

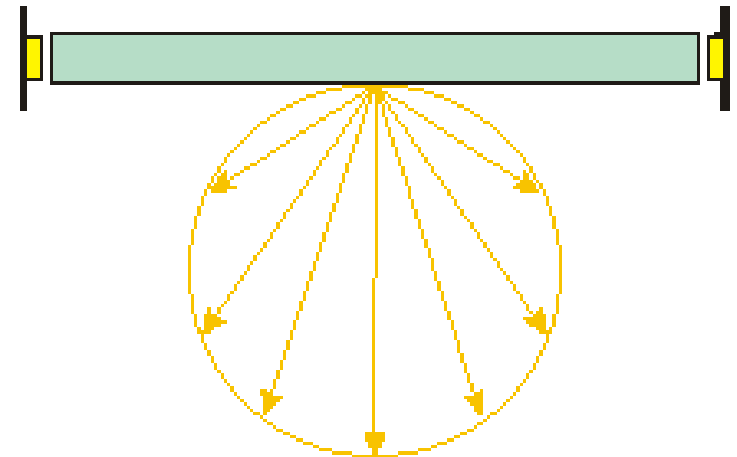
Nanostrukturen in Lichtleitern

*Norbert Fernkorn
SPITTLER Lichttechnik GmbH*

Ausgangspunkt: Lichtleiter für Seitenlichteinkopplung

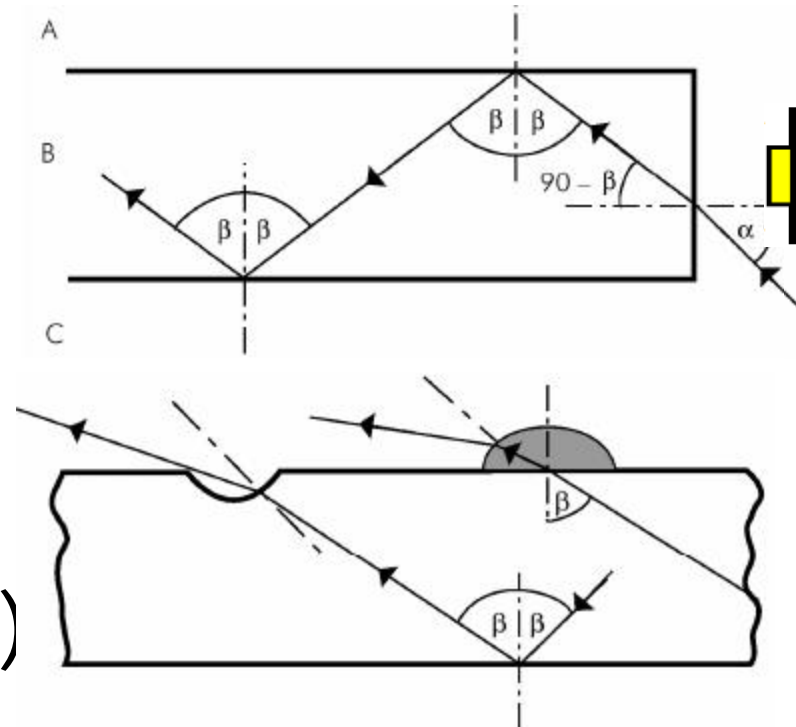
Lichtleiter als Diffusor

- Lichtleiter mit Seitenlichteinkopplung
- Vorwiegend diffuse Emission
(lambertscher Strahler)
- Keine Entblendung
- Verluste durch
 - Rückreflektion und
 - Absorption
- Einfache Produktion und Handhabung



Lichtleiter als Diffusor

- Seitenlichteinkopplung
- Totalreflektion an den Grenzflächen
- Lichtauskopplung an Störungen (gedruckte od. gelaserte Strukturen)
- Qualität der Gleichmäßigkeit abhängig von den Anordnung und Art der Strukturen



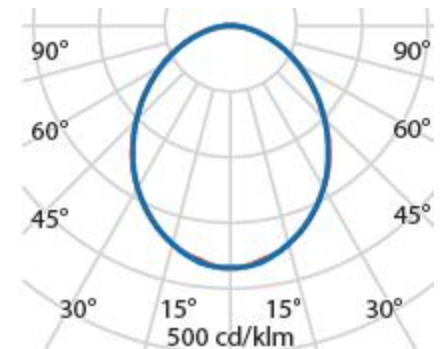
Lichtleiter als Diffusor

- Ergebnis sind sehr flache Leuchten
- Sehr homogene Lichtverteilung an Oberfläche (abhängig von der Qualität des Lichtleiters)
- Meist breite Rahmen zur Peak-Vermeidung



Lichtleiter mit Diffusor

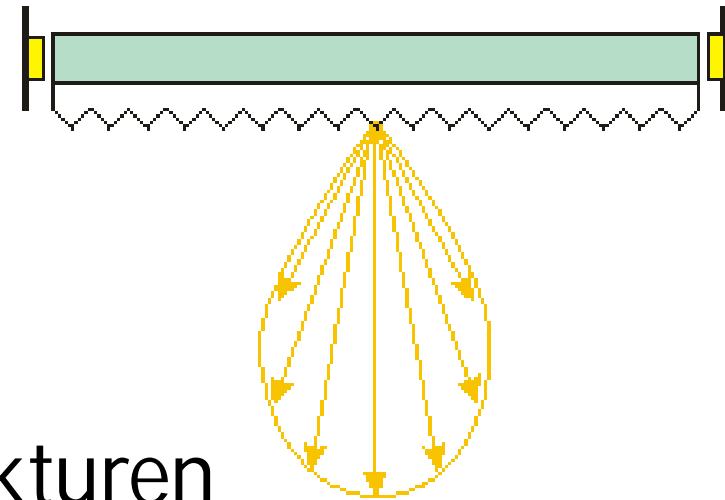
- Flache Licht-Paneele für Allgemeinbeleuchtung
- Diffusor zur Verwischung der Auskopplung
- Sehr homogene Lichtaustrittsfläche
- Vorwiegend lambertsche Lichtverteilung



