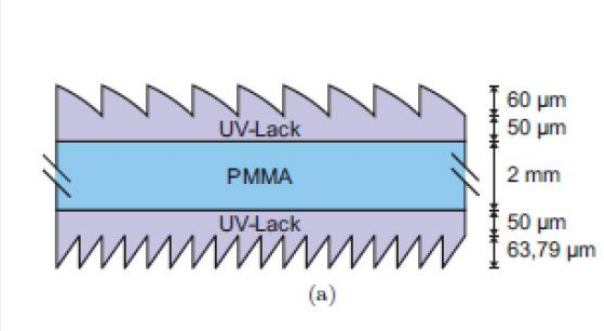
Heißprägen (0,5- 1 mm)







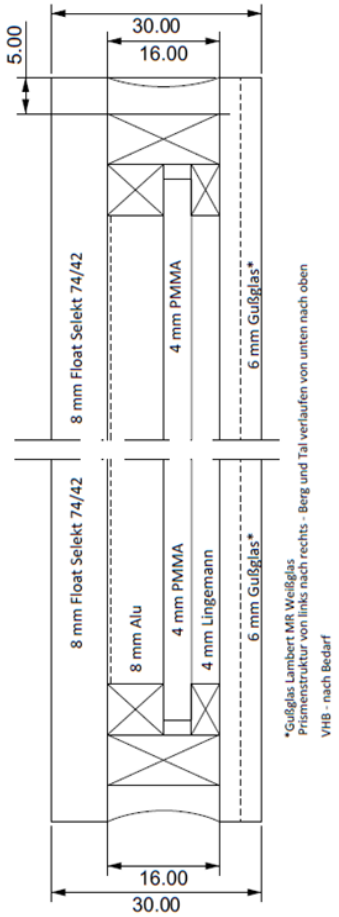
UV-Nanoimprint (50 µm)

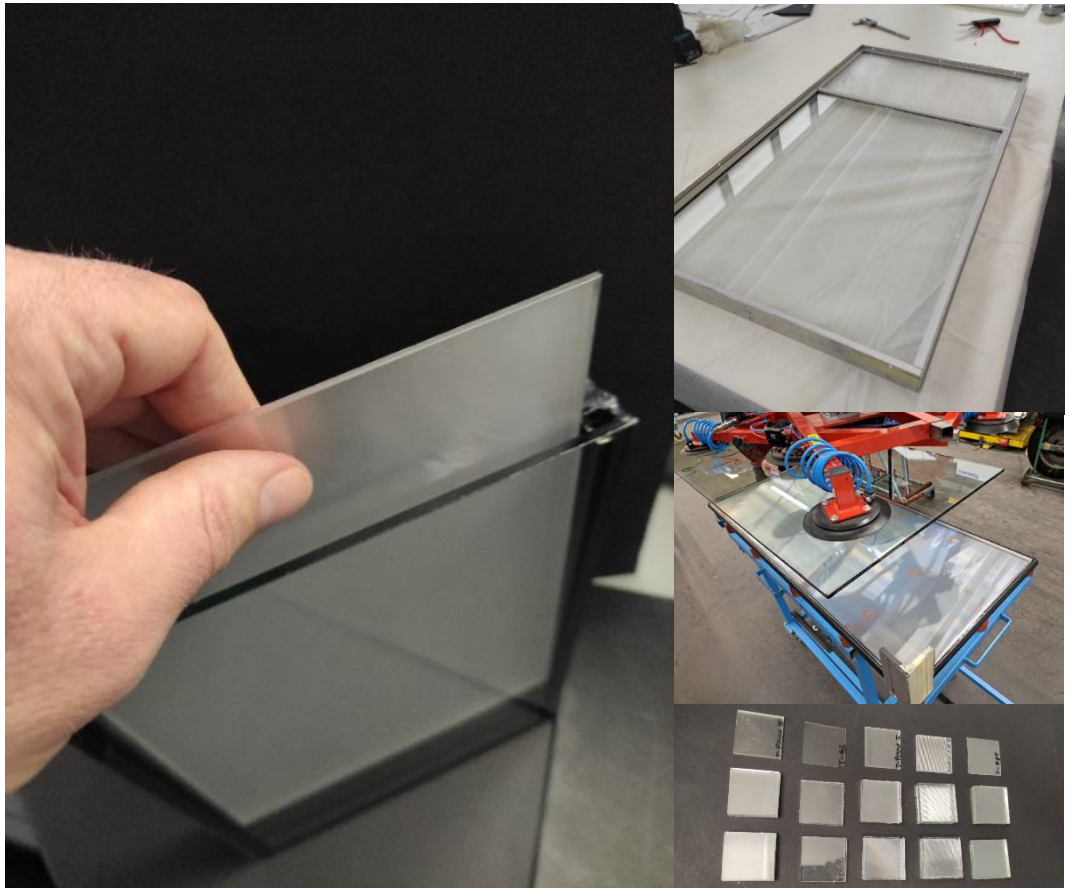


2. Strukturentwicklung vertikale Fassade

Integration in Scheibenverbünde

- Neuer Randverbund Isolierglas
- Montageabläufe
- Tests
  - Fogging
  - Klimawechseltest 80 °C (9 h), -18 °C (15h)
  - Mechanische Tests (Transporttests)
  - UV – Tests (290 nm, 1000h)

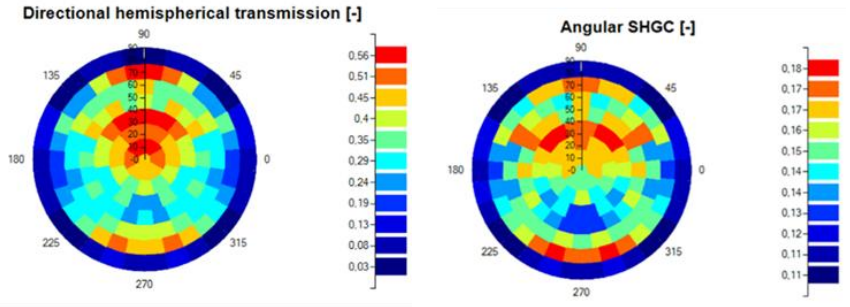


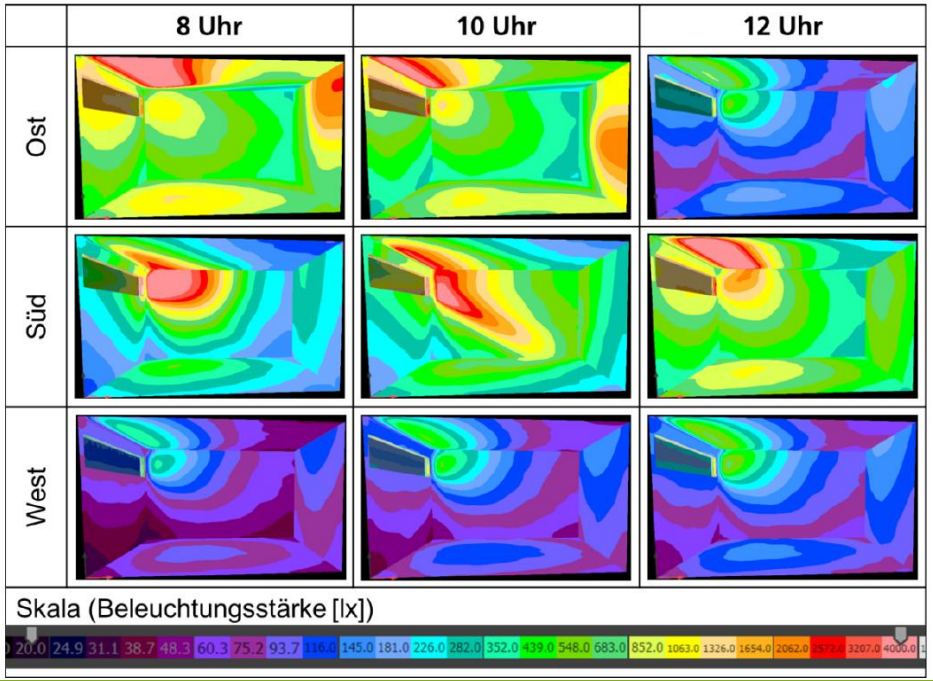


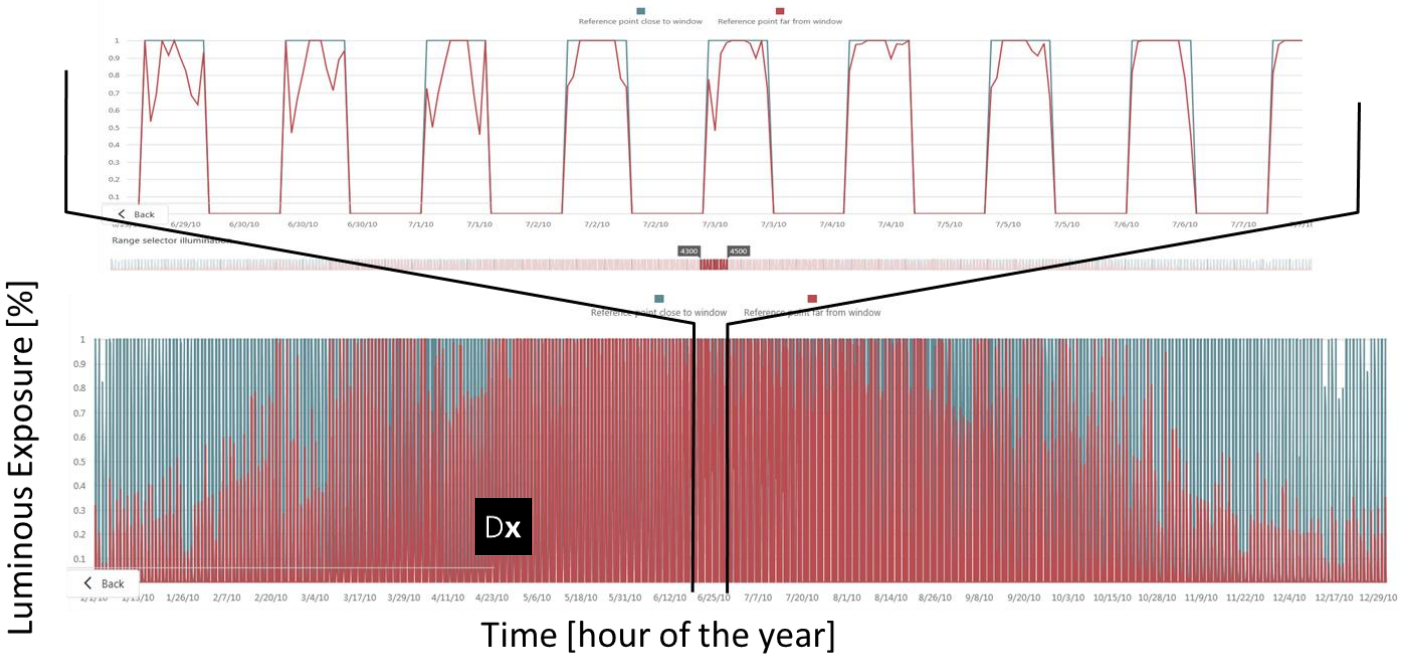
2. Strukturentwicklung vertikale Fassade

Technische Kennwerte, Planungsunterstützung

- Bauphysikalische Kennwerte (Lichttransmission, g-Wert)
- Modelle für Nutzung in Planungssoftware (DIALux, Trnsys, …)
- Schnellbewertung Tageslichtautonomie / Energiebedarf Beleuchtung





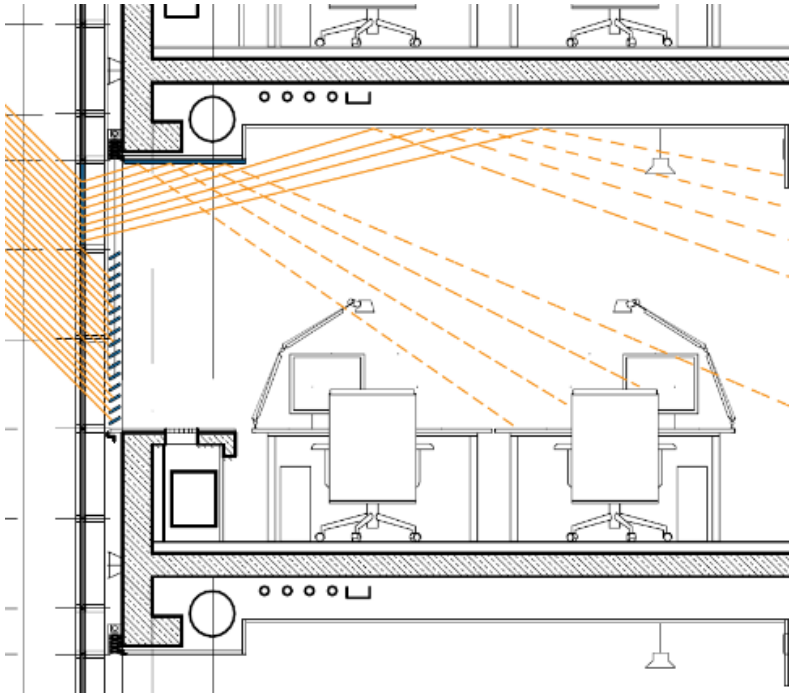


Agenda

1. Problemstellung
2. Struktur für vertikale Fassaden
3. **Demonstration vertikale Fassaden**
   - Verwaltungsbau: KVWL Dortmund
   - Schulbau: Stadt Krefeld
   - Videos(Digitaler Rundgang)
4. Strukturentwicklung für Dachoberlichter

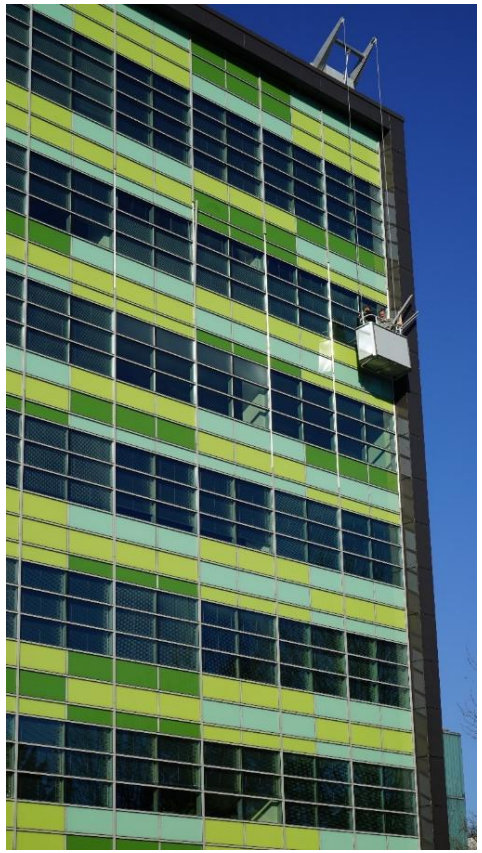
3. Demonstration vertikale Fassade

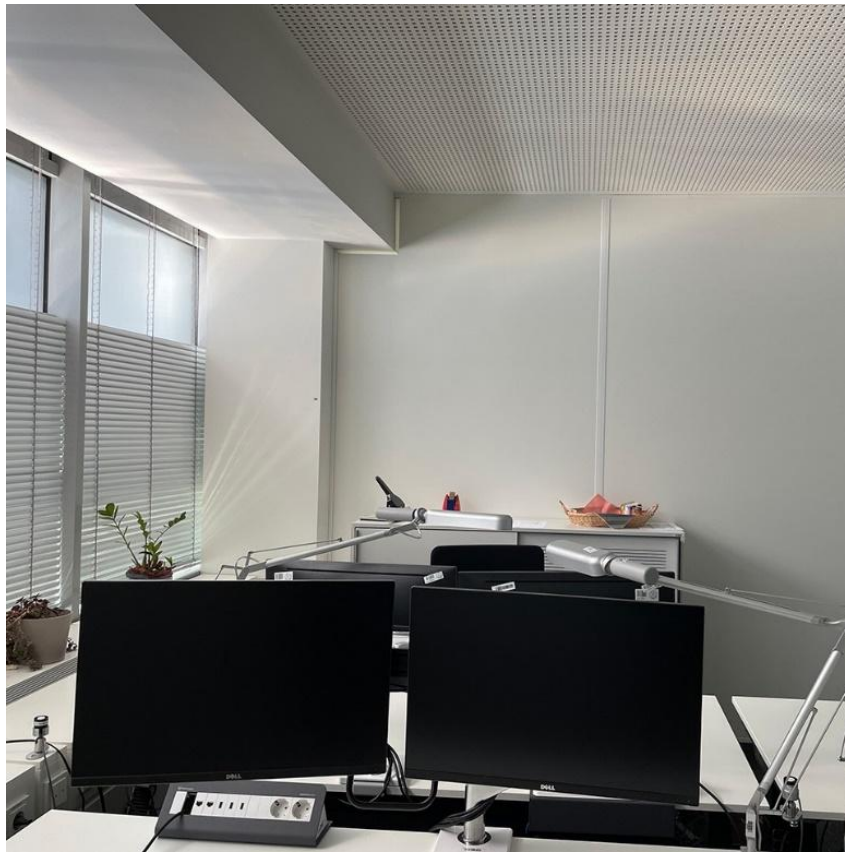
Verwaltungsbau: KVWL Dortmund: Bestand, Außen- und Innenansicht, Umbau