Anforderung:
Entblendung gemäß DIN EN 12464

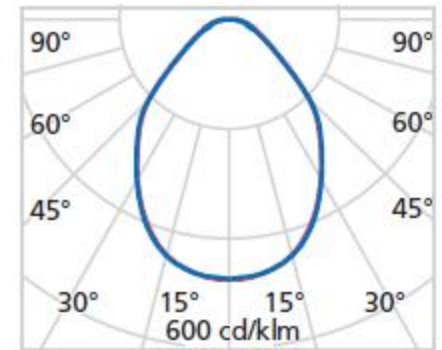
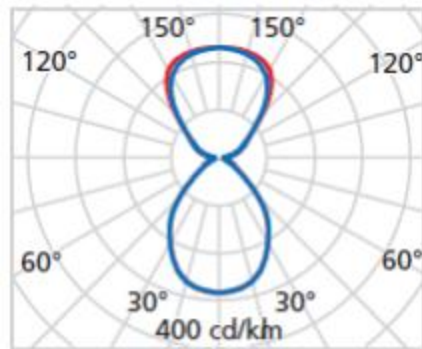
Prismatische Strukturen

- Möglichkeit der Blendungsreduktion durch
- Kombination mit prismatischen Strukturen
- Zusammenwirkung von Totalreflektion und Refraktion an Prismenstrukturen
- Verluste durch
 - Retro-Reflektion und
 - Absorption



Kombination Lichtleiter & Prismen

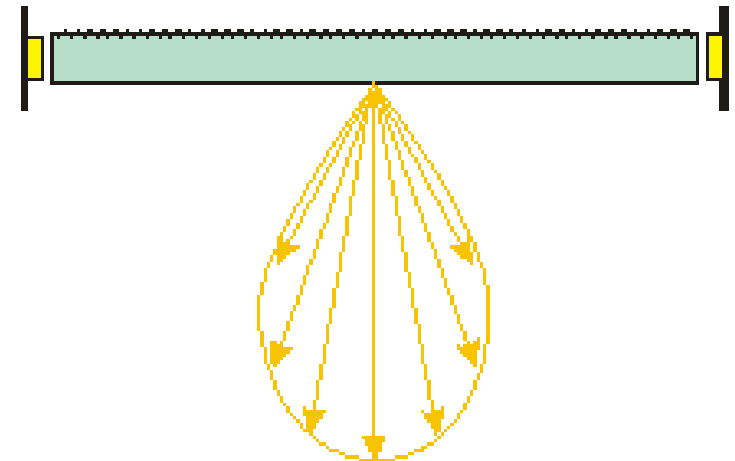
- Flache Pendelleuchte für Bürobeleuchtung
- Entblendung gemäß DIN EN 12464-1



Konzept: Integration von Prismen in Lichtleiter

Prismenstrukturen im Lichtleiter

- Möglichkeit der Blendungsreduktion durch
- Integration der prismatischen Strukturen in den Lichtleiter
- Reduktion der Prismenabmessungen
- Nahezu transparente Optik durch Miniaturisierung

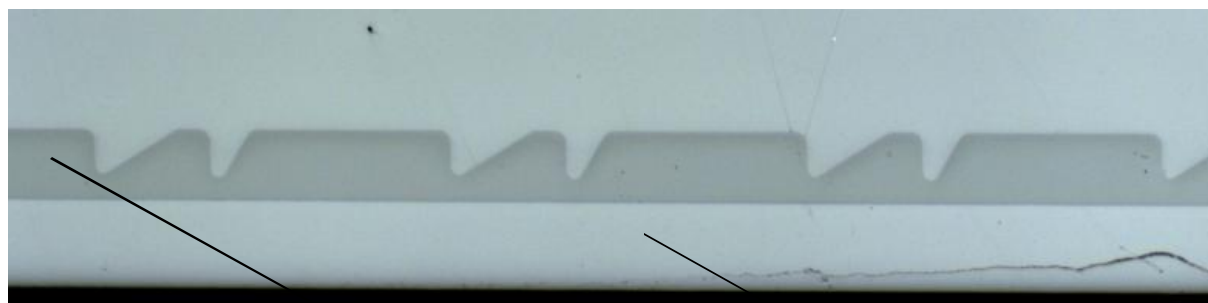


Prismenstrukturen im Lichtleiter

- Lichtleiter mit integrierten Mikrostrukturen sind in der Lage Licht gezielt zu lenken
- Miniaturisierte Mikrostrukturen ermöglichen semitransparentes Erscheinungsbild des Lichtleiters
- Problem: Fertigungstechnologie:
 - Spritzgießen einer Platte mit Strukturen
→ Kostenexplosion mit zunehmender Größe
 - Heißprägen der Strukturen in eine Platte
→ begrenzte Präzision
 - Fertigung einer Folie mit gewünschter Struktur und Auflaminieren der Folie auf eine Platte