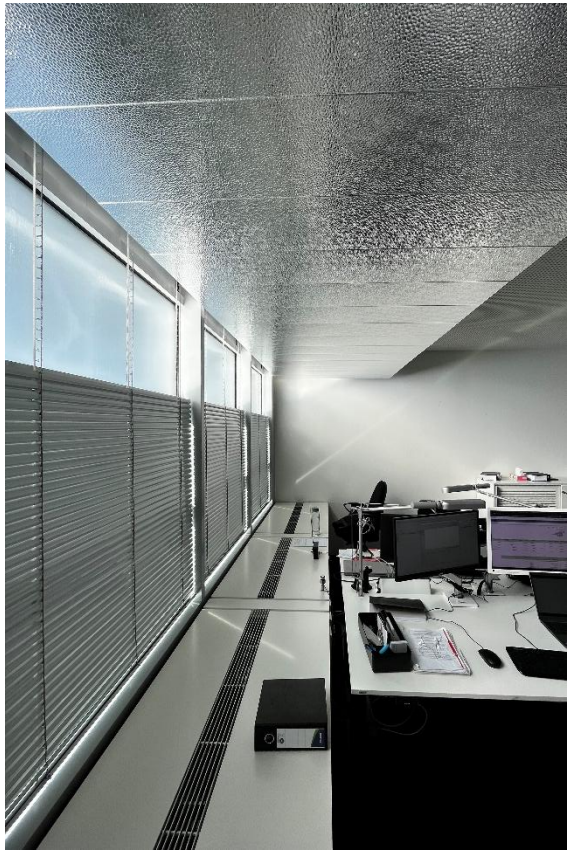


3. Demonstration vertikale Fassade

Verwaltungsbau: KVWL Dortmund | Umbau im laufenden Betrieb

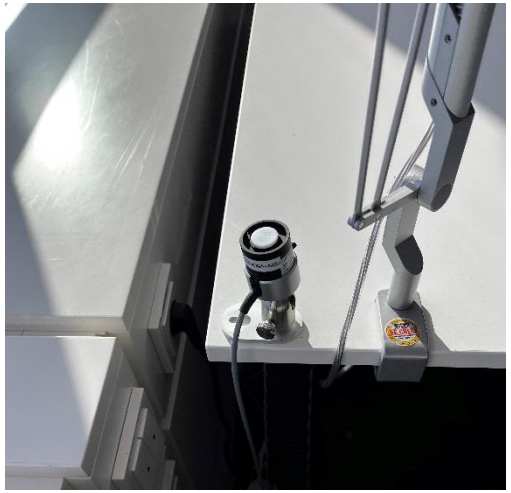


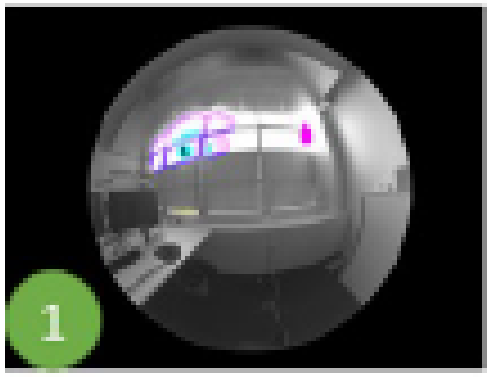


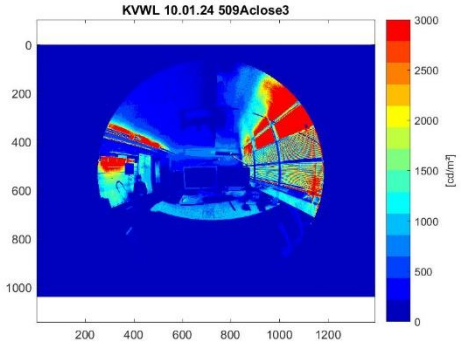


3. Demonstration vertikale Fassade

Verwaltungsbau: KVWL Dortmund |Messprogramm



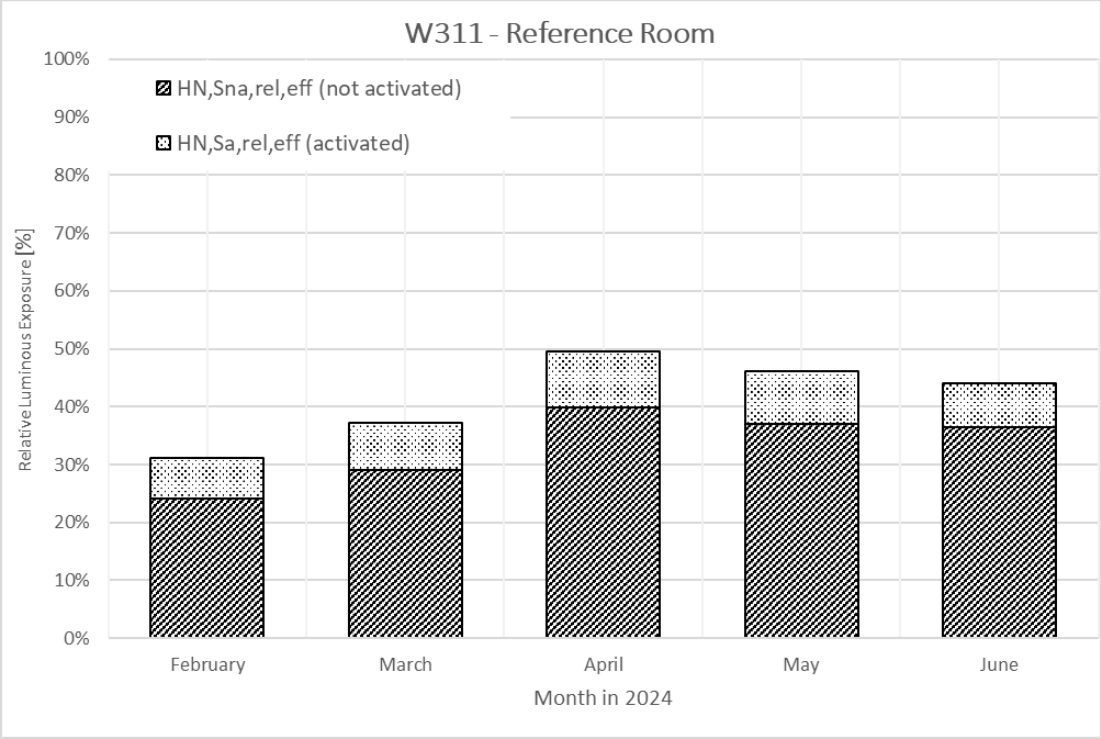




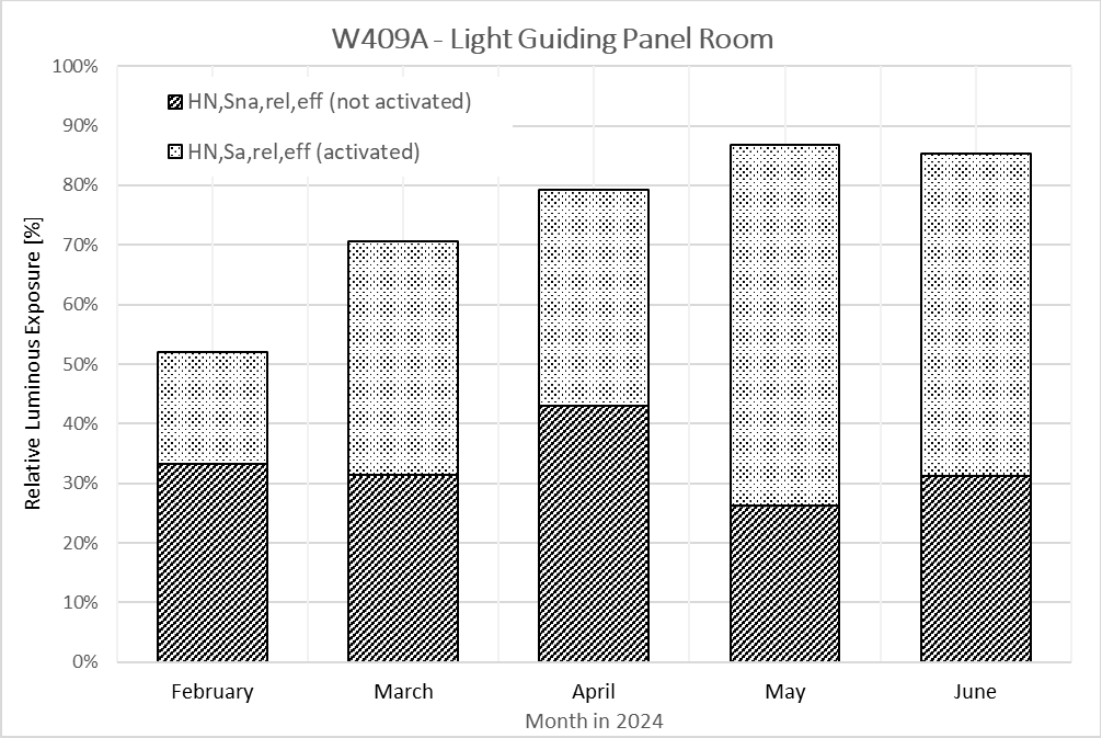
3. Demonstration vertikale Fassade

Verwaltungsbau: KVWL Dortmund | **Tageslichtautonomie** (rel. Nutzbelichtung)

Referenzraum (konventionellesFenster)



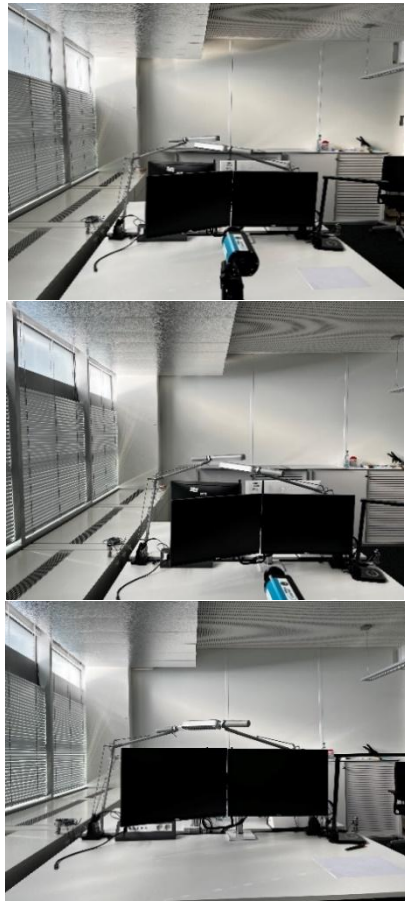
Testraum mit Lichtlenkung + Deckenreflektoren

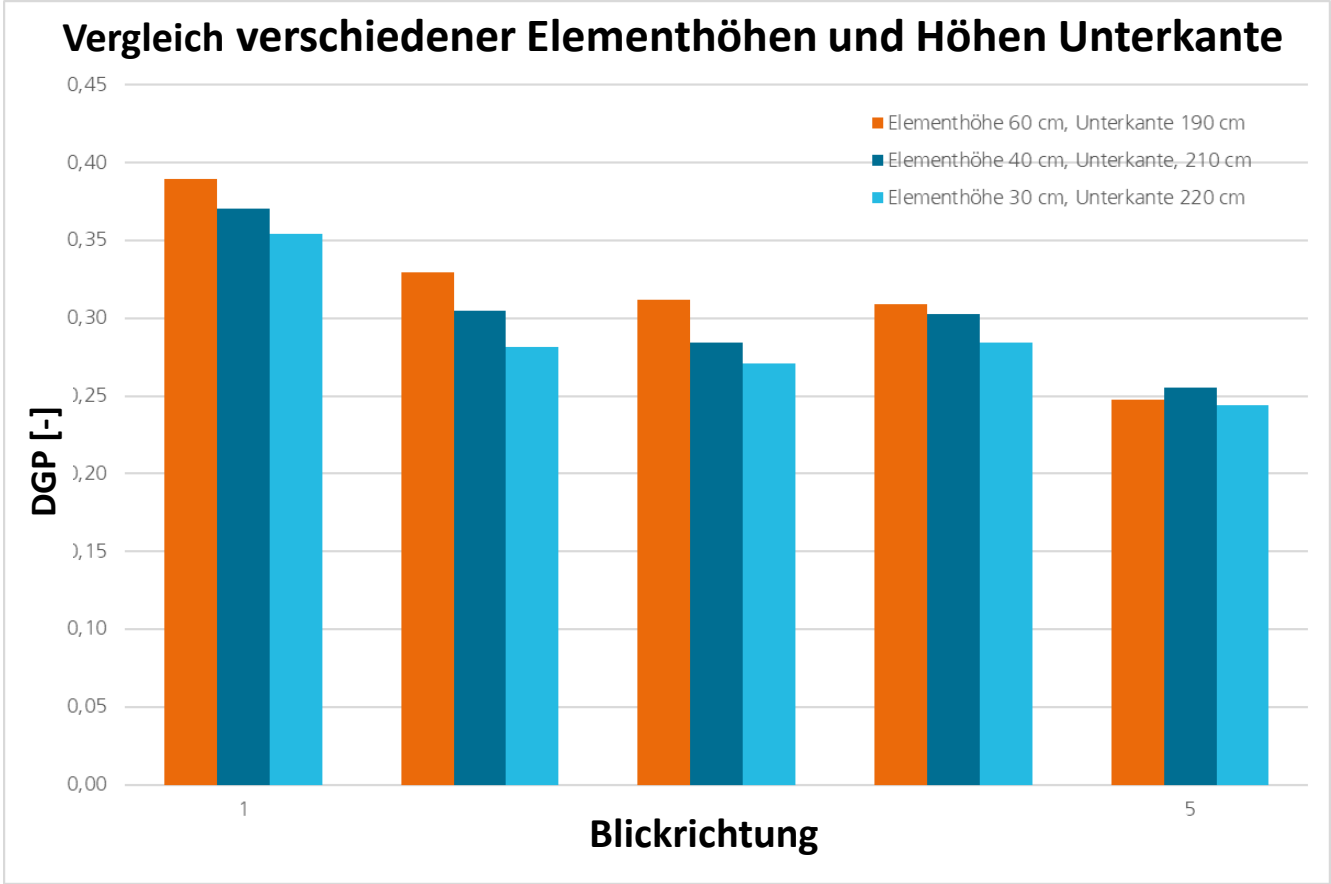


3. Demonstration vertikale Fassade

Verwaltungsbau: KVWL Dortmund |Visueller Komfort

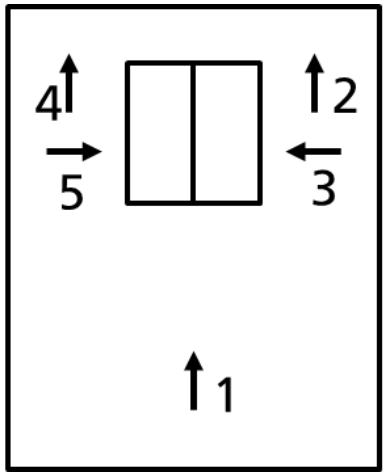
(Daylight Glare Probability, DGP, DIN EN 17037)