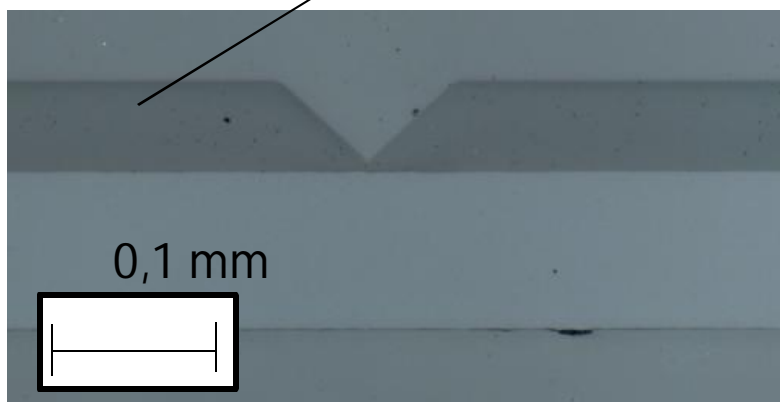
Umsetzung: Nanostrukturen im Lichtleiter

Konzept der Strukturintegration



Optische
Mikrostrukturen

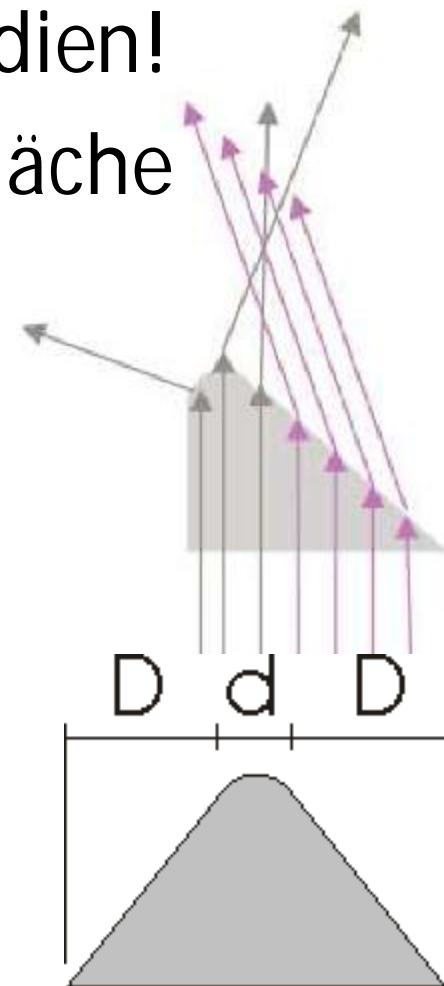
Substrat



Konzept der Strukturintegration

- Spitzen der Prismen immer mit Radian!
- Verhältnis der Radian an Prismenfläche entscheidend für Prismenqualität
- Resultat: Wenn Prismen im Mikrometer-Bereich sein sollen dann müssen die Radian im Nanometer-Bereich sein!

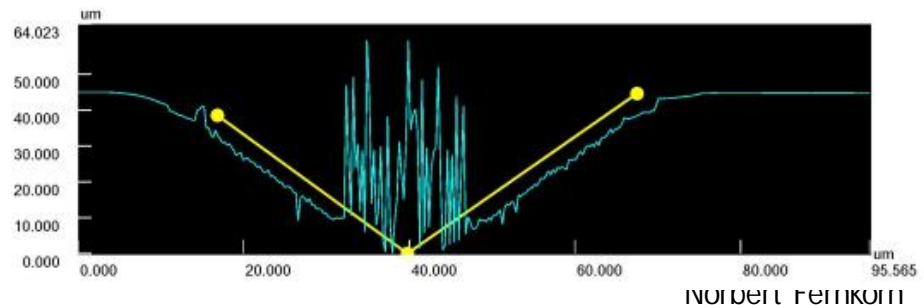
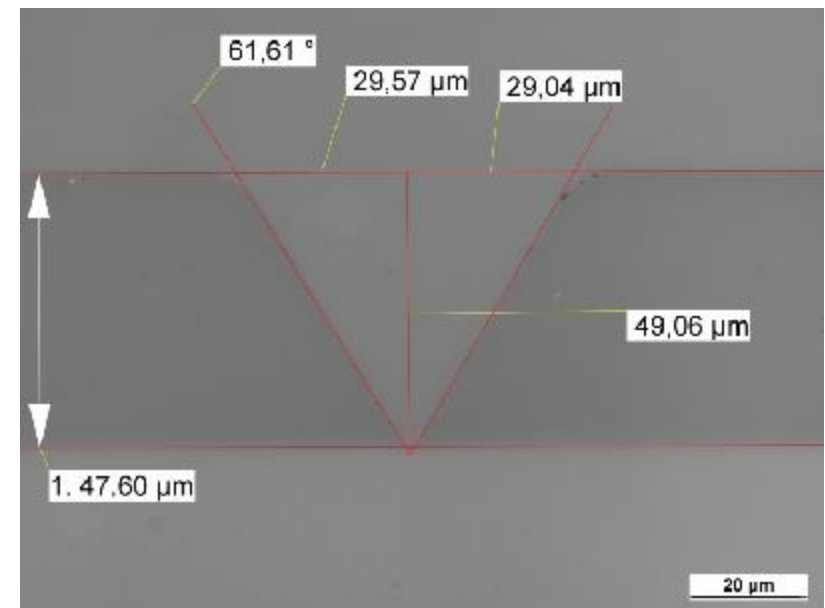
==> Nano-Prismen



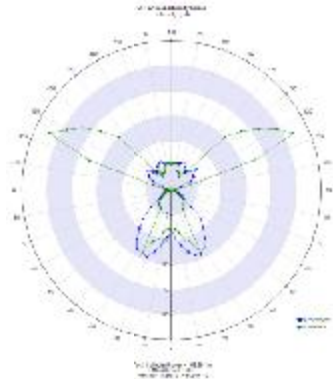
Norbert Fernkorn

Integrierte Prismenstrukturen

- Miniaturisierung bis auf wenige Mikrometer
- Augenmerk auf Radien in den Spitzen
- Analyse der Struktur mit Mikroschliff