Blickrichtung

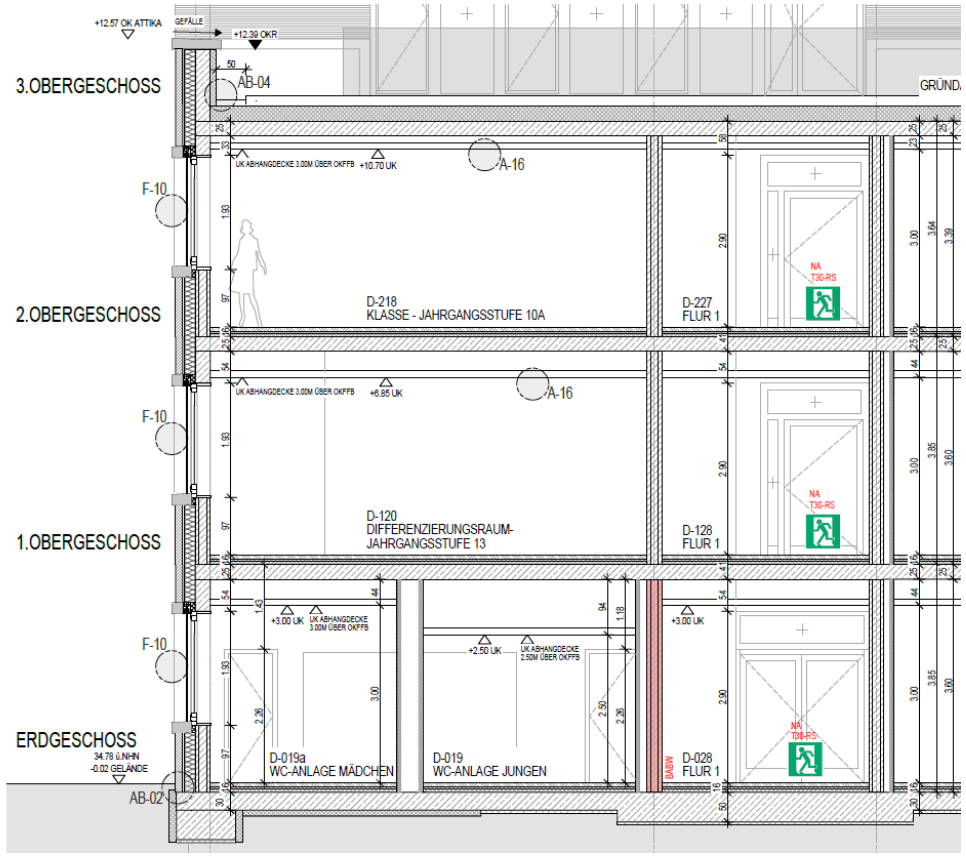
Außen



DGP > 0,35: „Blendung feststellbar aber meistens nicht störend“

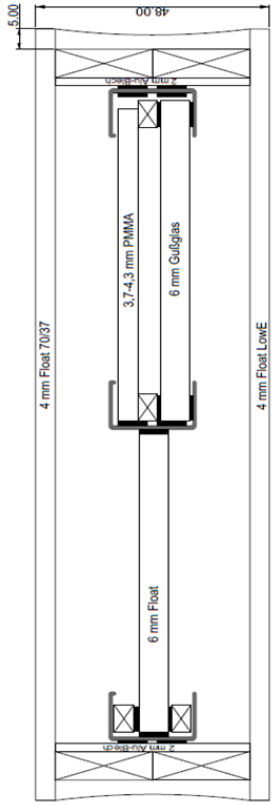
3. Demonstration vertikale Fassade

Schulbau: Gesamtschule Krefeld Oppum, Süd-West-Fassade, Vertikalschnitt



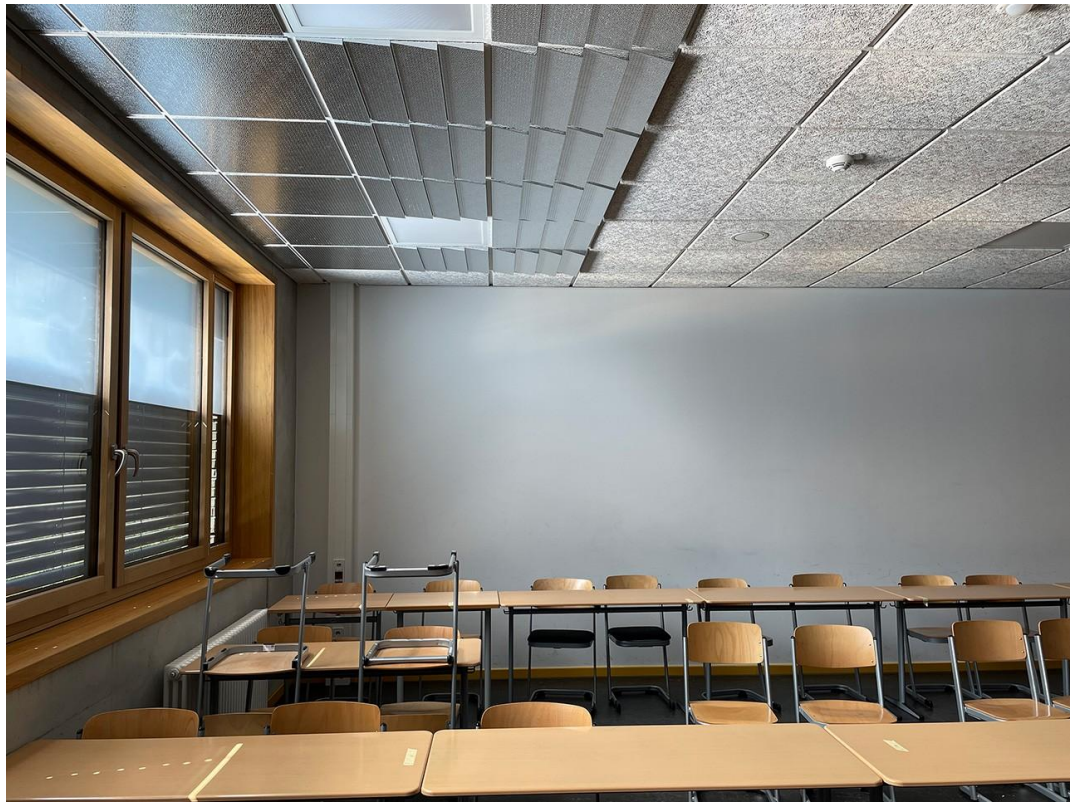
3. Demonstration vertical facades

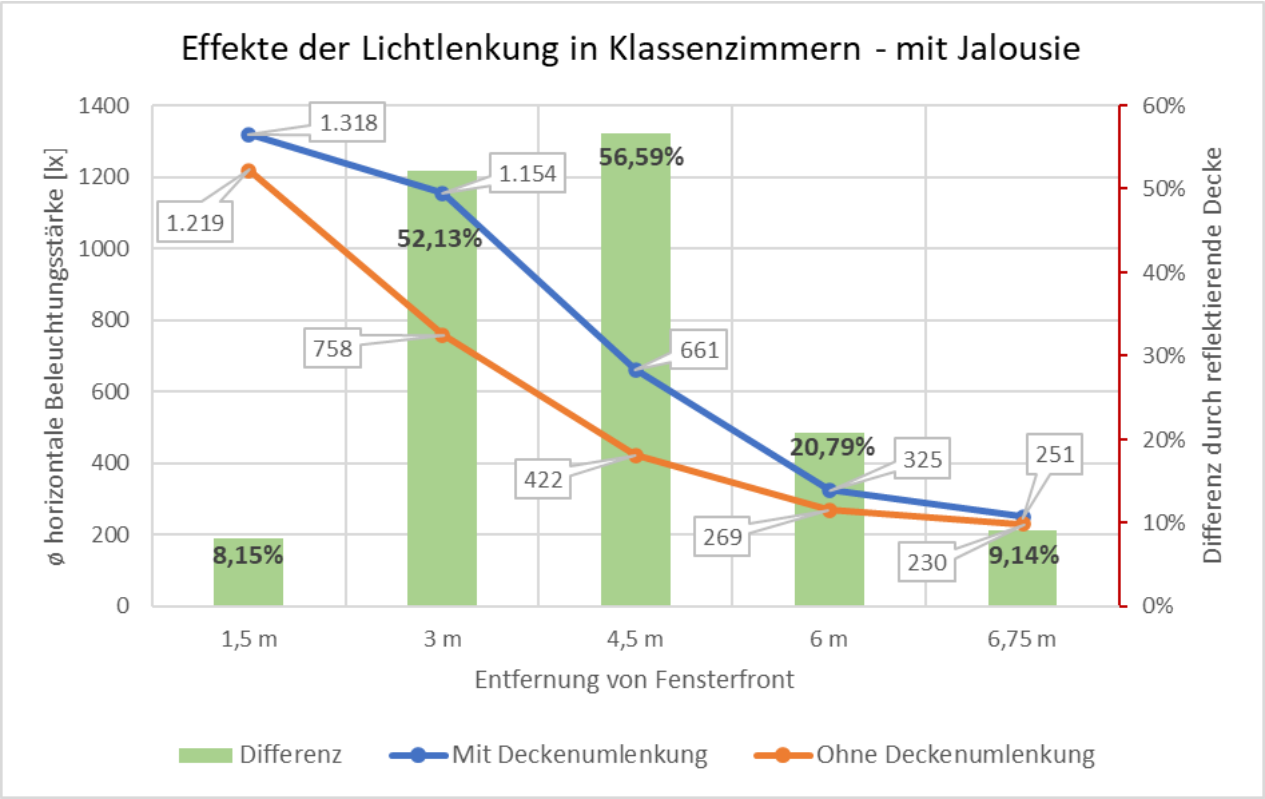
Schule Krefeld: Isolierglas Produktion, Splitmodul, Gebäudeintegration, Deckenreflektor



3. Demonstration vertikale Fassade

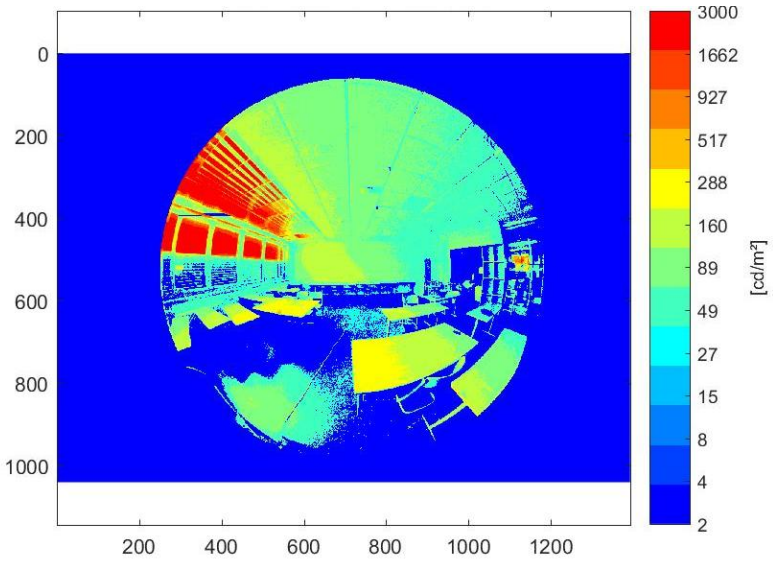
Schule: Stadt Krefeld | hochreflektierende Decke, Vergleichsmessungen





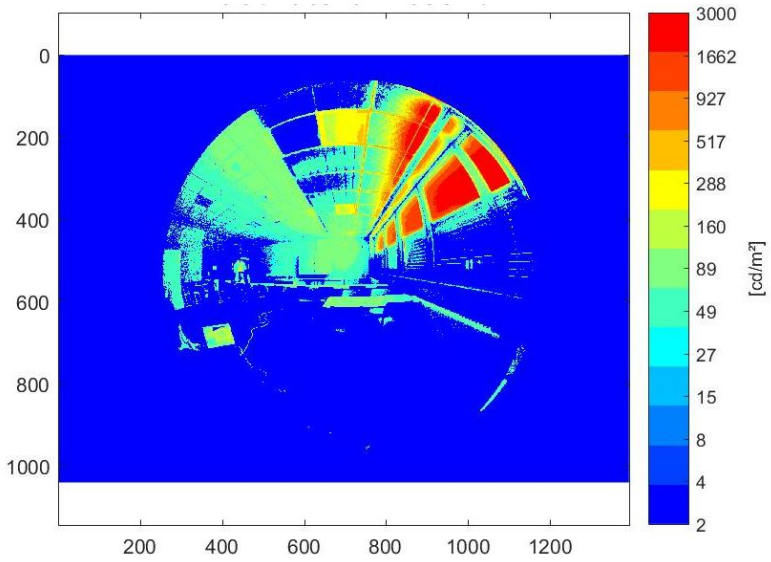
3. Demonstration vertikale Fassade

Schule: Stadt Krefeld | Nutzerkomfort, Blendungsanalyse (DGP < 0,35)



Student Perspective

DGP = 0,25



Student Perspective

DGP = 0,21

DGP	rating
DGP < 0,35	Glare mostly not cognisable
0,35 < DGP < 0,40	Glare cognised, but mostly not annoying
0,40 < DGP < 0,45	Glare cognised, often annoying
DGP > 0,45	Glare cognised, mostly not tolerable

Blendungswahrscheinlichkeit
DGP nach DIN EN 17037

Videos (digitaler Rundgang)

Verwaltungsbau KVWL Dortmund:
https://youtu.be/lLZc4_x0R-4
Schulbau Stadt Krefeld:
https://youtu.be/2D6Zr9Pwv6s

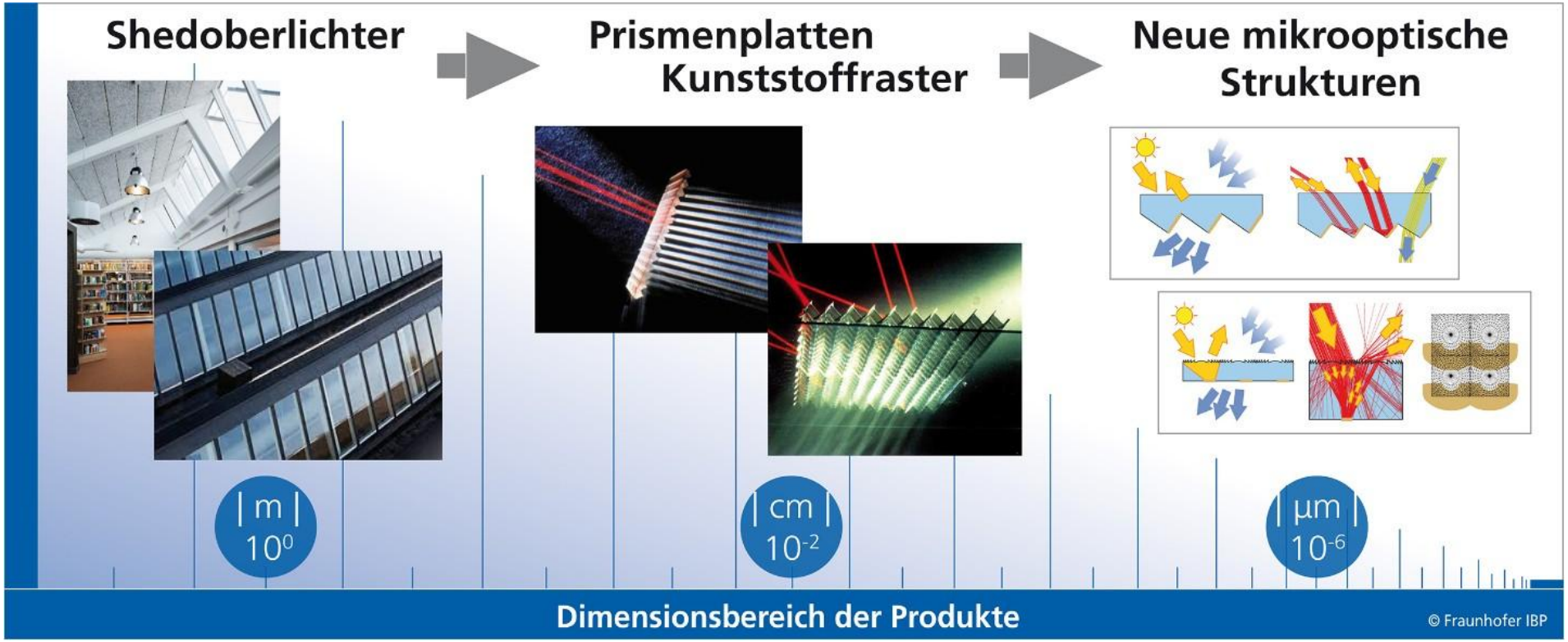
Gesamteindruck der Demonstrationsprojekte, FH Dortmund:
- Lichtverteilung und Beleuchtungsatmosphäre durch Zeitraffer-Aufnahmen über einen Tageslauf,

Sound von Jörg Lensing:
- gesprochener Kommentar,
- Originalgeräusche im Gebäude,
- elektronische Musik interpretiert Farbton und Intensität des Sonnenlichts.

Agenda

1. Problemstellung
2. Struktur für vertikale Fassaden
3. Demonstration vertikale Fassaden
4. **Strukturentwicklung für Dachoberlichter**
   - Bedarf / Markt
   - Lösungsansätze

4. Strukturentwicklung für Dachoberlichter

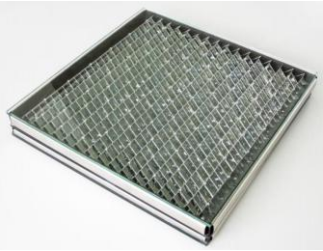


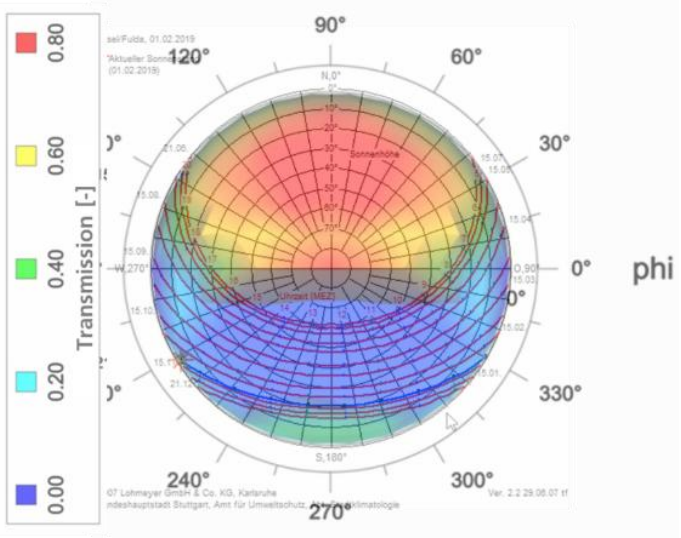
Mikrooptische Komponenten für Tageslichtnutzung und Sonnenschutz gestatten eine erhebliche Verbesserung der Energieeffizienz, Lebenszyklusbilanz und Aufenthaltsqualität in Gebäuden.

4. Strukturentwicklung für Dachoberlichter

+ Großflächig hochwirksamer Sonnenschutz bei blendfreier natürlicher Beleuchtung über Dächer, auch für hochwertige Nutzungsbereiche.
+ Helle freundliche Räume.
+ Großes Marktvolumen. Flächen Lichtkuppeln / -bänder: D ca. 1,25 Mio m²/a; EU ca. 6,25 Mio m²/a. Zzgl. Horizontal-verglasungssysteme.

+ Sehr hohe Selektivität (Verhältnis Lichttransmission zu g-Wert). Dadurch gegenüber üblichen Dachoberlichtern reduzierter Kunstlicht-Energieeinsatz und verringerte Kühllasten. Reduzierung des Gesamtprimärenergiebedarfs. Idealerweise auch verfahrbar.
+ Potentiell erheblich kostengünstigere Herstellung als andere Lösungen.
+ Erhebliche Materialeinsparung gegenüber bisherigen Lösungen z. B. Prismengroßplatten: >> 11 kg/m².

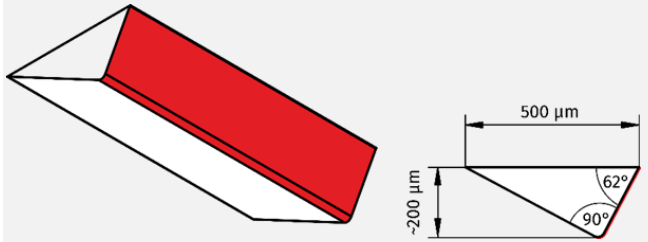




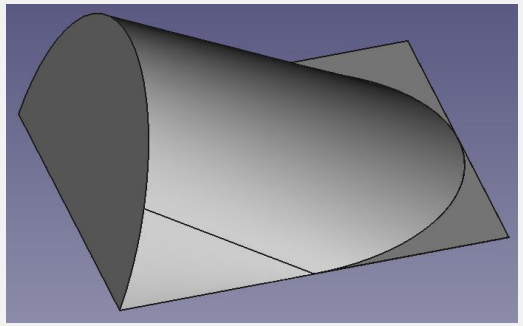
4. Strukturentwicklung für Dachoberlichter

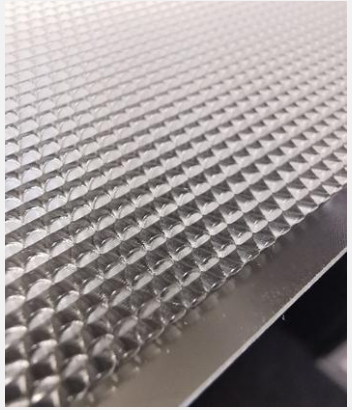
Selektiv beschichtete mikrostrukturierte transparente Platten / Folien