Konzept der Fertigung



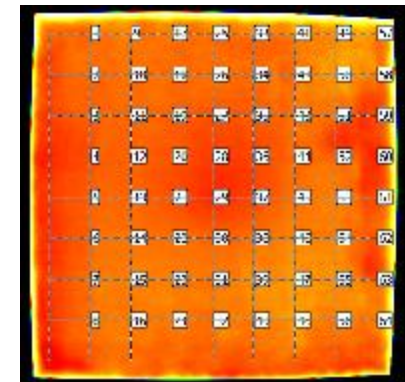
Numerische Simulation,
Ableitung der Struktur



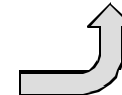
Ultra precision machining
der Master -Trommel



Serienfertigung des
Optischen Films
mit Nano-Struktur

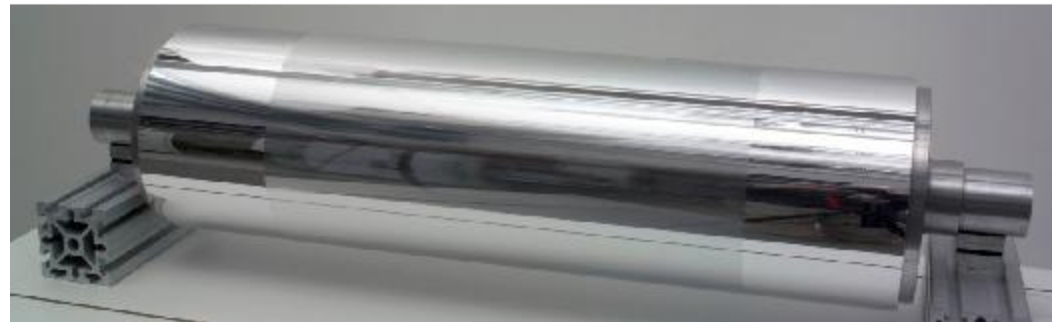
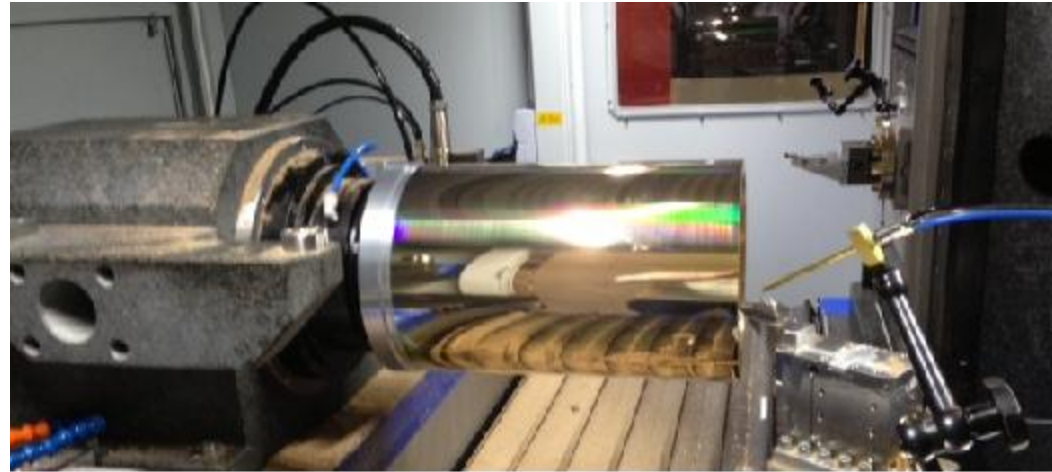


Laminierung mit Lichtleiter
als Basismaterial für endgültigen
kombinierten Lichtleiter
mit integrierter Nano-Struktur

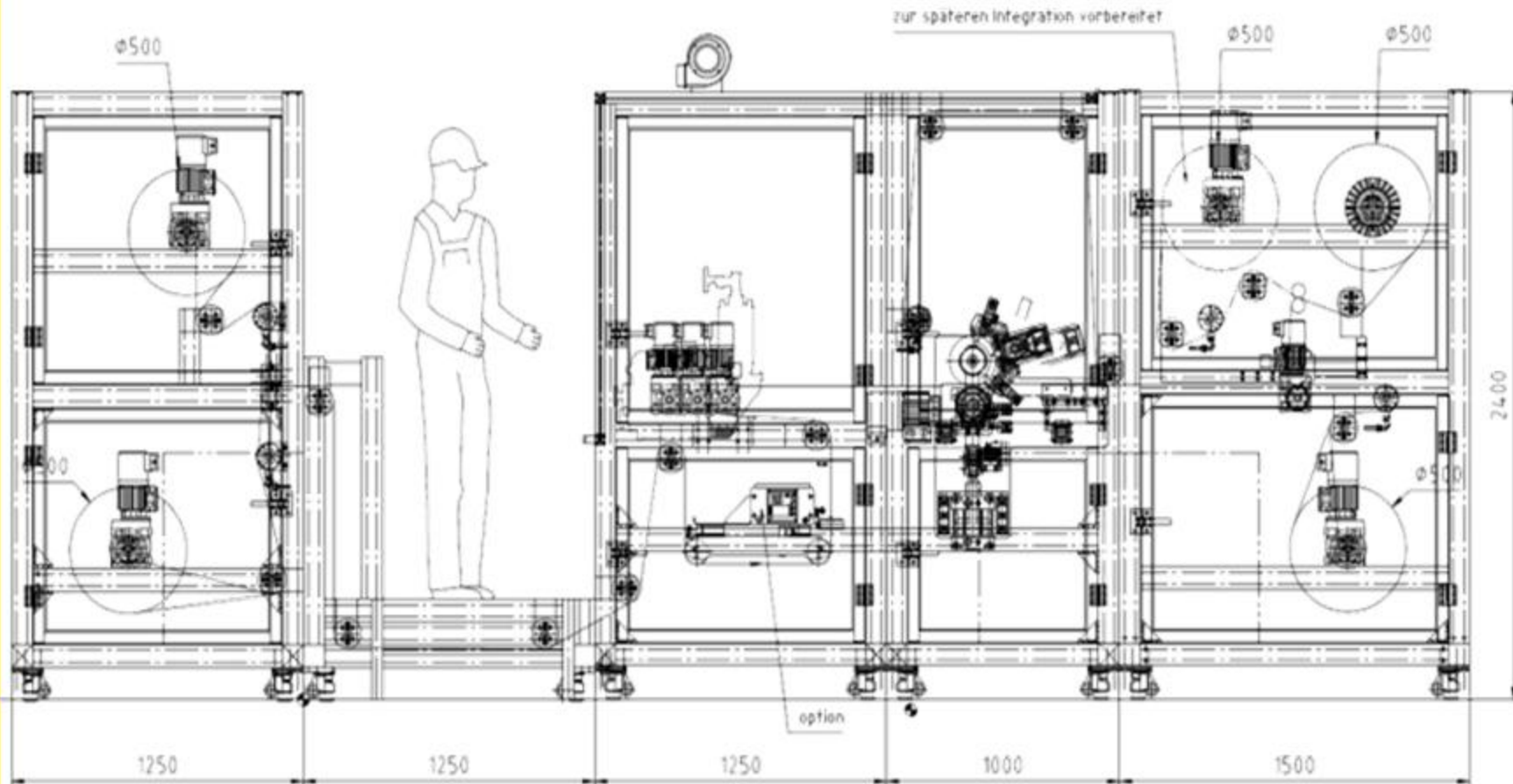


Fertigung von Prototypen

- Trommel-
bearbeitung
mit Diamant-
werkzeugen
- Prägung von linearen
Strukturen
 - V-Strukturen
 - Lenticularlinsen

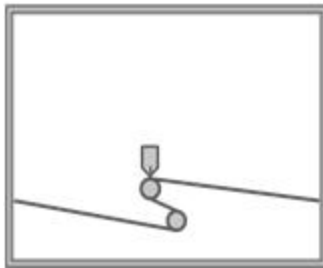


Aufbau einer Fertigungsanlage

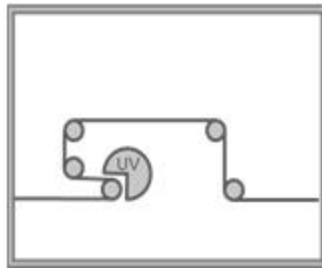


Fertigung der Lichtleiter

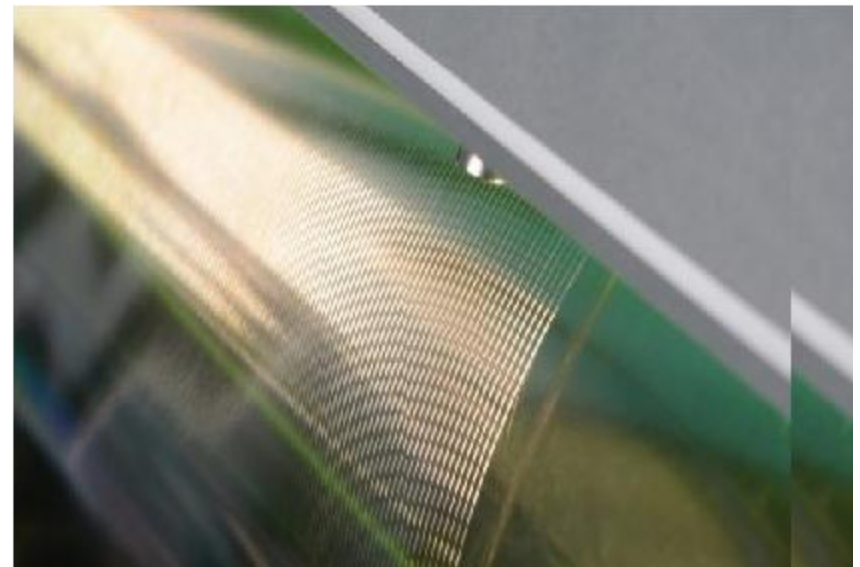
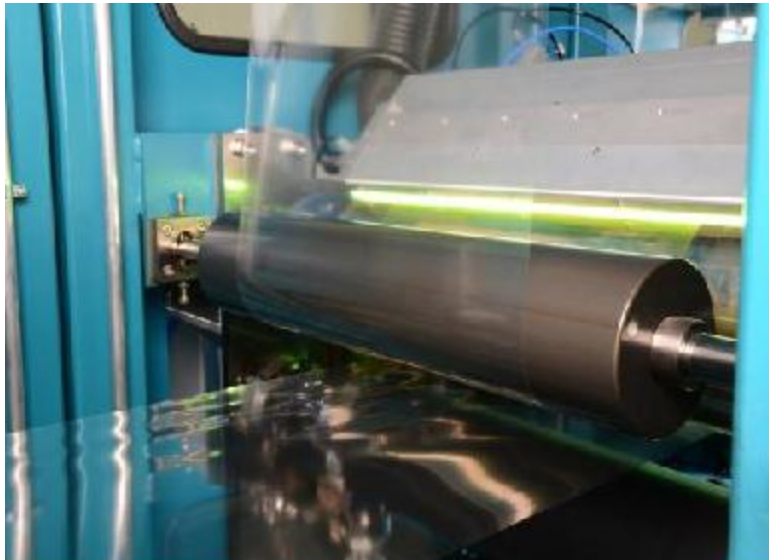
Coating