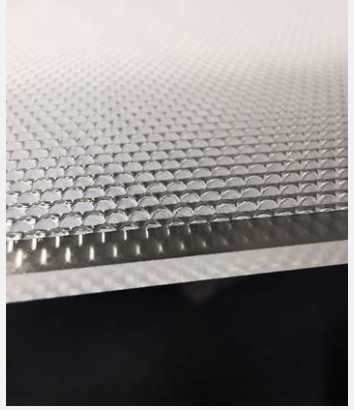
Prismen



„Gaubenstruktur“

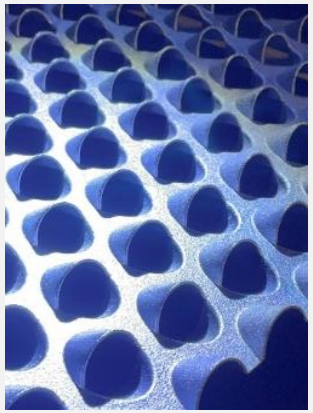


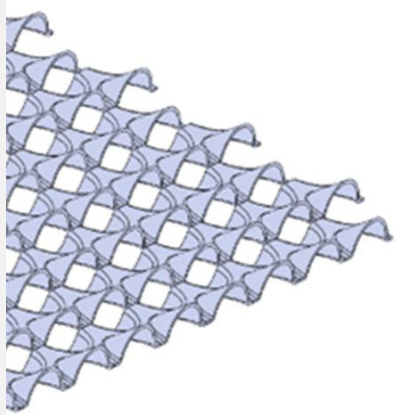




Gestanzte / Geprägte Metallfolie

„Gaubenstruktur“

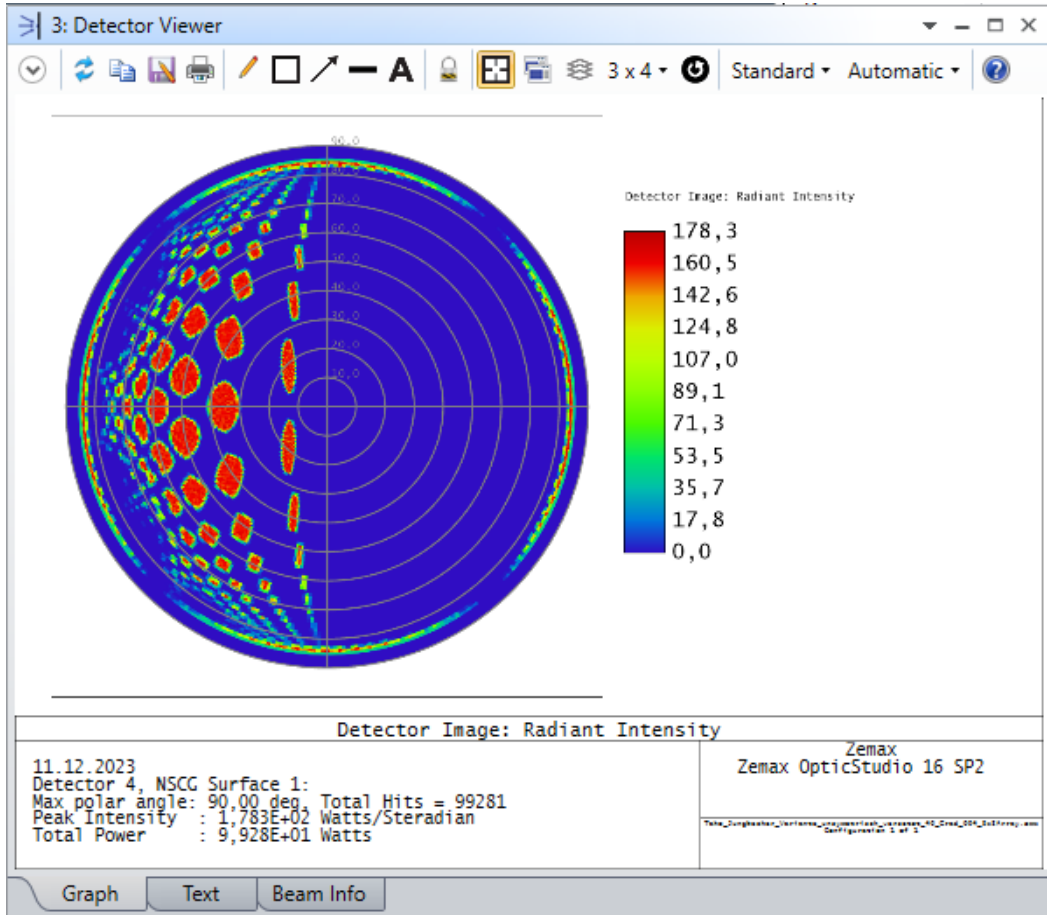


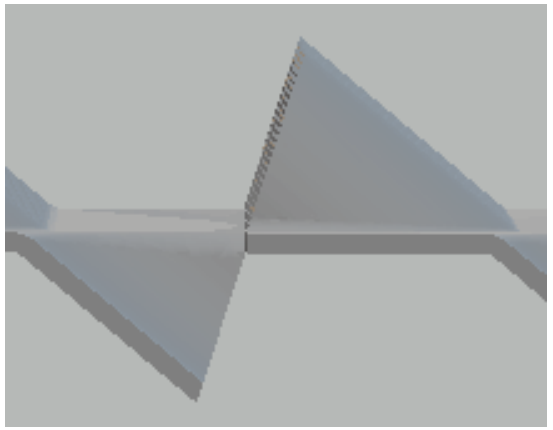


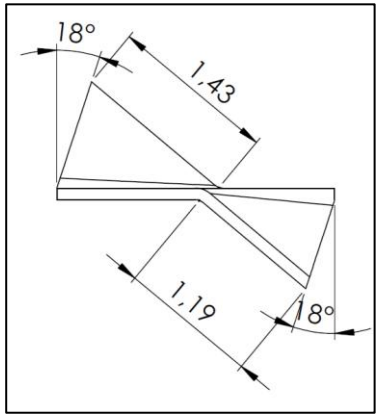
Patent und Gebrauchsmuster angemeldet

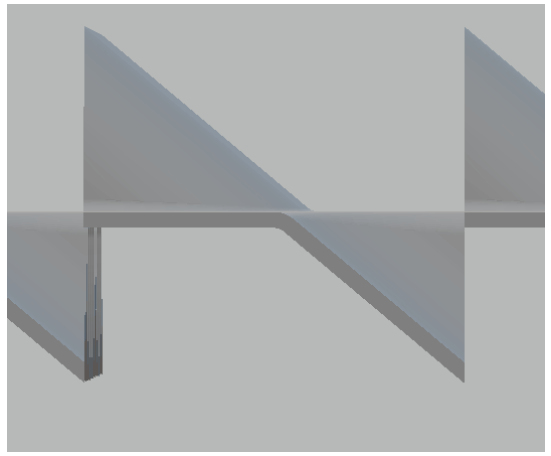
4. Strukturentwicklung für Dachoberlichter

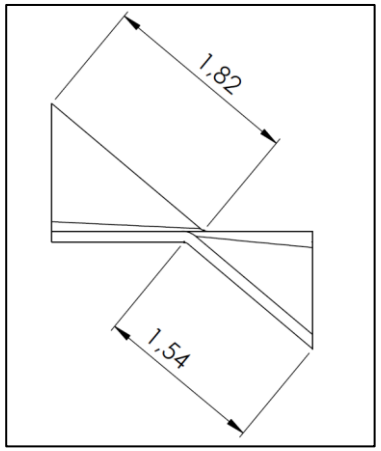
Winkelselektivität Gaubenstruktur





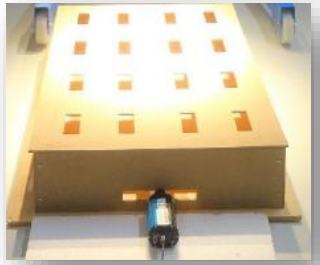


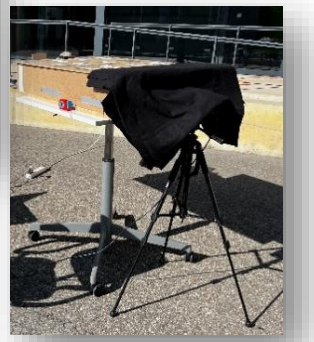


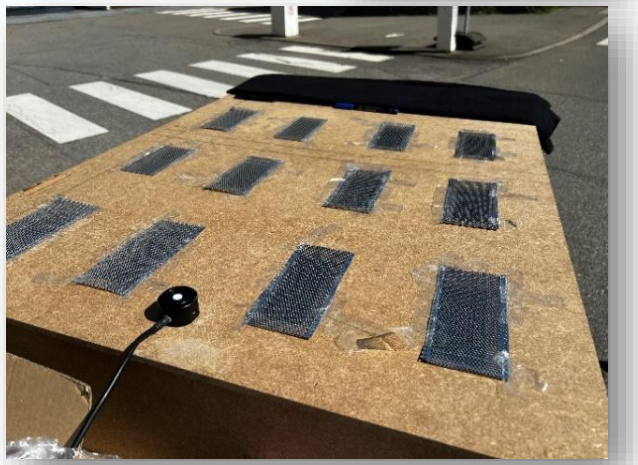


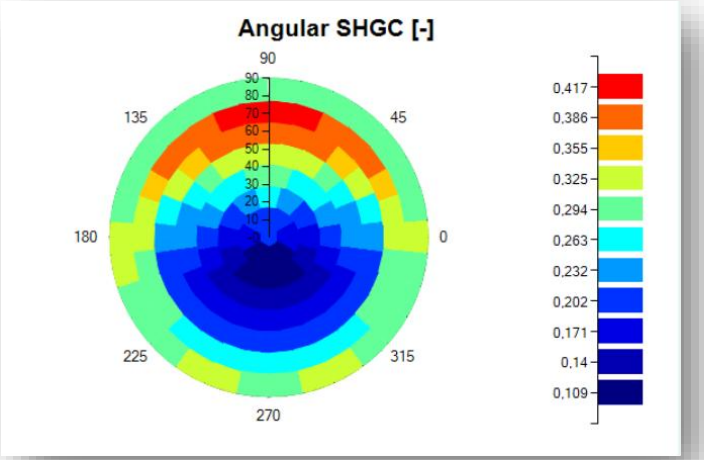
4. Strukturentwicklung für Dachoberlichter

Erste Bewertungen anhand von Labormustern

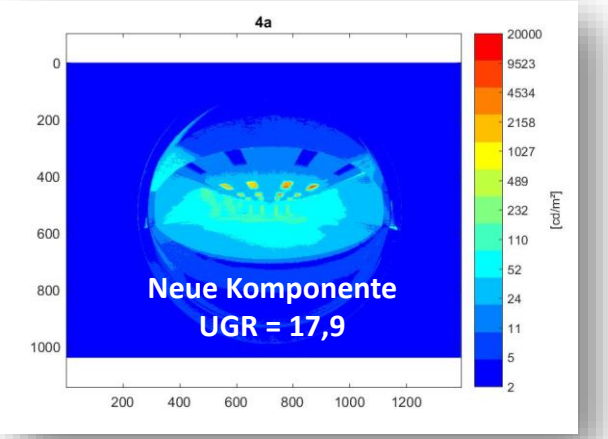


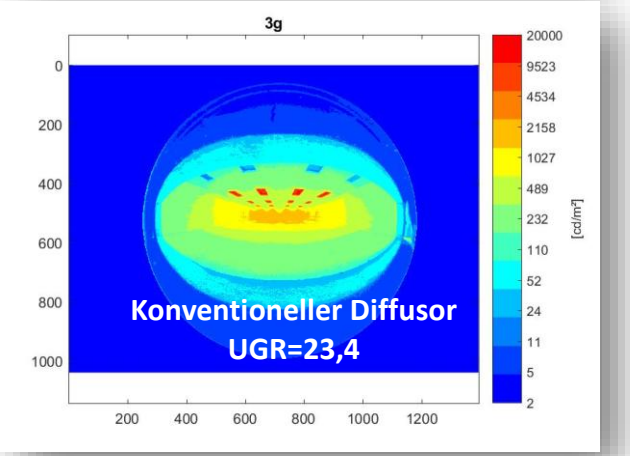






Blendungsbewertung bei Besonnung



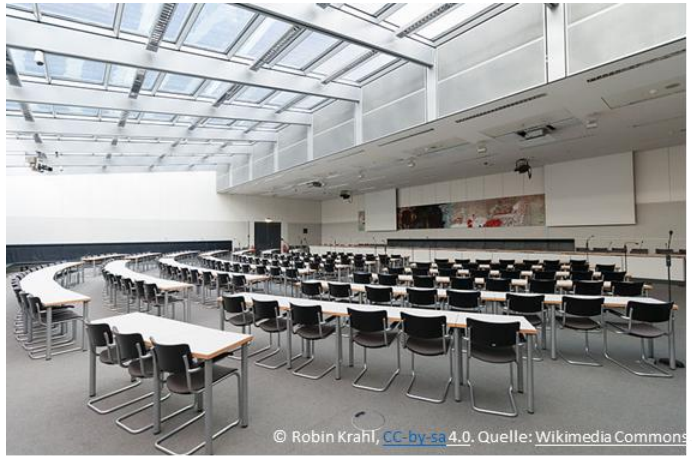


4. Strukturentwicklung für Dachoberlichter

Einsatzmöglichkeiten

Festverglast

- In Dachverglasungen (ähnlich zu Lösungen für Vertikalfassaden)
- In Dachoberlichtern (spezielle Aufbauten zu beachten)



Als rollbare Folie

- Vorteil rollbarer Strukturen:
  Mehr Diffuslicht an strahlungsarmen Tagen
- Als Ersatz für bisher eingesetzte Textilrollos. Vorteil:
  Verbesserte räumliche Selektivität, Räume bleiben bei besserem Sonnenschutz hell.

5. Zusammenfassung / Ausblick

Struktur für vertikale Fassaden

- Bautechnische Integration gezeigt
- Auslegungs- und Dimensionierungsempfehlungen
- Daten für Projekt- und Planungseinsatz liegen vor
- Als Innenliegende (Nachrüst-)lösung

Struktur für Dachoberlichter

- Vielversprechende neue Strukturen
- Labormaßstab
- Skalierung wünschenswert

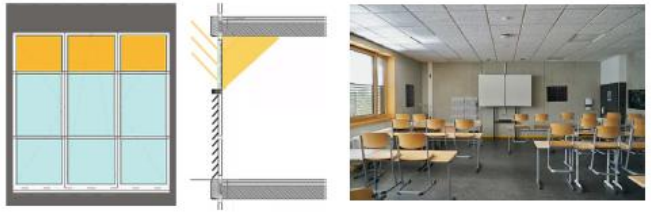


Bild 1: Anwendungsprinzip und exemplarischer Einsatz in einem Klassenraum

Die Sonnenlichtumlenkung erfolgt durch die beidseitige Mikrostrukturierung der mittleren Scheibe des 3-Scheiben-Isolierglases und erfordert keine Sonnenstands-Nachführung. Schatten und harte Kontraste werden durch eine vertikale und horizontale Streuung des Sonnenlichts vermieden. Vollflächige Fensterverglasungen mit lichtlenkenden Teilflächen im oberen Bereich sind möglich.