Imprint



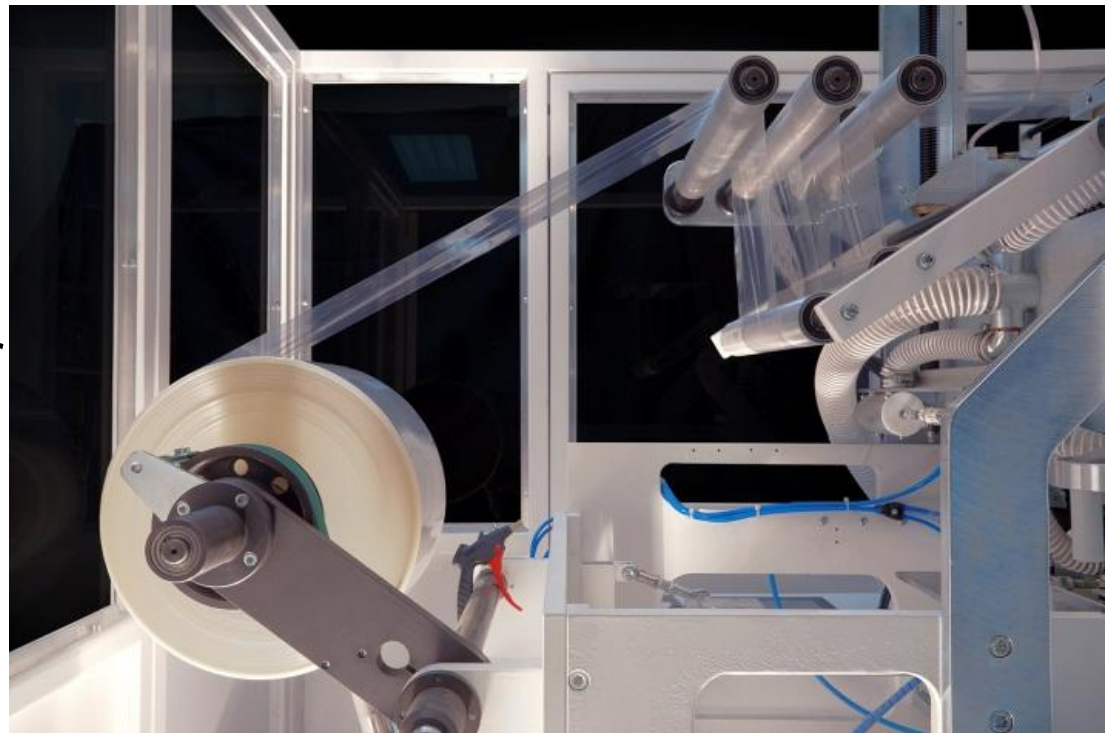
- Beschichtung des Substrats
- Prägen der Struktur in die Beschichtung
- Aushärtung



Fertigung der Lichtleiter

Realisierung des Projekts in Kooperation mit:

- Fraunhofer-Institut Aachen  **Fraunhofer**
IPT
- Polyscale GmbH  **polyscale**
- Design: Sommer



Einblick in die
Rollpräge-Vorrichtung

SL720 – das fertige Produkt

- Leuchte mit semitransparentem Lichtleiter
- Entblendung Gemäß DIN EN 12464-1



SL720 – das fertige Produkt

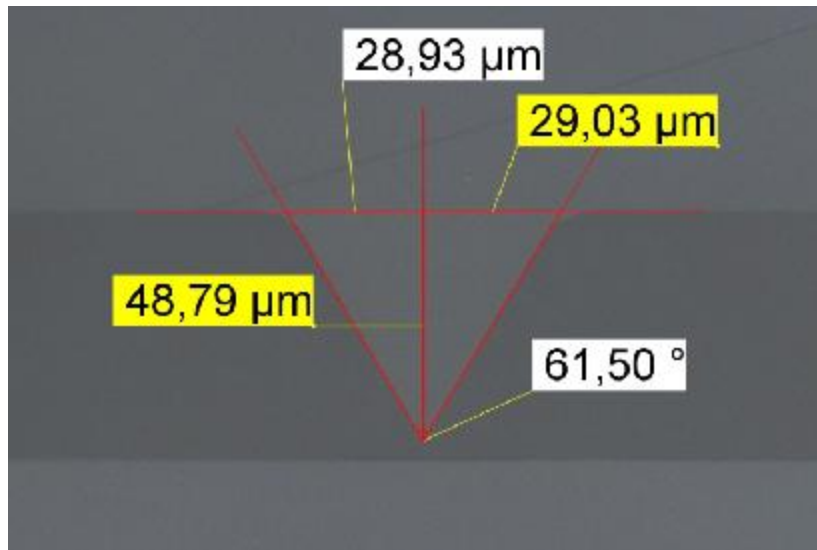
- Gehäuse aus Aluminium-Strangprofil und Aluminium-Druckguß mit feinstruktur-Pulverbeschichtung
- Superflaches Design: 20mm hoch
- Leuchtende Fläche wird beim Ausschalten transparent
- Entblendet nach DIN EN 12464-1
- CRI: $R_a > 80$
- CCT: 3000K & 4000K
- Lichtverteilung direkt/indirekt
- Lebensdauer 50.000h bei L80 B10



Ergebnis der Messungen SL720 **iN**

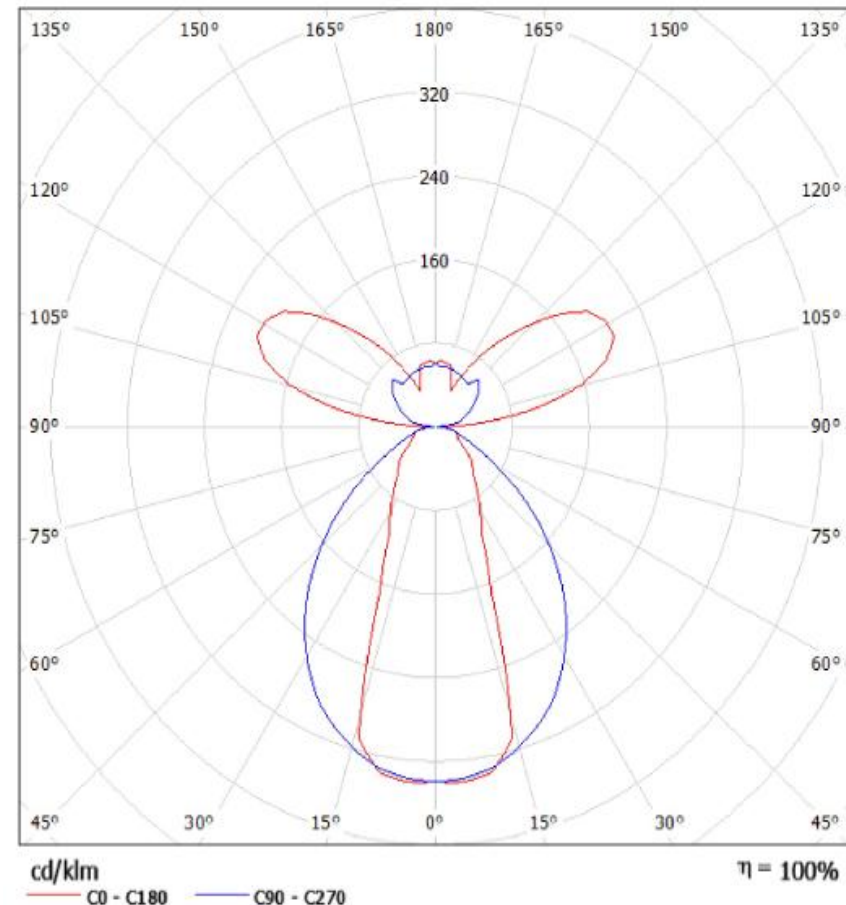
•Prototyp

- Integrierter Lichtleiter mit „Nano-Struktur“
- BAP-Tauglichkeit nach EN 12464-1 wurde nachgewiesen

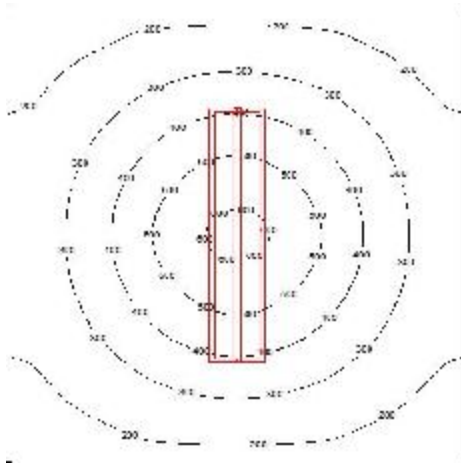
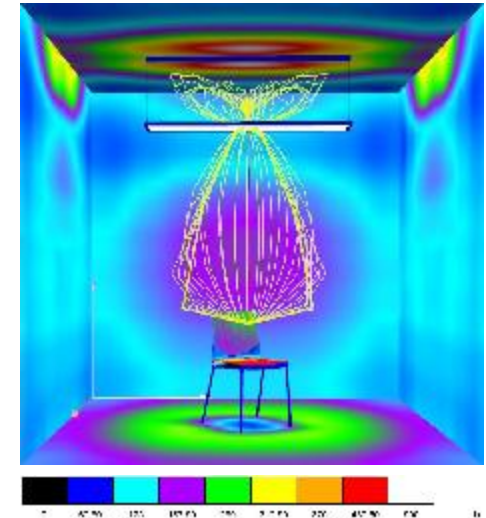
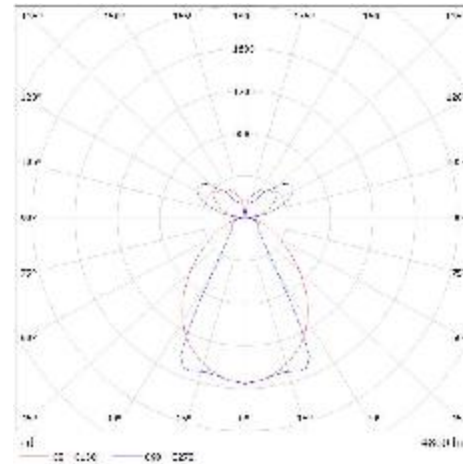


Messung an unserem Folienmuster

Leuchte: SPITTLER Lichttechnik GmbH 872046 SL 872046 1/77W LED
Lampen: 1 x 77W LED



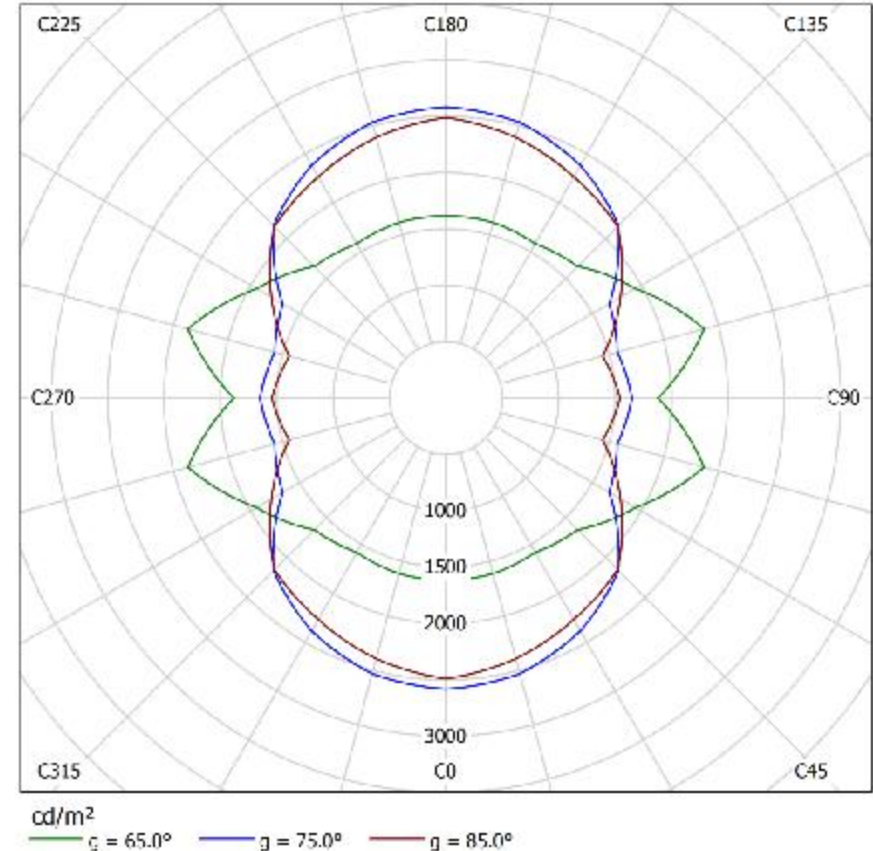
Ergebnis der Messungen SL720 **iN**



Art.-Nr.	8720***
luminance $\gamma=65^\circ$	2720 cd/m ²
UGR	14,1 / 7,4
luminaire lumen output	7500 lm
total power	75 W
efficiency	100 lm/W

Ergebnis der Messungen SL720

Blendungsbewertung nach UGR												
ρ Decke		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Wände		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Boden		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Raumgröße X Y		Blickrichtung quer zur Lampenachse					Blickrichtung längs zur Lampenachse					
2H	2H	8.9	9.7	9.7	10.5	11.5	13.8	14.6	14.6	15.4	16.4	
	3H	11.4	12.2	12.3	13.0	14.0	14.5	15.2	15.3	16.0	17.1	
	4H	13.0	13.7	13.9	14.5	15.6	14.7	15.4	15.6	16.3	17.3	
	6H	14.3	15.0	15.2	15.8	16.9	15.0	15.6	15.8	16.4	17.5	
	8H	14.8	15.4	15.7	16.3	17.4	15.0	15.6	15.9	16.5	17.6	
	12H	15.1	15.6	16.0	16.5	17.7	15.1	15.6	16.0	16.5	17.6	
4H	2H	9.9	10.6	10.8	11.4	12.5	13.8	14.4	14.6	15.3	16.3	
	3H	12.5	13.1	13.4	14.0	15.1	14.7	15.2	15.6	16.1	17.2	
	4H	14.2	14.7	15.1	15.6	16.7	15.1	15.5	16.0	16.5	17.6	
	6H	15.7	16.1	16.6	17.0	18.2	15.4	15.8	16.4	16.8	17.9	
	8H	16.2	16.6	17.1	17.5	18.7	15.5	15.9	16.5	16.9	18.1	
	12H	16.5	16.8	17.5	17.8	19.0	15.6	16.0	16.6	16.9	18.1	
8H	4H	14.6	15.0	15.5	15.9	17.1	15.3	15.7	16.2	16.6	17.8	
	6H	16.2	16.6	17.2	17.5	18.7	15.8	16.1	16.8	17.1	18.3	
	8H	16.9	17.1	17.9	18.1	19.4	16.0	16.3	17.0	17.3	18.5	
	12H	17.3	17.5	18.3	18.5	19.8	16.2	16.4	17.2	17.4	18.7	
12H	4H	14.6	14.9	15.5	15.9	17.1	15.3	15.7	16.3	16.6	17.8	
	6H	16.3	16.6	17.3	17.6	18.8	15.9	16.2	16.9	17.2	18.4	
	8H	17.0	17.2	18.0	18.2	19.5	16.2	16.4	17.2	17.4	18.7	
Variation der Beobachterposition für Leuchtenabstände S												
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.2 / -0.2					
S = 1.5H		+0.3 / -0.2					+0.8 / -0.8					
S = 2.0H		+0.4 / -0.4					+1.7 / -1.3					
Standardtabelle		BK10					BK04					
Korrektursummand		1.7					-0.3					
Korrigierte Blendindizes bezogen auf 6391lm Gesamtlichtstrom												



Entblendung nach DIN EN 12464 – 1
UGR-Wert (<19) UND Leuchtdichte (<3000cd/m²)

SL720 LED – Penldelleleuchte

- Leuchtenlichtstrom > 7000 lm
- Systemleistung 70 W
- Entblendung nach DIN EN 12464-1
=> UGR & Leuchtdichte!
- Leuchteneffizienz 100 lm/W
- Betriebsgerät im Baldachin



SL720 LED

- semi-transparenter Lichtaustritt
- unsichtbare Lichtquelle
- Seitliche Licht-Einspeisung durch LEDs
- Im ausgeschalteten Zustand nahezu transparent
- schwebt optisch frei im Raum
- Bauhöhe von nur 20 mm
- Beim Einschalten homogen strahlenden Fläche.
- Lichtoptik ist gleichzeitig Lichtleiter und Reflektor
- Entblendung nach DIN EN 12464-1