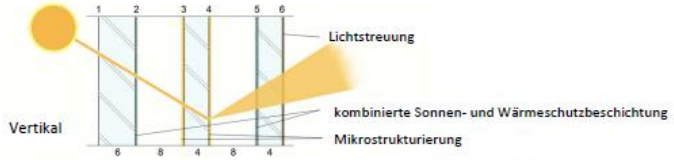
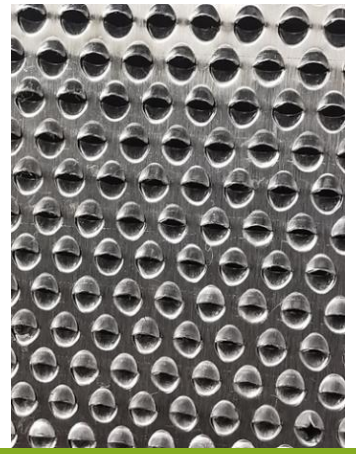


Bild 2: Aufbau 3-Scheiben-Isolierglas mit kombinierter Sonnen- und Wärmeschutzbeschichtung

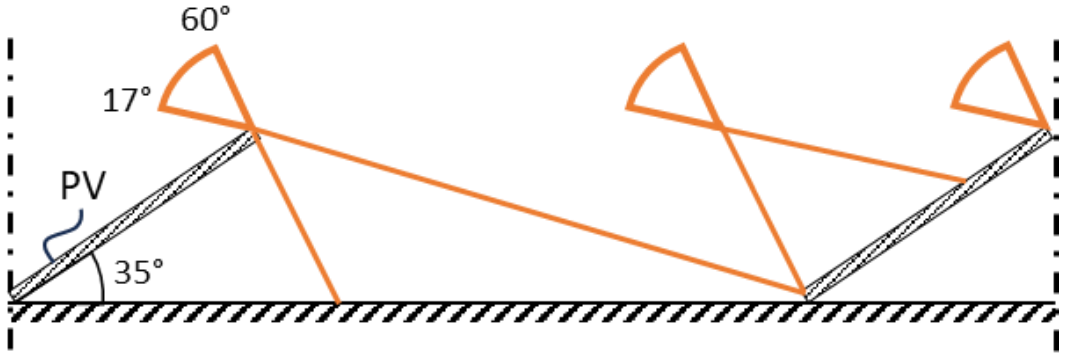


5. Zusammenfassung / Ausblick

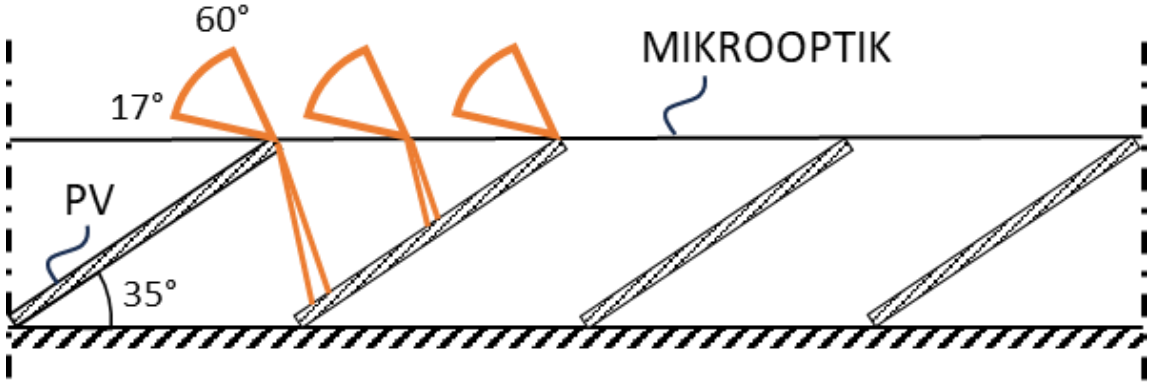
Neue Anwendungen in der Photovoltaik

Strahlungsumlenkung für kleinere Verschattungsabstände von PV-Modulen durch Sonnenlichtumlenkung

Beispiel: Freiflächenanordnung von PV-Modulen:



Konventioneller Verschattungsabstand

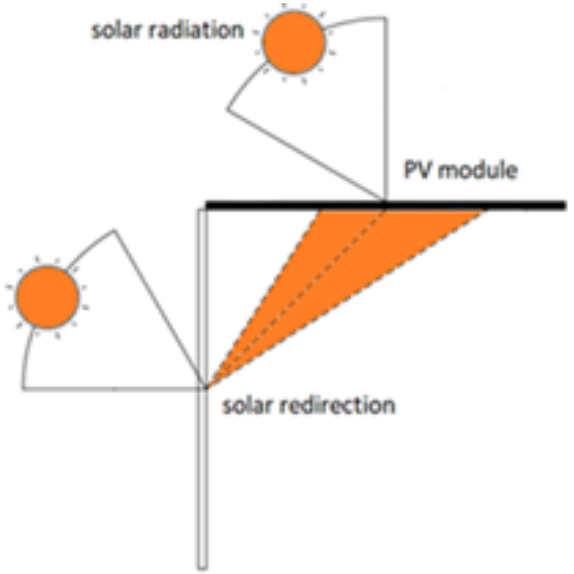


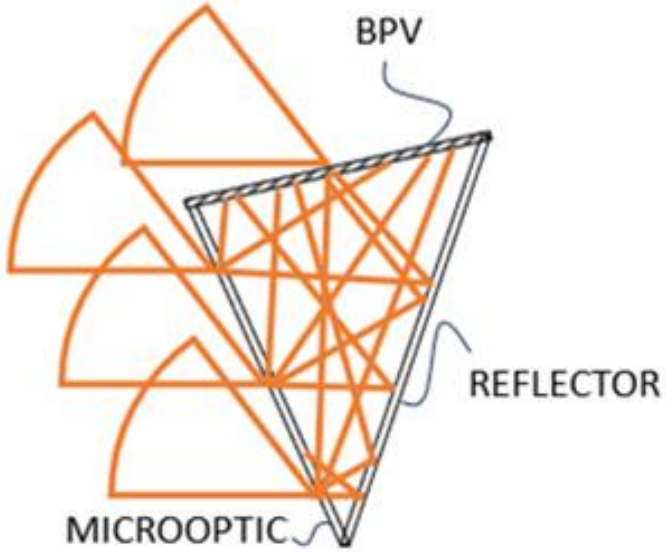
Kleiner Abstand durch Strahlungsumlenkung

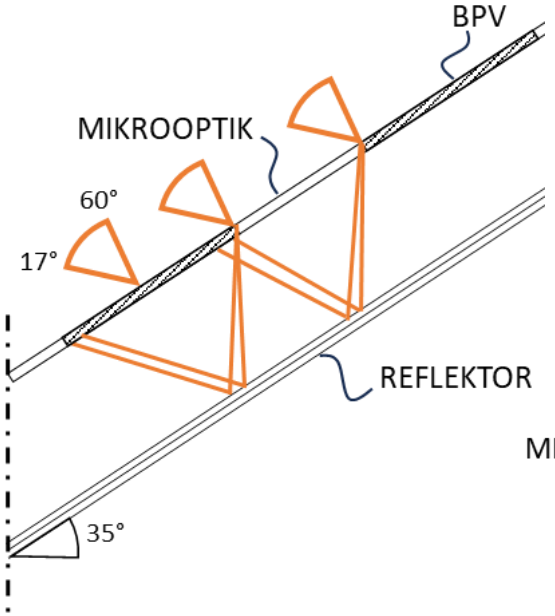
reifläche

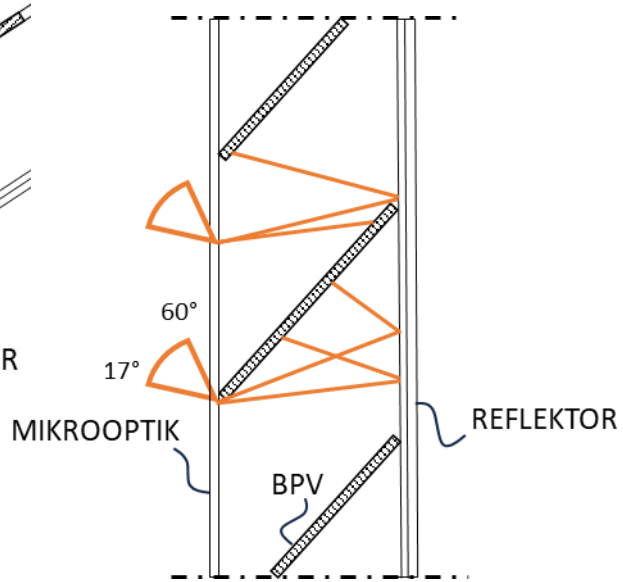
5. Zusammenfassung / Ausblick

Optimierung bifazialer Photovoltaik (BPV) durch Strahlungsumlenkung 1), 2)









1) Helmut F.O. Mueller: Optimization of Bifacial Photovoltaics by Optical Systems Feasibility Study
Journal of Physics: Conference Series 2548 (2023) 012015 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2548/1/012015

2) Helmut F.O. Müller, Prof. Dr.-Ing.: Passive Redirection of Solar Radiation by Micro Optics to Increase the Bifacial Gain of Photovoltaics
World Renewable Energy Congress – 23, 12-15January – 2025, Bahrain

ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit