



Gesunde und klimagerechte Räume in Schulen – was wir besser machen können!

Einleitung

Helmut F.O. Müller, Prof. Dr.-Ing., Green Building R&D GmbH, Köln, 26.04.2022

Gesunde und klimagerechte Räume in Schulen - was wir besser machen können!

Einleitung

Helmut F.O. Müller, Prof.- Dr.- Ing.
Green Building R&D GmbH, Düsseldorf
www.greenbuilding-rd.com

Gesundheit durch Freiluftschulen?

Niederlande, 1918



Freiluftschule Chicago, 1911



Gesunde Schulen voll klimatisiert, ohne Fenster?

„Geballter Schwachsinn: Schule ohne Fenster

Die Schüler sind krank und die Lehrer verschnupft“

27. Februar 1981, 8:00 Uhr, Die Zeit



Aufgaben des Raumklimas in Schulen

Gesundheit:

- Schutz vor Corona und anderen ansteckenden Krankheiten

Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit:

- Luftqualität
- Raumtemperatur
- Licht
- Akustik

Maßnahmen:

- Passiv: Natürliche Lüftung und Beleuchtung, Wärmeschutz, Schallschutz
- Aktiv: Heizung, mechanische Lüftung, künstliche Beleuchtung, (Klimatisierung)



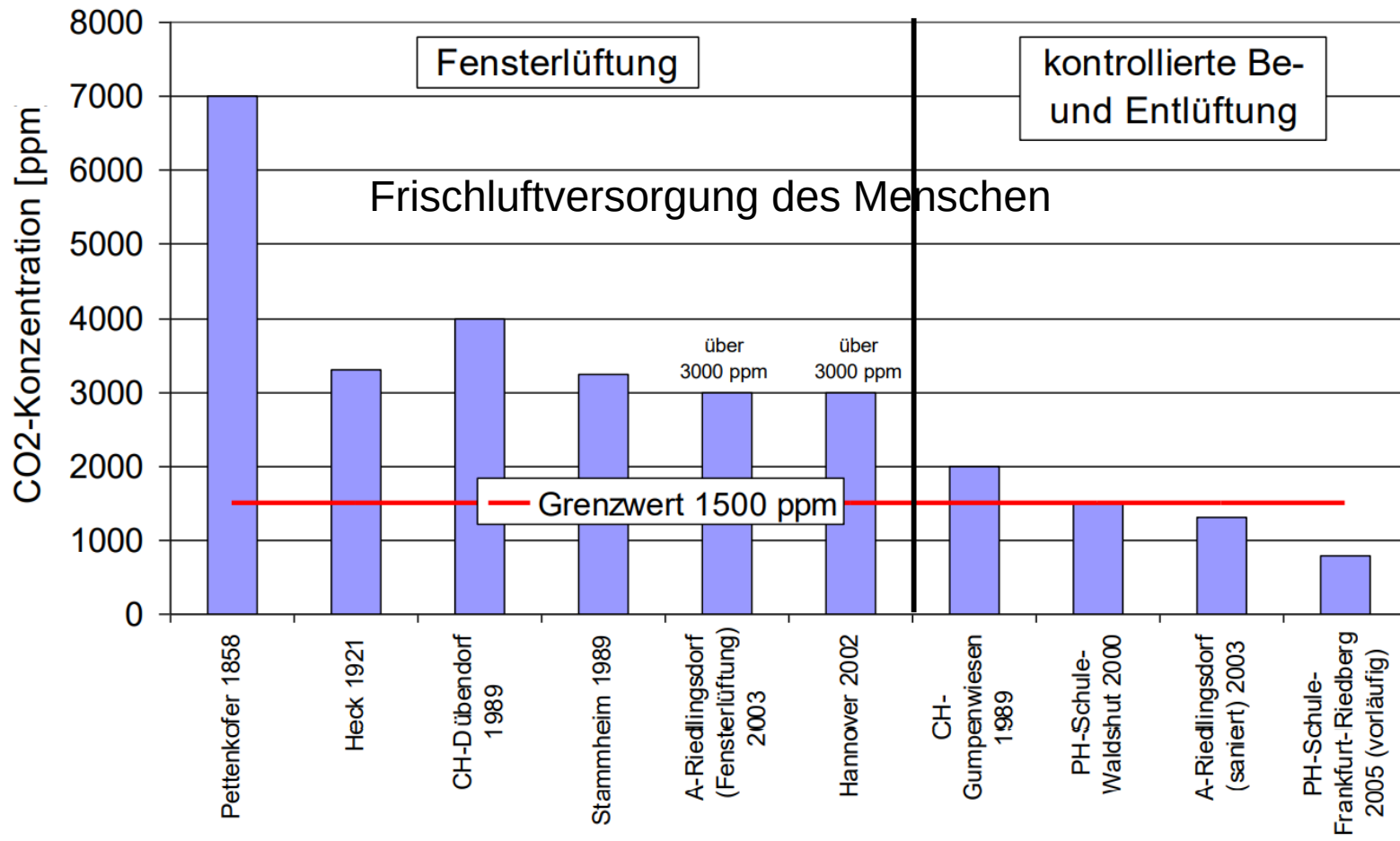
Luftqualität, Frischluftversorgung des Menschen

- Sauerstoffversorgung (max. CO₂ – Konzentration 1000 ppm nach Pettenkofer)
- Reduktion ausgeatmeter Aerosole mit Krankheitserregern
- Lufthygiene (Gerüche, Schadstoffe, empfundene Qualität: „Olf“ Olfaktorischer Wert nach Fanger [1])
- Frischlufttrate 30 - 50 m³ / (Person·h)
[DIN 1946-2, DIN EN 15251, ASR 6]
- Raumlufthwechsel [V_R / h]
 - Wohnungen 0,5 - 1 h⁻¹
 - Büros 1 - 3 h⁻¹
 - Klassenräume ca. 5 h⁻¹

CO₂-Vergleich

Fensterlüftung / kontrollierte Be- und Entlüftung

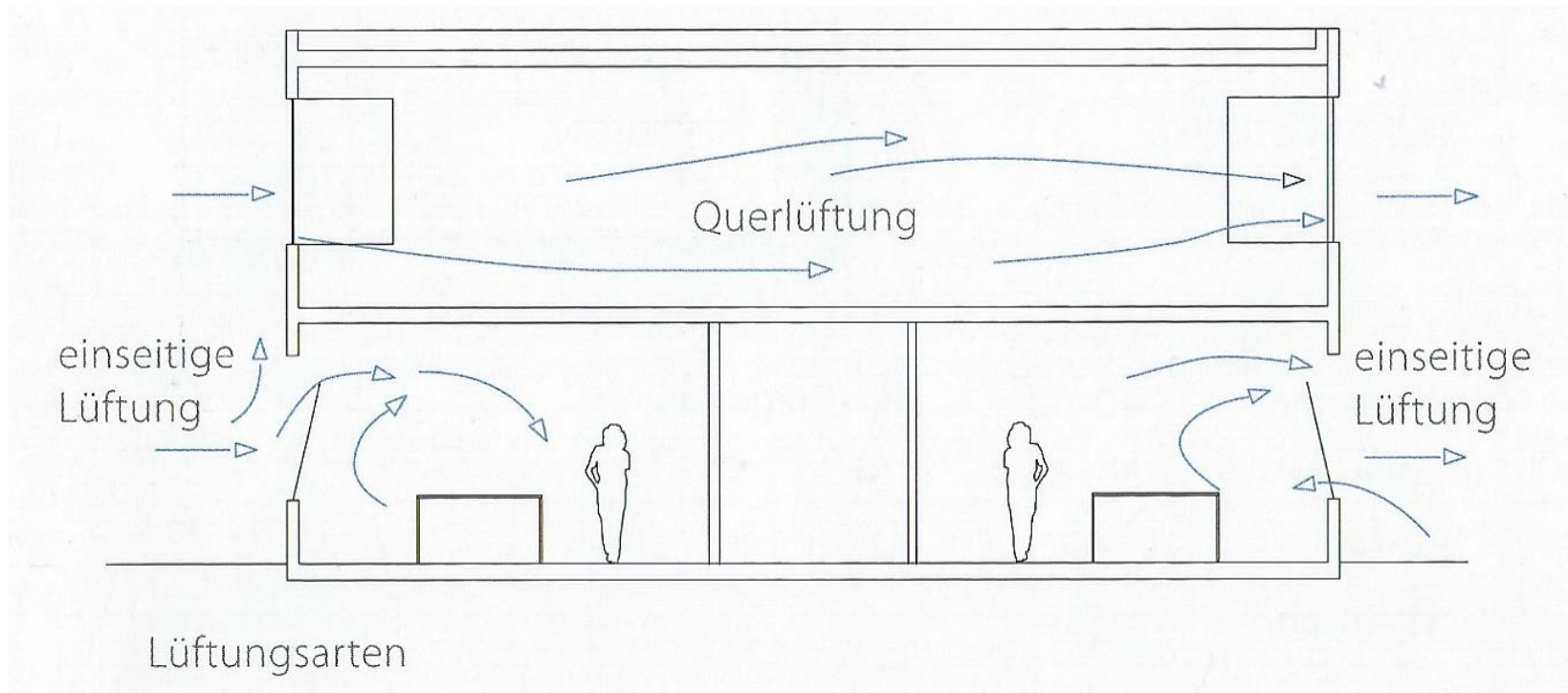
Quelle: IWU, Stahl-Sonnenenergie, Muss, Gesundheitsamt Niedersachsen



Natürliche Lüftung, Einflussfaktoren:

- Windstärke und -richtung
- Temperaturdifferenz
- Öffnungsgeometrie

Vorgaben für Fensterlüftung während Unterricht: **Alle 20 Minuten 5 Minuten ?? (UBA)**
Besser Regelung nach CO2-Sensor



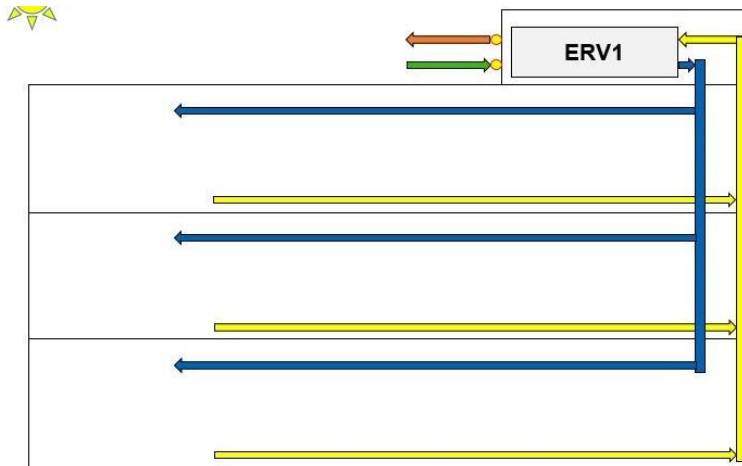
Behagliche Raumtemperatur, DIN EN ISO 7730: 2006-05

Gebäude-/ Raumtyp	Aktivität Wm^{-2}	Kategorie	Operative Temperatur $^{\circ}\text{C}$		Maximale mittlere Luftgeschwindigkeit ^a m/s	
			Sommer (Kühlungs- periode)	Winter (Heizperiode)	Sommer (Kühlungs- periode)	Winter (Heizperiode)
Einzelbüro Bürolandschaft Konferenzraum Auditorium Cafeteria/ Restaurant Klassenraum	70	A	$24,5 \pm 1,0$	$22,0 \pm 1,0$	0,12	0,10
		B	$24,5 \pm 1,5$	$22,0 \pm 2,0$	0,19	0,16
		C	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,0$	0,24	0,21 ^b
Kindergarten	81	A	$23,5 \pm 1,0$	$20,0 \pm 1,0$	0,11	0,10 ^b
		B	$23,5 \pm 2,0$	$20,0 \pm 2,5$	0,18	0,15 ^b
		C	$23,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,5$	0,23	0,19 ^b
Kaufhaus	93	A	$23,0 \pm 1,0$	$19,0 \pm 1,5$	0,16	0,13 ^b
		B	$23,0 \pm 2,0$	$19,0 \pm 3,0$	0,20	0,15 ^b
		C	$23,0 \pm 3,0$	$19,0 \pm 4,0$	0,23	0,18 ^b

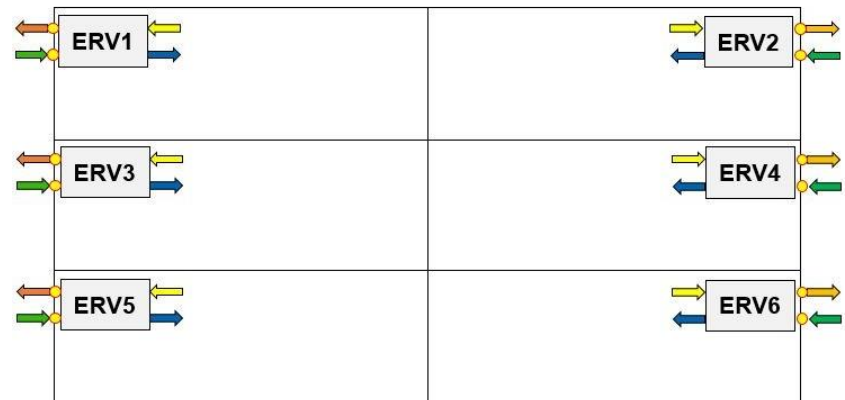
Zielführend ist eine kontrollierte Be- und Entlüftung

Bedarfsgerechte Dosierung, Luftheizung, Wärmerückgewinnung, Nachtauskühlung

Zentral



Dezentral

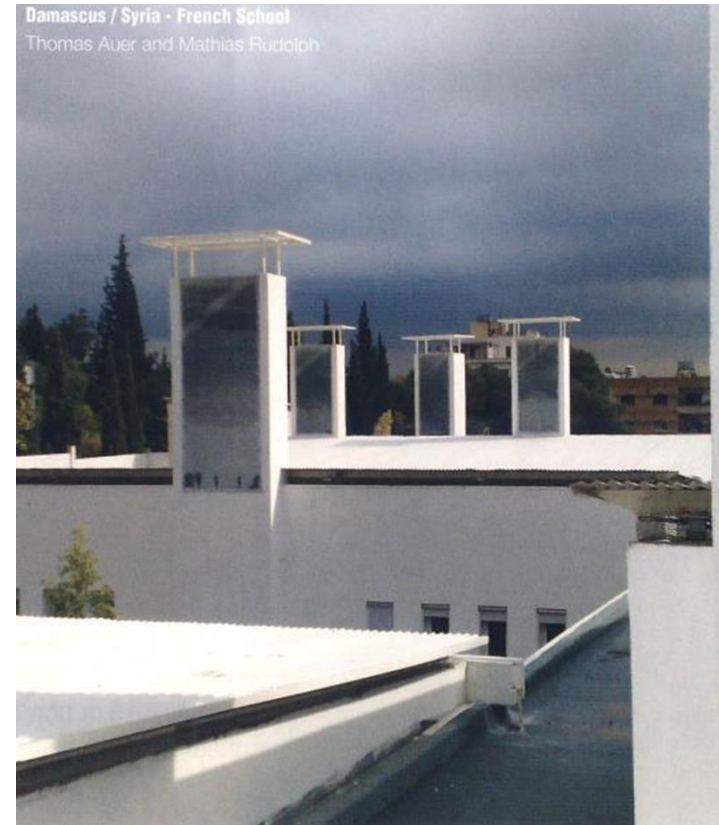


Alternativen zu mechanischer Lüftung?

Natürliche Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung



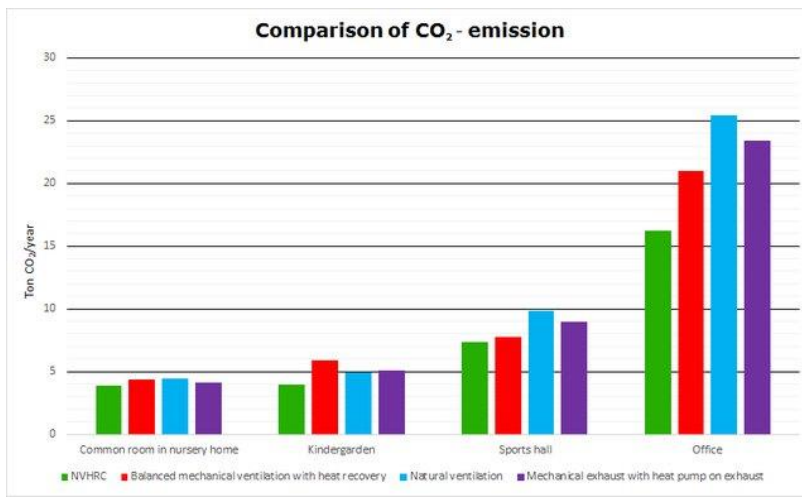
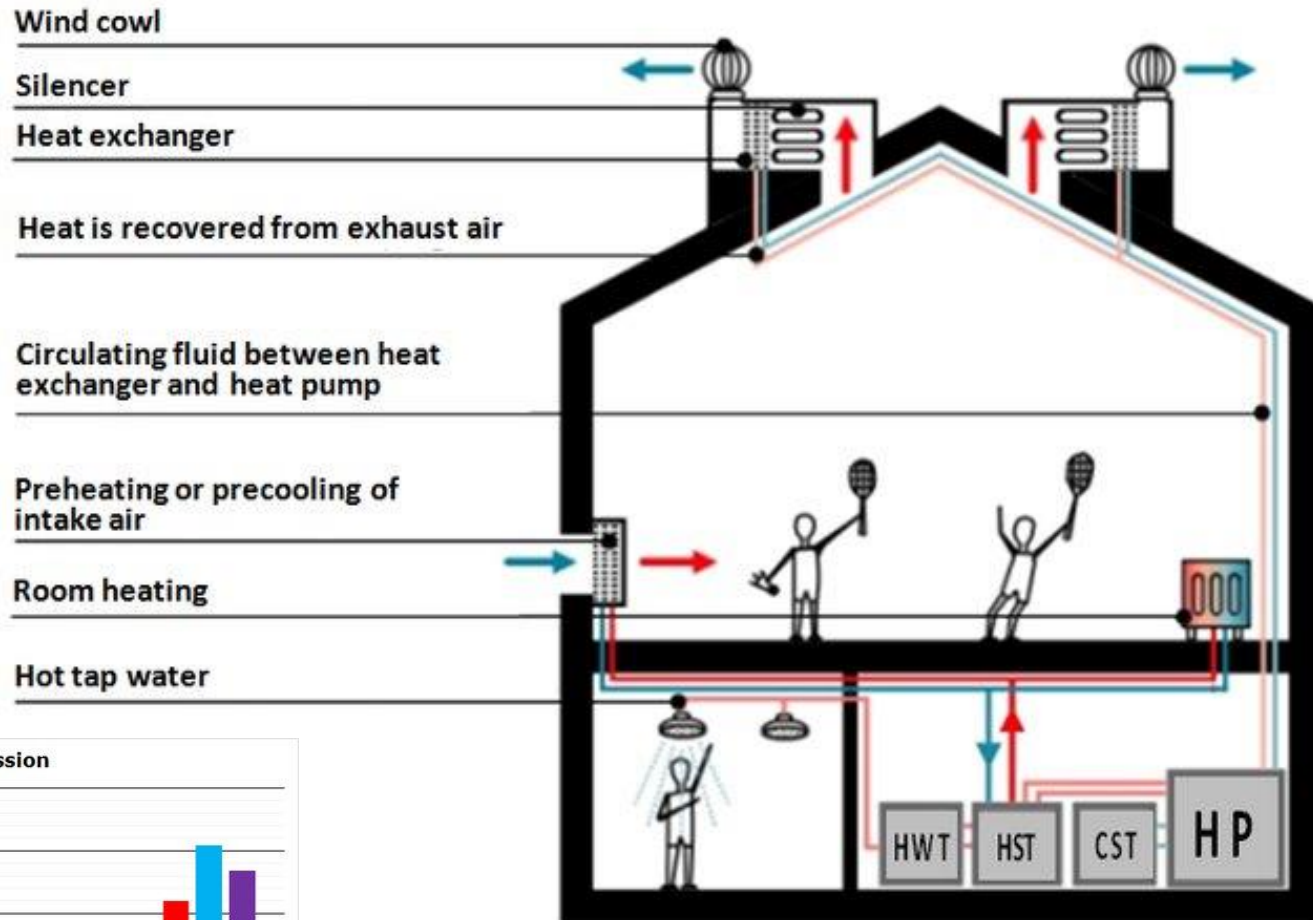
Natürliche Zu- und Abluft über Schacht
mit Wärmerückgewinnung
BedZed, London, Architekt Bill Dunster



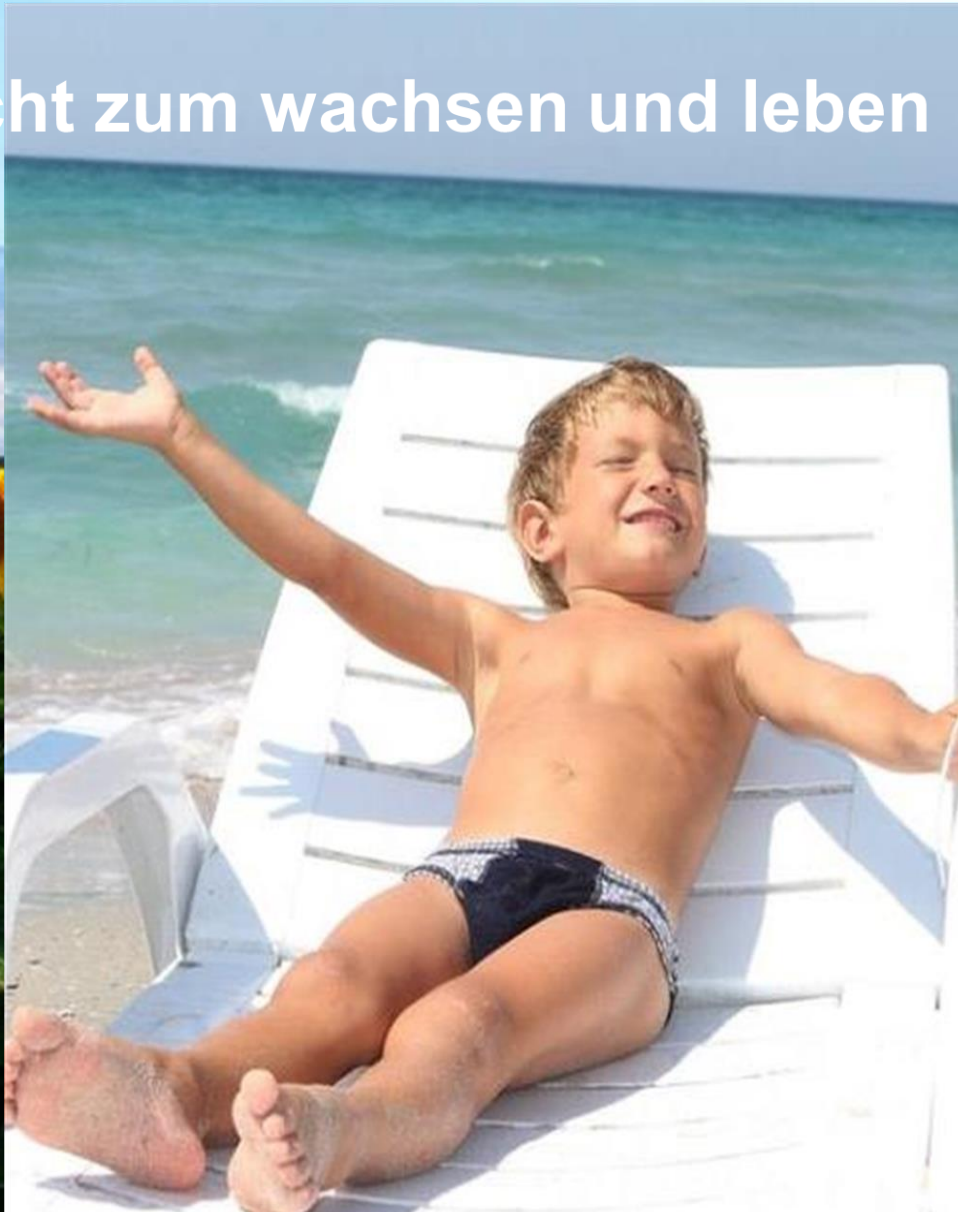
Solar-Windkamine
Französische Schule Damaskus
Atelier Lion, Transsolar

Beispiel:

Natürliche Be- und Entlüftung mit Wärme- Rückgewinnung (Wärmepumpe). Sporthalle (Morten Christensen).



Wir brauchen Licht zum wachsen und leben



Licht und Gesundheit

Vitamin D – Bildung durch Tageslicht (UV-B): 10 Min./d
UV-durchlässiges Glas für besondere Gebäudebereiche

Kurzsichtigkeit (Myopie) bei Jugendlichen

Zunehmende Kurzsichtigkeit weltweit aufgrund von wenig Tageslicht und viel Naharbeit. Augapfel wächst stärker als normal.

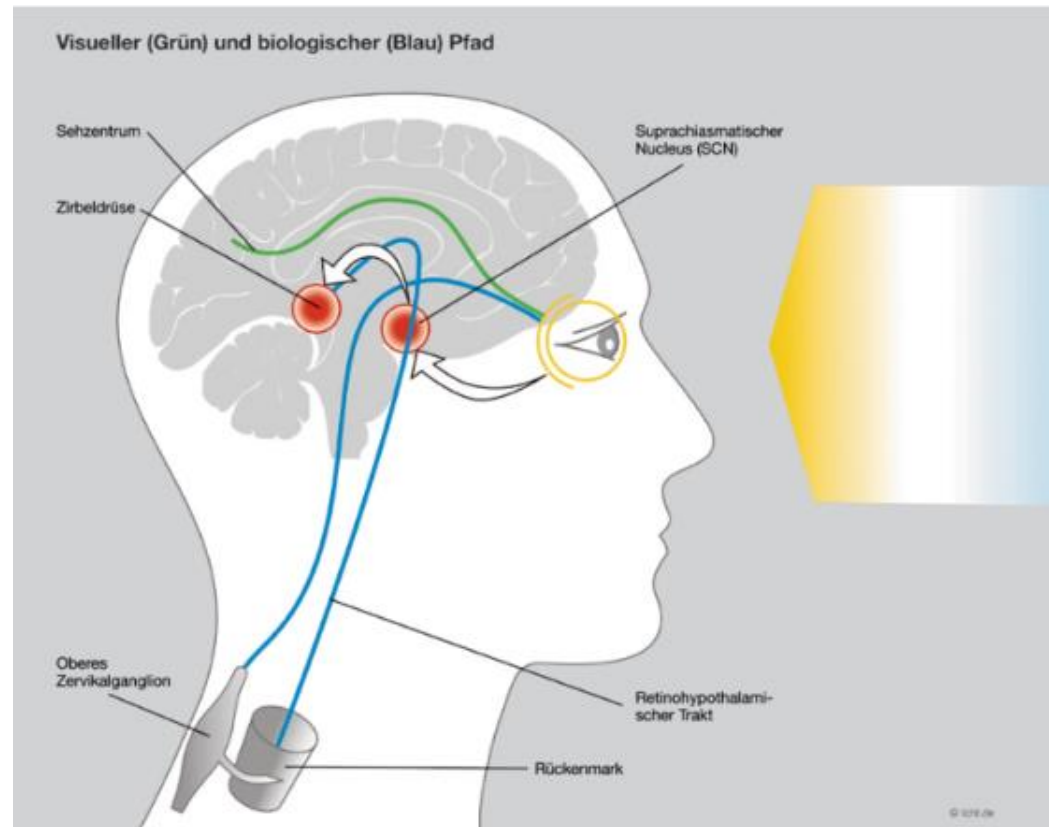


Circadiane Wirkung des Tageslichts auf 24-stündigen Bio-Rhythmus

Der 24-Stunden Rhythmus der des Gehirns wird vom Tageslicht gesteuert:

Die „innere Uhr“ beeinflusst Herzfrequenz, Blutdruck, Körpertemperatur, Stimmung sowie Schlaf- und Wachphasen durch Hormonausschüttung:

- **Melatonin (Schlafhormon)**
- **Serotonin (Stresshormon)**

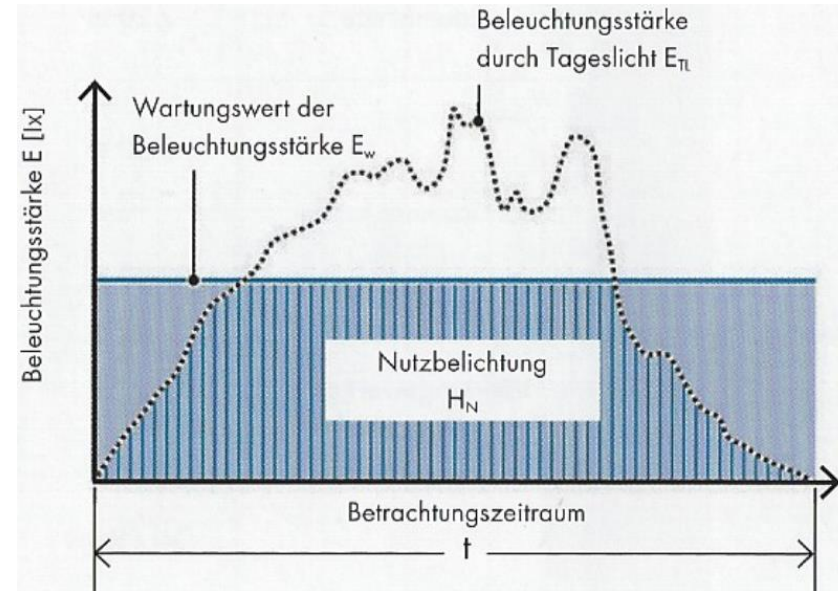


visueller Pfad
Biologischer Pfad

EN 17047 Tageslicht in Gebäuden (Entwurf 2018)

Ablösung von DIN 5034 (1993 - 99)

- **Mindestforderung:**
Relative Nutzbelichtung $\geq 50\%$
(Tageslichtautonomie)
- **Vereinfachtes Nachweisverfahren**
durch Tageslichtquotient
 $D \geq 2,2$ statt $0,9$ (DIN 5034) für
gewünschte Beleuchtungsstärke 300 lx
- **Ausblick: Erhöhte Anforderungen**
(Skyline and Ground)
- **Zukünftig größere Fensterflächen und**
Lichttransmissionsgrade der Verglasung



Anforderungen Raumbeleuchtung (Tages- und Kunstlicht)

Mindest-Beleuchtungsstärke nach DIN EN 12665 und 12464-1 und 2

- im Bereich der Sehaufgabe, z.B. Büros **200-750 lx**
- Beleuchtungsstärken des unmittelbaren Umgebungsbereiches
- Nutzungszeit Tageslicht möglichst groß (hohe Tageslichtautonomie)

Empfohlene Beleuchtungsstärke: 2000 – 5000 lx (Fachliteratur)

Blendungsbegrenzung

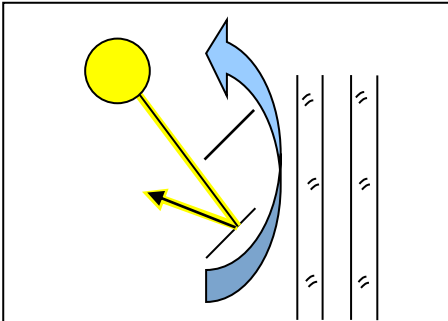
- Reflexion von direktem Sonnenlicht
- Kontraste (Leuchtdichteunterschiede, z.B. $< 1/30$)
- Bildschirmarbeitsplätze: DIN EN 12464-1: $< 1000 \text{ cd/m}^2$

Farbwiedergabe

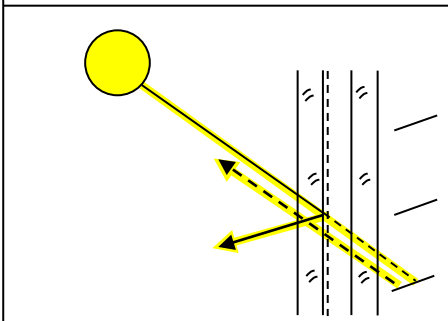
- Farbwiedergabeindex Ra für künstliche Beleuchtung (Tageslicht 100 %)

Verschattungsvorrichtungen (z.B. JALOUSIE)

PRINZIPIEN:

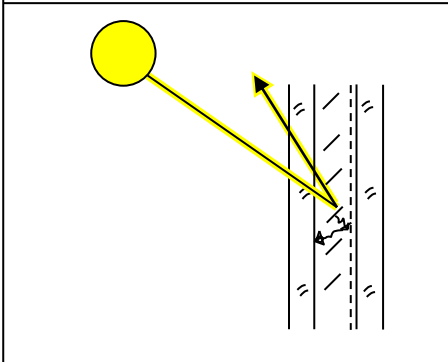


Außenliegende Jalousie,
Wärmeabführung durch Ventilation



Innenliegende Jalousie mit Sonnenschutzglas

- Selektive Sonnenschutzschicht
- Retroreflektierende Lamellen

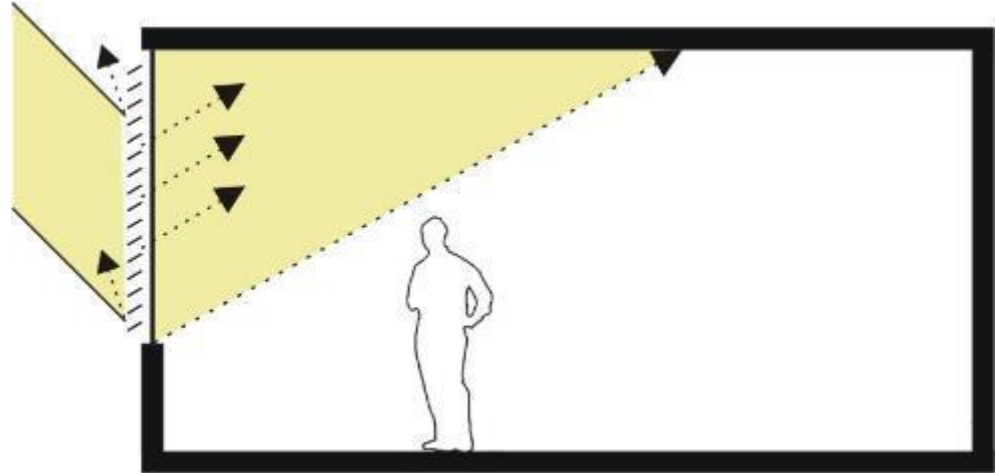


Jalousie im Scheibenzwischenraum von Wärmeschutzglas

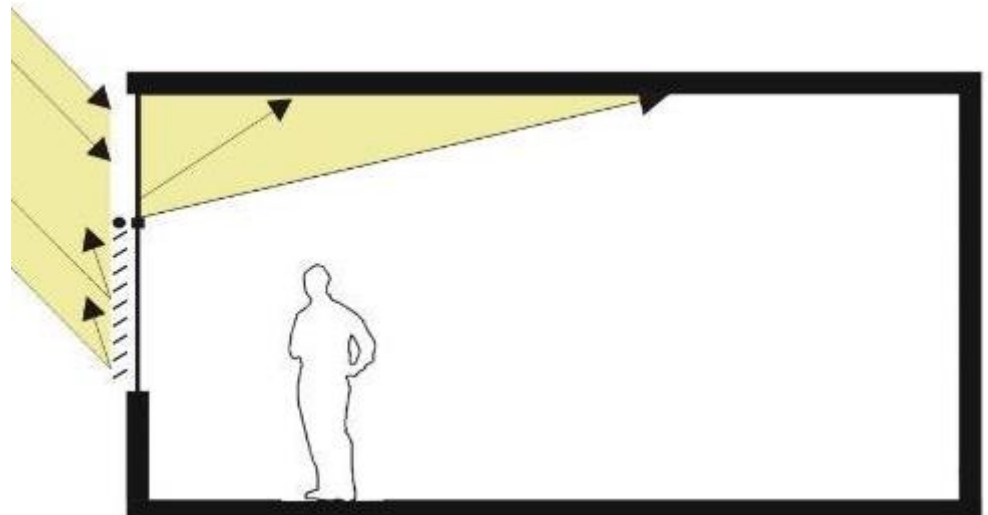
- Hochreflektierende Lamellen geschützt im SZR
- Low-e-Schicht auf Position 3 für Wärmereflektion
- Optimal in Dreischeiben-Wärmeschutzglas
(kleine Temperatur der raumseitigen Glasoberfläche)

Sonnenlicht-Umlenkung: Tageslichtbeleuchtung bei geschlossenem Sonnenschutz

**Jalousie mit
partieller Umlenkung
des Sonnenlichts
in den Raum
(Sonnen-Nachführung)**

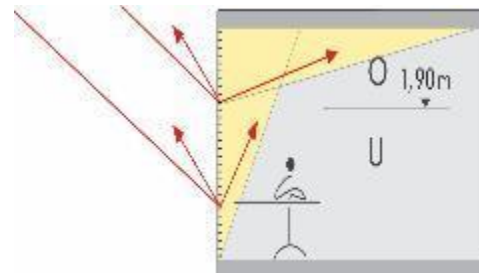
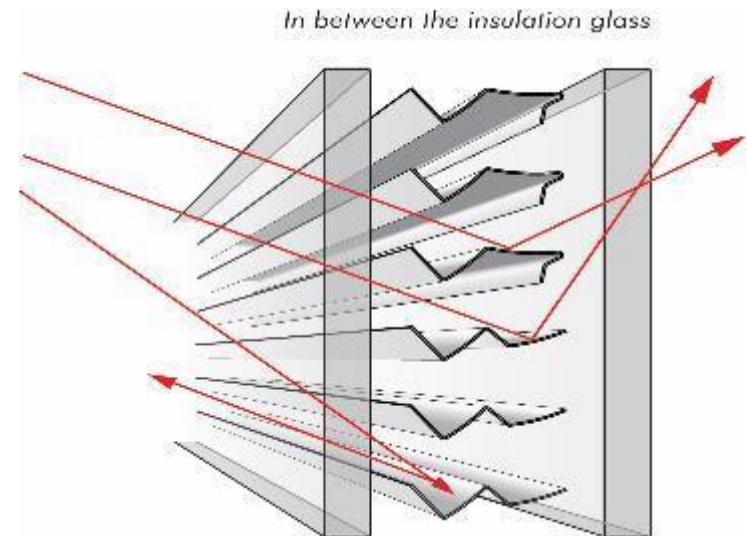


**Oberer Teil des Fensters
mit Licht-Umlenkung
in den Raum (starres System),
unterer Teil mit Verschattung
(außen oder innen)**



Jalousien mit Retro-Reflexion und Tageslicht-Umlenkung

Integriert im Scheibenzwischenraum, Umlenkung im oberen Fensterbereich (Koester)



Innovative Lichtumlenkung durch mikrostrukturierte Gläser

Demonstration im Testraum des Fraunhofer IBP, Stuttgart



Synergien von gesundem Raumklima und Klimaschutz

Heizenergieeinsparung durch kontrollierte Lüftung:
Wärmerückgewinnung bei Be- und Entlüftungsanlagen: 85%

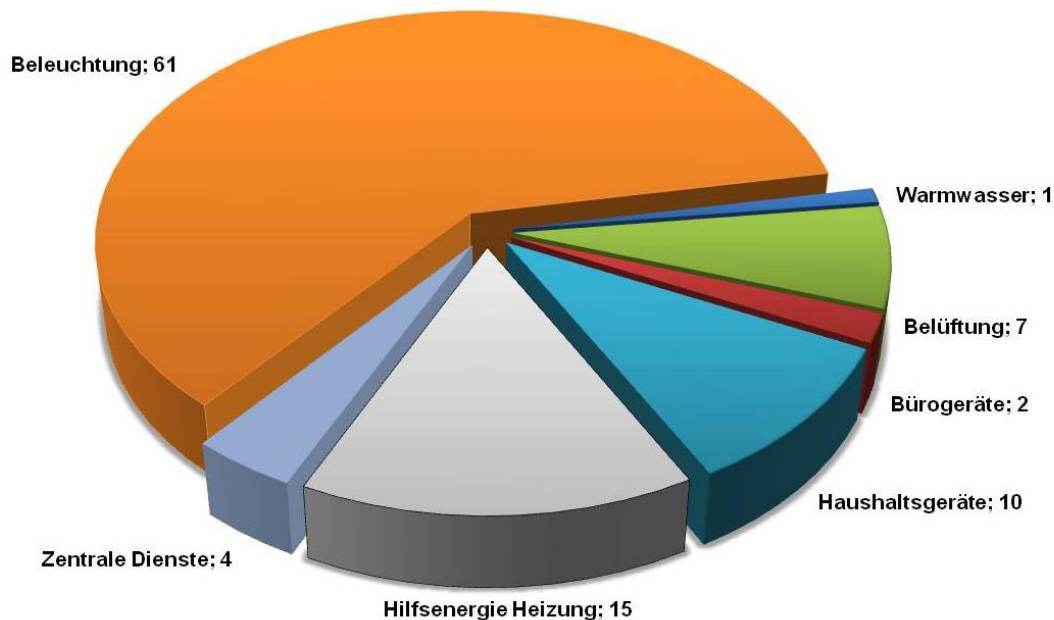
Spezifischer Verbrauch	Bewertung
< 20 kWh / m ² a	ausgezeichnet ("Passivhaus"-Standard)
20-70 kWh / m ² a	sehr gut (Niedrigenergiehaus bzw. Standard der Energieeinsparverordnung von 2002)
70-100 kWh / m ² a	gut (Standard der Wärmeschutzverordnung von 1995)
100-150 kWh / m ² a	mittelmäßig
150-250 kWh / m ² a	durchschnittlicher unsanierter Altbau mit hohem Einsparpotenzial
>250 kWh / m ² a	extrem hoch; energetische Sanierung dringend erforderlich

Bewertung des Heizenergieverbrauchs (T. Langner, Umweltbildung-U.-beratung)

Synergien von gesundem Raumklima und Klimaschutz

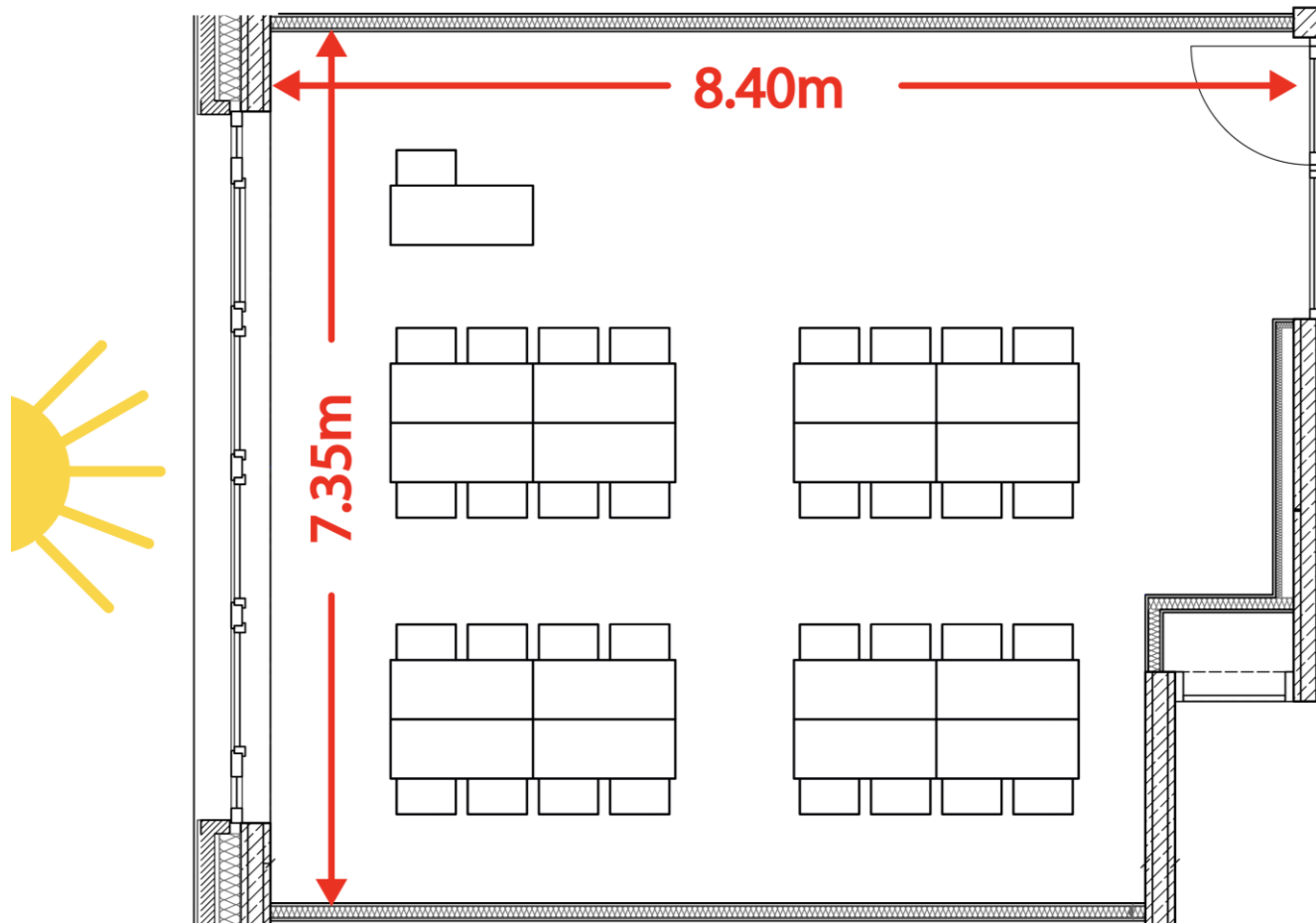
Stromeinsparung durch Tageslichtbeleuchtung

- ca. 50% durch Sonnenlichtumlenkung (4 - 8 kWh/(m²a))



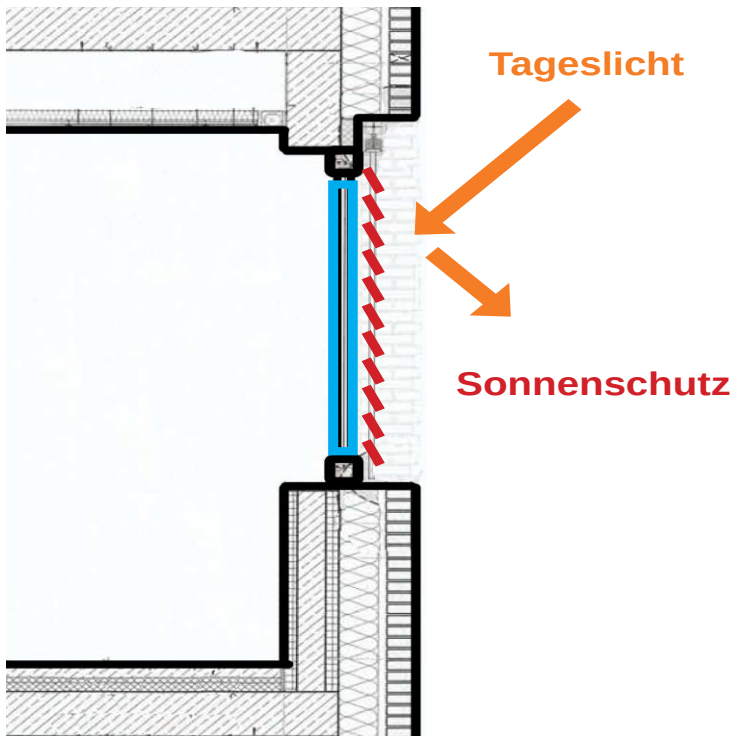
Typischer Stromverbrauch einer neuen Schule (IFEU)

Energiebedarf für Exemplarischen Klassenraum

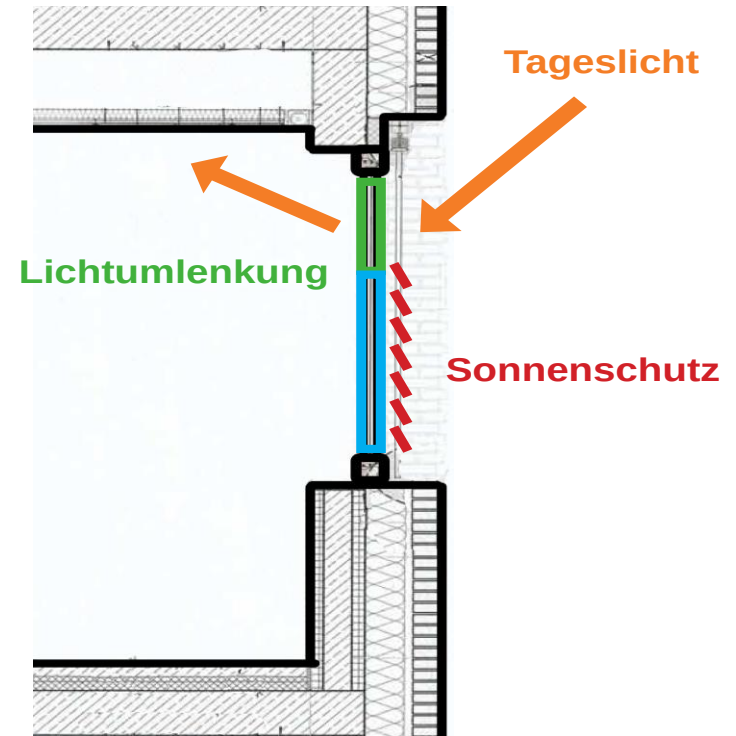


Exemplarische Beleuchtung eines Klassenraumes

Standard



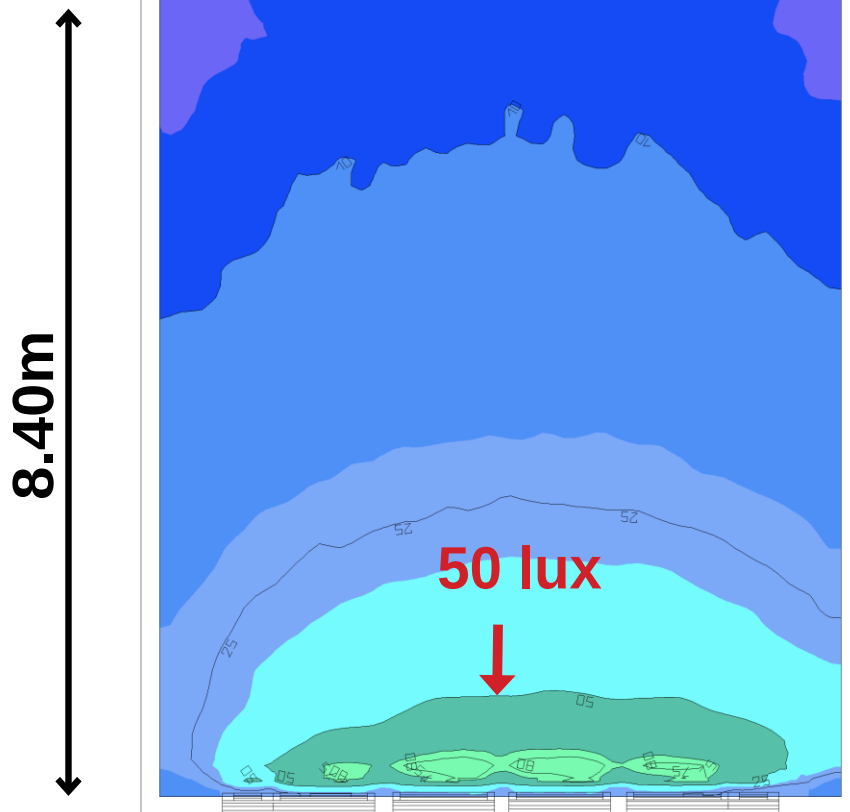
Lichtlenkung



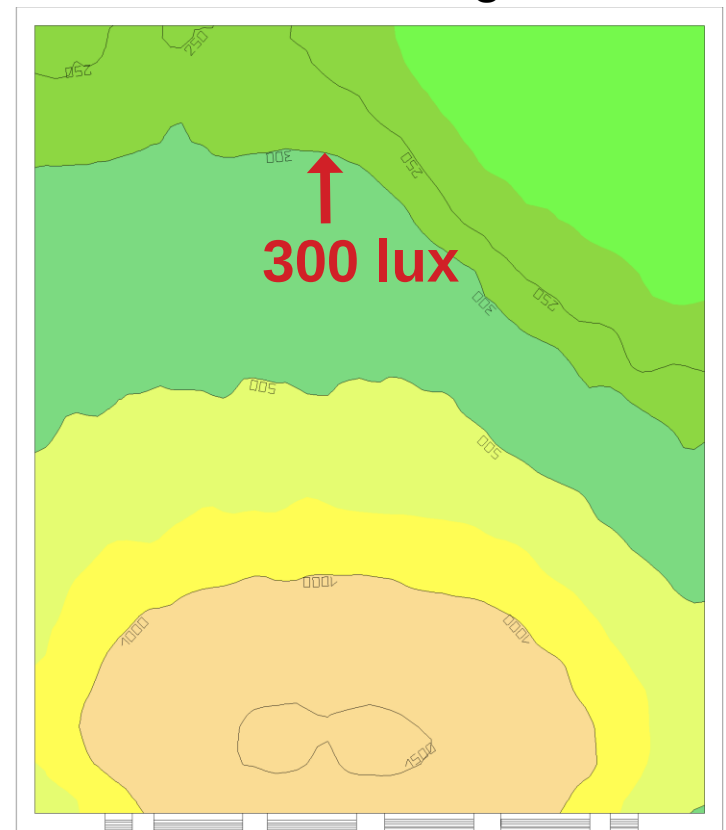
Vergleich der Beleuchtungsstärken

Frankfurt am 21.03.2022 um 12.00 Uhr bei klarem Himmel ohne Kunstlicht
auf Arbeitsebene mindestens 300 lux erforderlich

Standard



Lichtlenkung



Vergleich des Energiverbrauchs der Beleuchtung

Annahme Klassenzimmer:

Installierte Leistung LED-Beleuchtung: 10 W/m²

Betriebsstunden: 7- 18 Uhr = 11 h/d

5 Tage / Woche

52 Wochen / Jahr - 8 Wochen Ferien = 44 Wochen

Max. Stromverbrauch ohne Tageslicht: 24,2 kWh/m²a

Mittlere relative Nutzbelichtung

Standard 44%

Lichtlenkung 65%

Stromverbrauch

$0.56 \times 24,2 = 13,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

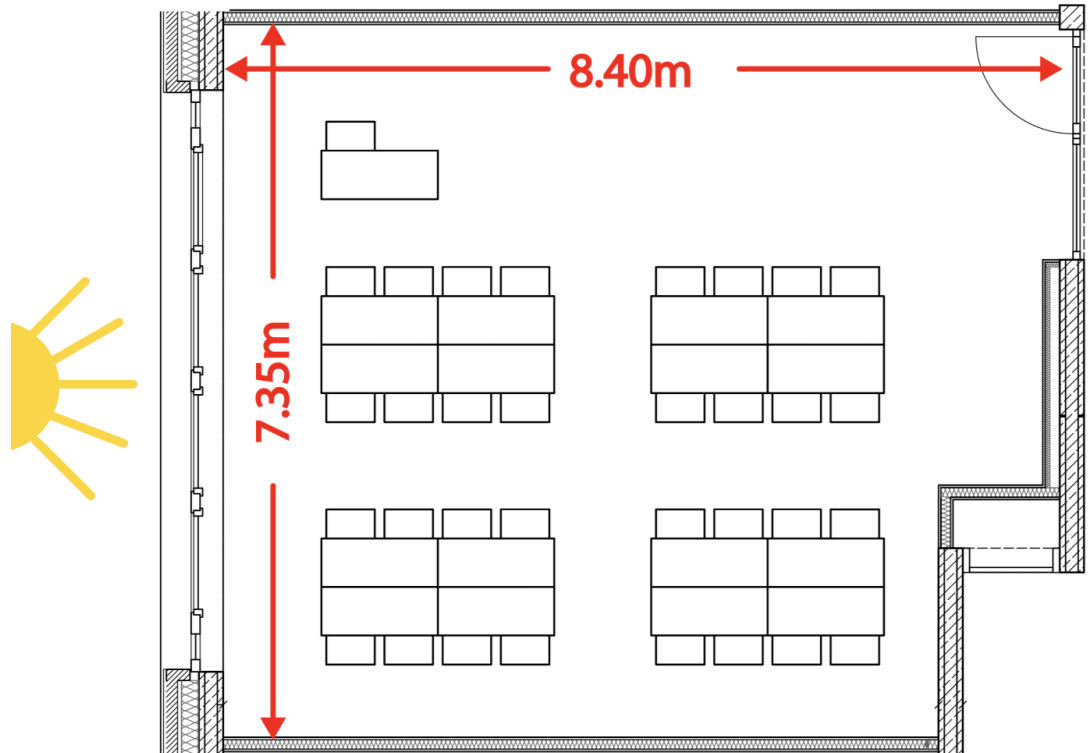
$0.35 \times 24,2 = 8,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Ca. 40% Stromeinsparung

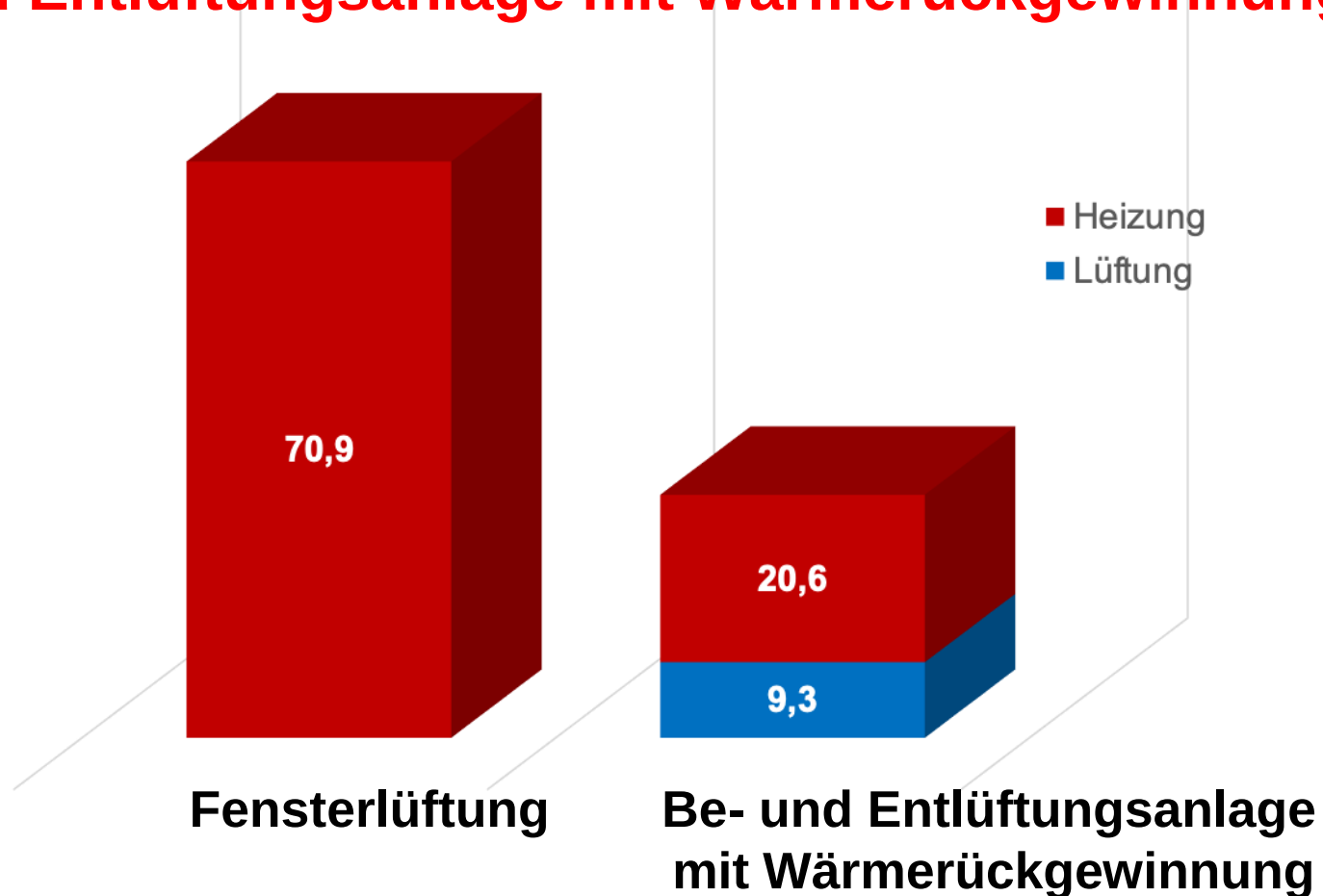
Exemplarischer Luftwechsel eines Klassenraumes

**1 Lehrer/in +
32 Schüler/innen**

**33 Personen
x 30 m³/h = 990 m³/h**



Exemplarischer Vergleich Heizenergiebedarf (kWh/(m²a)): Fensterlüftung / Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (85%)



Mehrkosten für gesunde und klimagerechte Schulen sind Investition in die Zukunft unseres Landes sowie unseres Planeten.

Bundesförderung für effiziente Gebäude auch für Schulen: 20% (BAFA)

- **Einbau, Austausch oder Optimierung raumluftechnischer Anlagen inklusive Wärmerückgewinnung sowie Steuerung und Regelung**
- **Einbau energieeffizienter Beleuchtungssysteme**

BELEUCHTUNG IN SCHULRÄUMEN – ANFORDERUNGEN UND INNOVATIVE LÖSUNGEN

Dr.-Ing. Jan de Boer

Stuttgart den 26.4.2022

Auf Wissen bauen



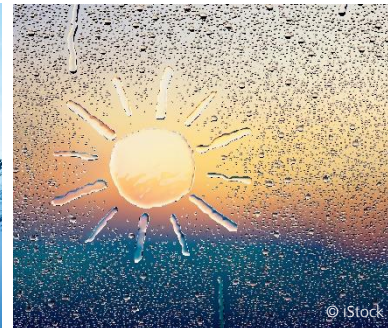
AKUSTIK



ENERGIEEFFIZIENZ
UND RAUMKLIMA



GANZHEITLICHE
BILANZIERUNG



HYGROTHERMIK

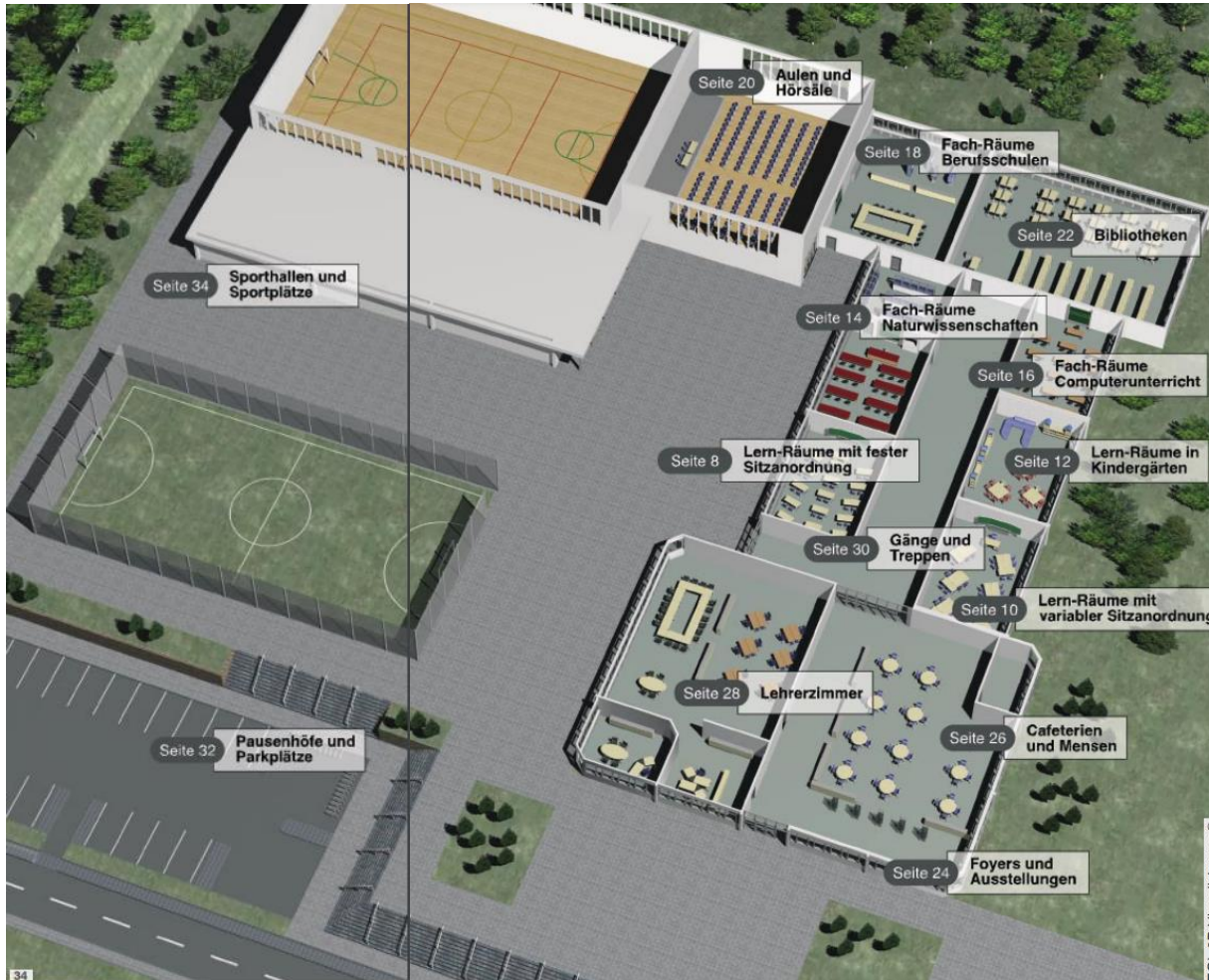


MINERALISCHE
WERKSTOFFE UND
BAUSTOFFRECYCLING



UMWELT, HYGIENE
UND SENSORIK

Beleuchtung in Schulbauten



- Unterschiedlich alte Nutzer
- Unterschiedliche Tätigkeiten
- Unterschiedliche Raumtypen
- Die ganze Breite der angewandten Lichttechnik relevant

Übersicht

Sehen, Licht für den Menschen



Tageslicht



Kunstlicht



Normen / rechtl. Rahmen / Förderung

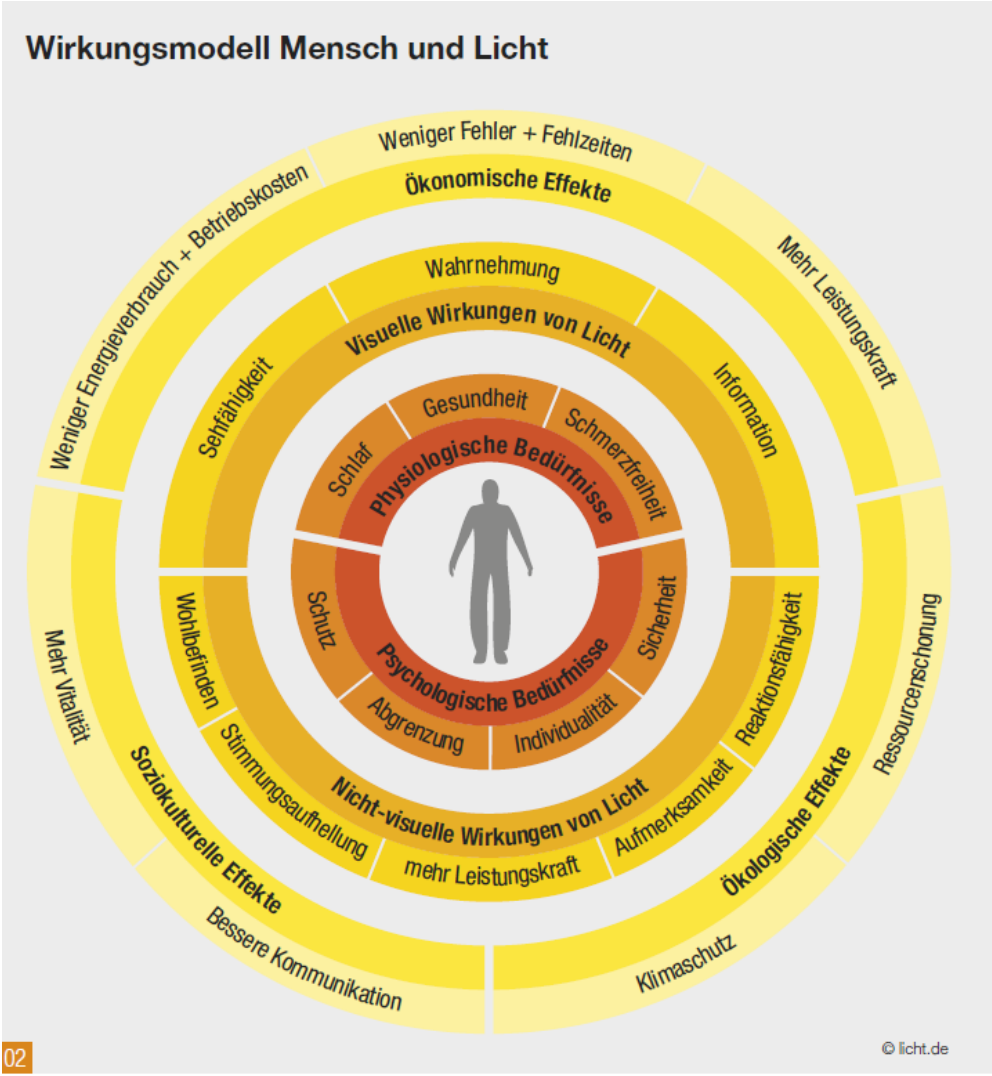
 Bundesanzeiger Herausgegeben vom Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz www.bundesanzeiger.de		Bekanntmachung Veröffentlicht am Montag, 7. Juni 2021 BAnz AT 07.06.2021 B4 Seite 1 von 16	
DEUTSCHE NORM		DEUTSCHE NORM November 2021	
DIN EN 17037		DIN EN 12464-1	
ICS 91.160.01 Tageslicht in Gebäuden; Deutsche Fassung EN 17037:2018 Daylight in buildings; German version EN 17037:2018 L'éclairage naturel des bâtiments; Version allemande EN 17037:2018		ICS 91.160.10 Ersetzt für DIN EN 12464-1:2011-08 Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Deutsche Fassung EN 12464-1:2021 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places; German version EN 12464-1:2021 Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1: Lieux de travail intérieurs; Version allemande EN 12464-1:2021	

SEHEN, LICHT FÜR DEN MENSCHEN



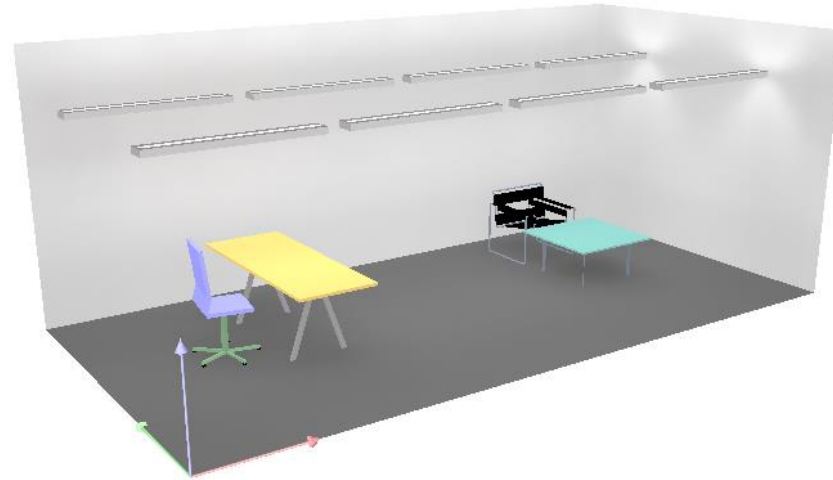
© <https://www.gesundes-auge.de/auge/>

Mensch und Licht



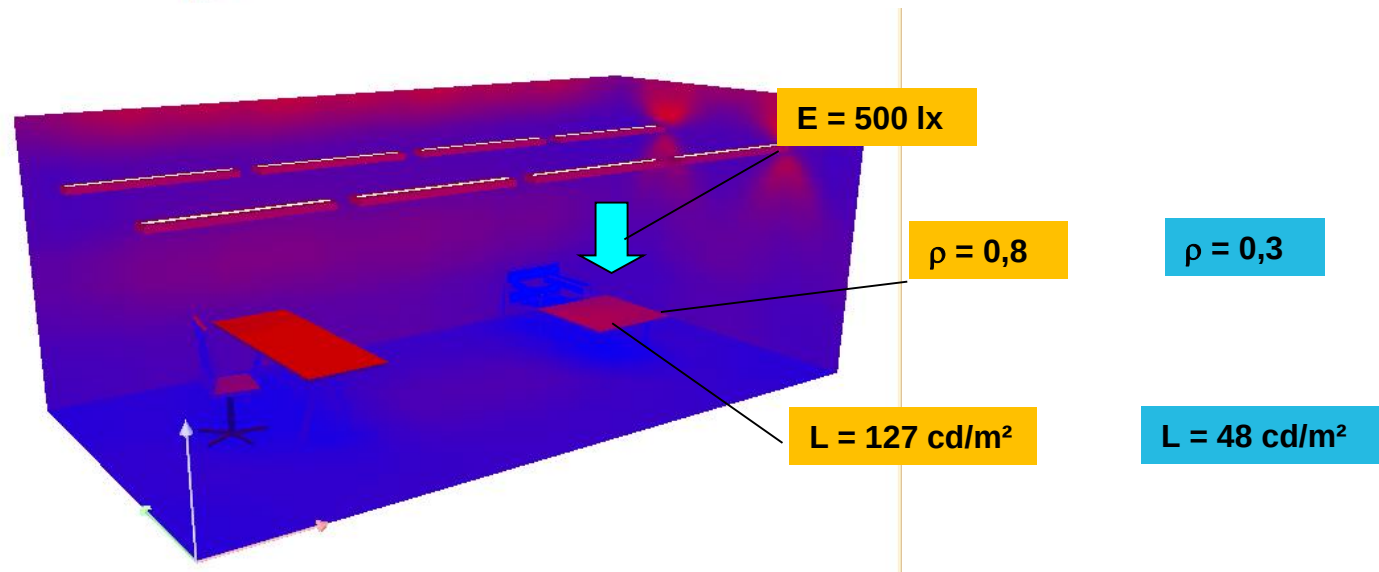
02

Zusammenhang zwischen Leuchtdichte L [cd/m²], Beleuchtungsstärke E [lx], Oberflächen

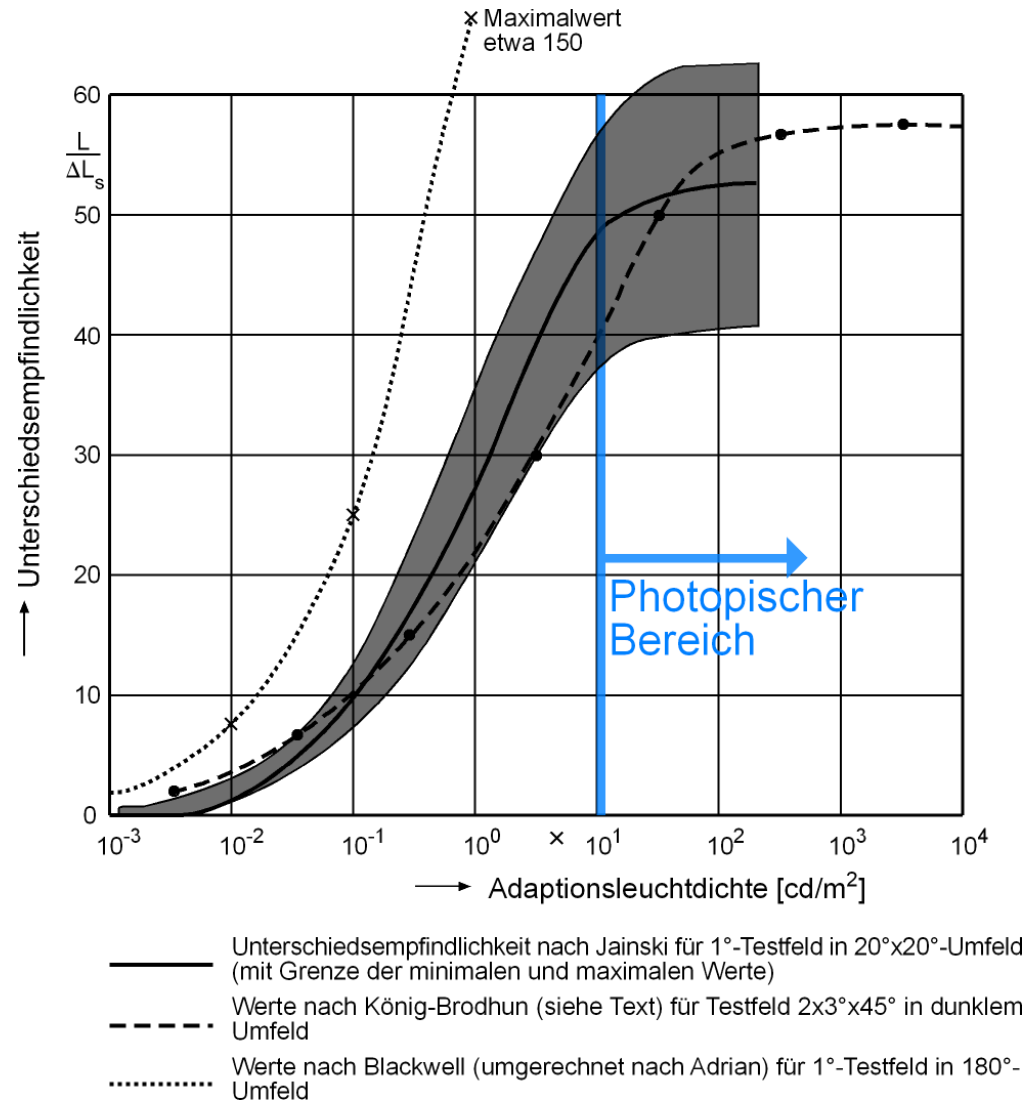


$$L = \rho \cdot \frac{E}{\pi}$$

	150.00	cd/m²
	131.25	cd/m²
	112.50	cd/m²
	93.75	cd/m²
	75.00	cd/m²
	56.25	cd/m²
	37.50	cd/m²
	18.75	cd/m²
	0.00	cd/m²



Unterschiedsempfindlichkeit



Unterschiedsempfindlichkeit wächst mit:

- Adaptationsleuchtdichte L_u
- Größe der Sehobjekte α
- Bei höheren Umfeldleuchtdichten ($>100 \text{ cd/m}^2$) und größeren Sehobjekten ($>100'$) ist der Schwellenkontrast annähernd unabhängig von L_u und α .



© Trilux

Blendung

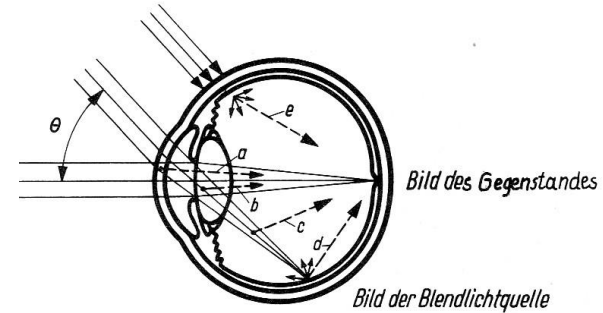
- **Physiologische Blendung (engl. Disability glare):**

- Beeinträchtigung der Sehfunktion
- Ursache der physiologischen Blendung: Rein physikalische Effekt des Streulichtes an Grenzflächen und Trübungen der Augenmedien

- **Psychologische Blendung (engl. Discomfort glare):**

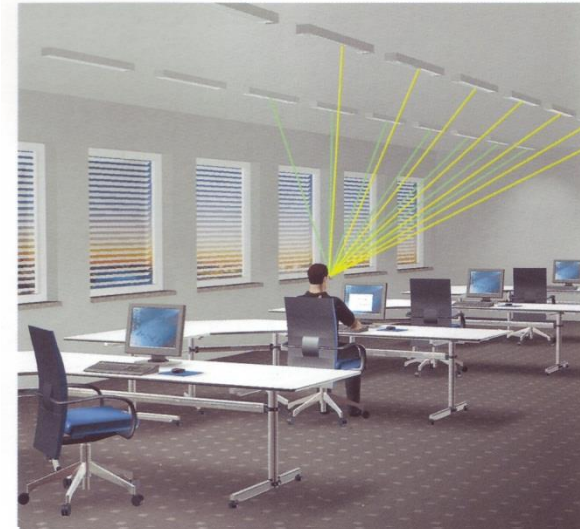
- Störimpfinden, Leuchtdichtevertellung wird als unangenehm empfunden
- Beide Formen können gleichzeitig nebeneinander oder auch getrennt voneinander auftreten
- Unabhängig von der Lichtfarbe

Physiologische Blendung



*a : Streulicht von der Hornhaut
b : Streulicht von der Augenlinse
c : Streulicht vom Glaskörper
d : Streulicht von der Netzhaut
e : Streulicht von der Lederhaut*

Physiologische Blendung



Physiologische Blendung

Direkt



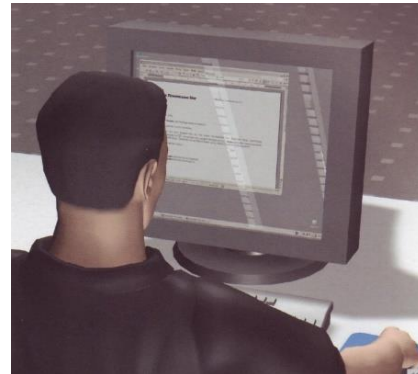
Absolut



Infeld- / Umfeld



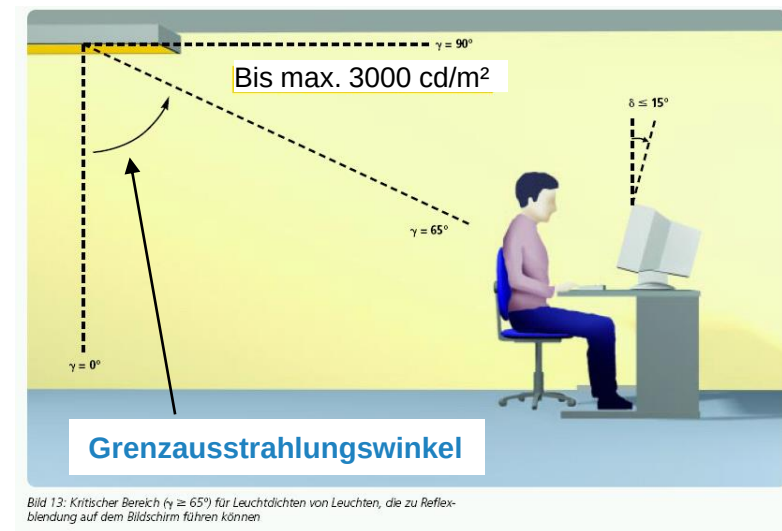
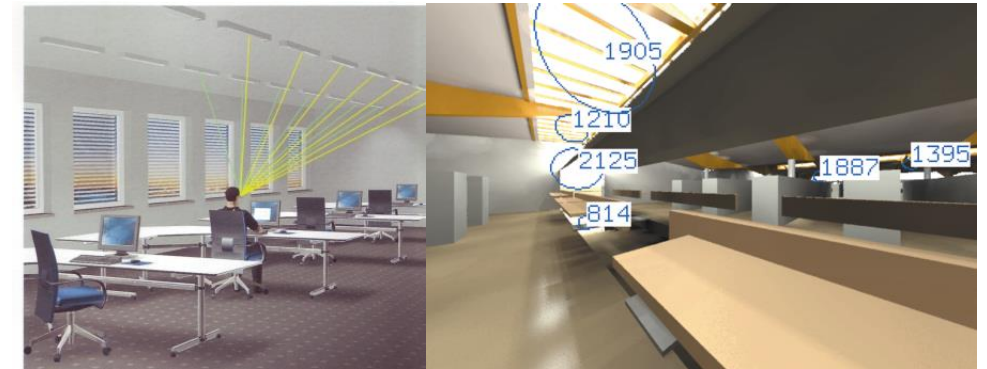
Reflexblendung



Psychologische Blendung: Kunstlicht: UGR

- Aus umfangreichen empirischen Untersuchungen.
- Bei der Bewertung der Blendung durch Kunstlicht im Innenraum geht man davon aus, dass heute nur die psychologische Blendung von Bedeutung ist.
- Gilt für Kunstlicht: -> UGR Verfahren (vgl. Kapitel Kunstlicht).

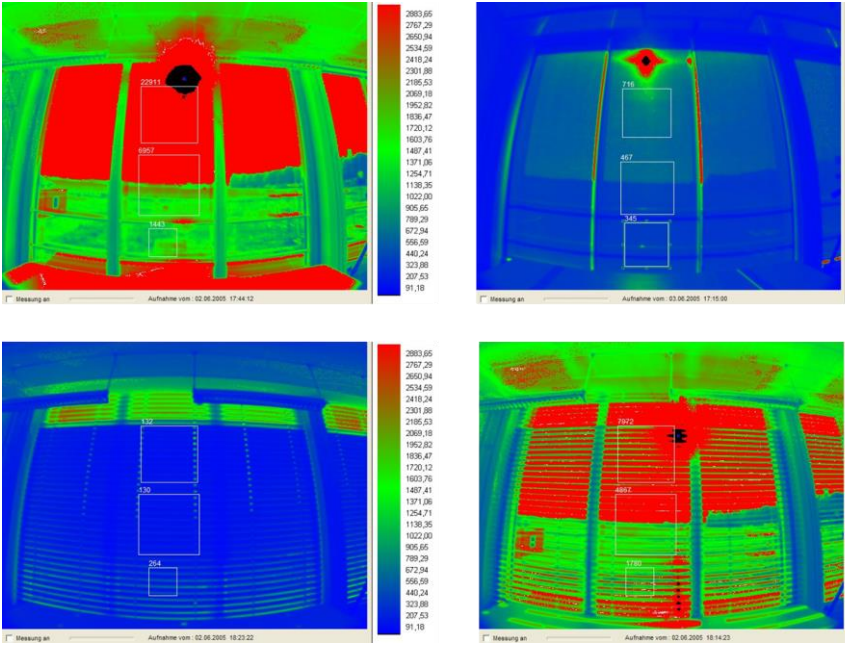
$$UGR = 8 \cdot \log \left(\frac{0,25}{L_u} \right) \sum \frac{L^2 \cdot \Omega}{P^2}$$



Psychologische Blendung: Tageslicht: DGP

Daylight Glare Probability (DGP)

„Moving Target“

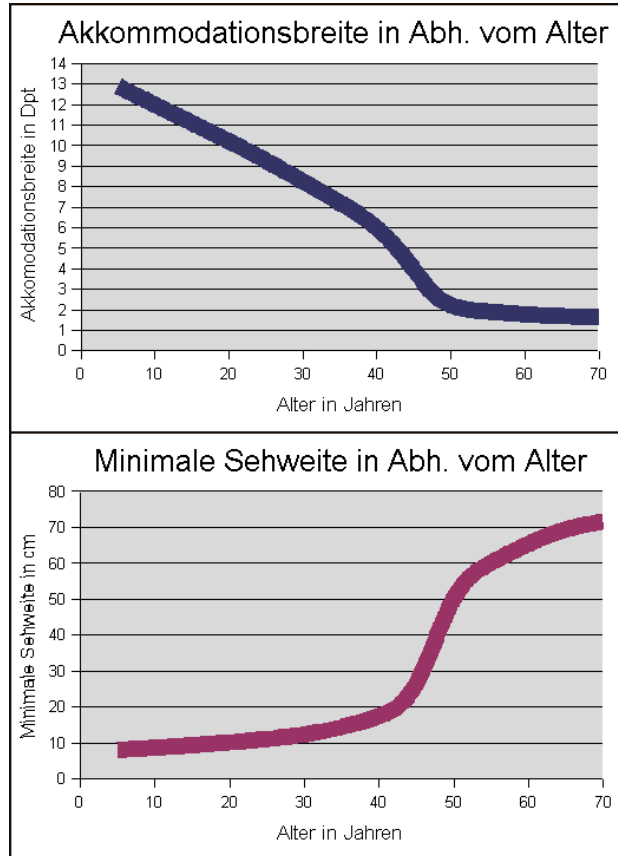


$$DGP = 5,87 \times 10^{-5} \times E_v + 9,18 \times 10^{-2} \times \log \left(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \times \omega_{s,i}}{E_v^{1,87} \times P_i^2} \right) + 0,16$$

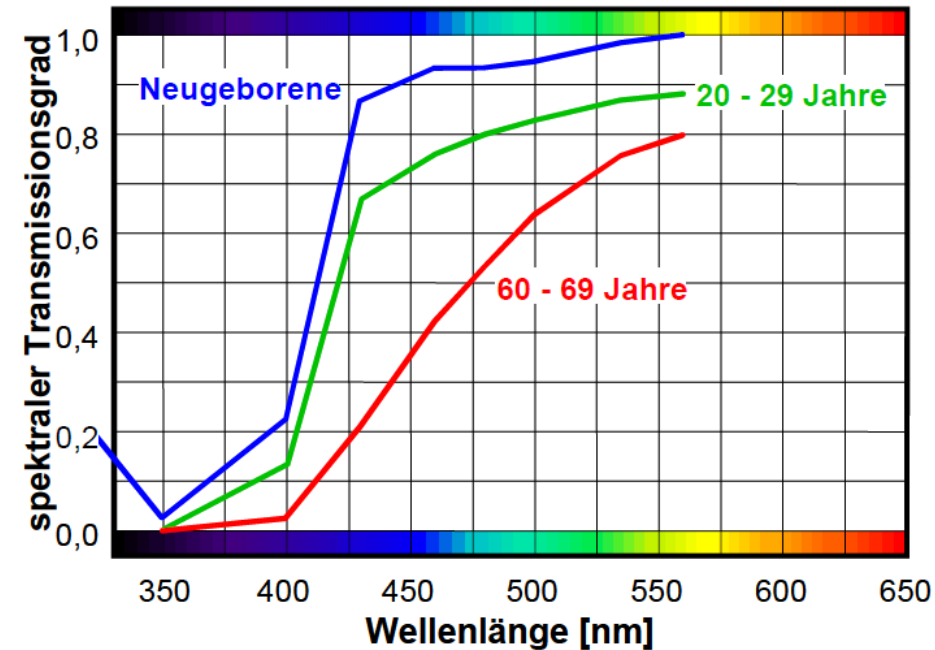
Kriterium	DGP
Die Blendung wird meistens nicht wahrgenommen.	$DGP \leq 0,35$
Die Blendung wird wahrgenommen, aber meistens nicht als störend empfunden.	$0,35 < DGP \leq 0,40$
Die Blendung wird wahrgenommen und oftmals als störend empfunden.	$0,4 < DGP \leq 0,45$
Die Blendung wird wahrgenommen und ist meistens nicht tolerierbar.	$DGP \geq 0,45$

Altersabhängigkeit des Sehens

Presbyopie
(Altersweitsichtigkeit): durch
Elastizitätsverlust der Linse

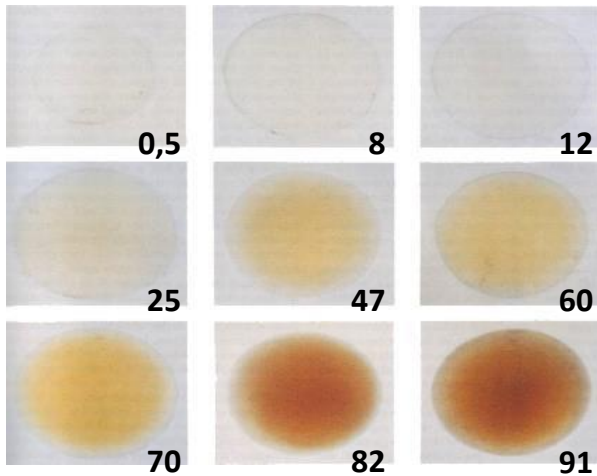


Spektraler Transmissionsgrad
des Auges für 3 Altersgruppen

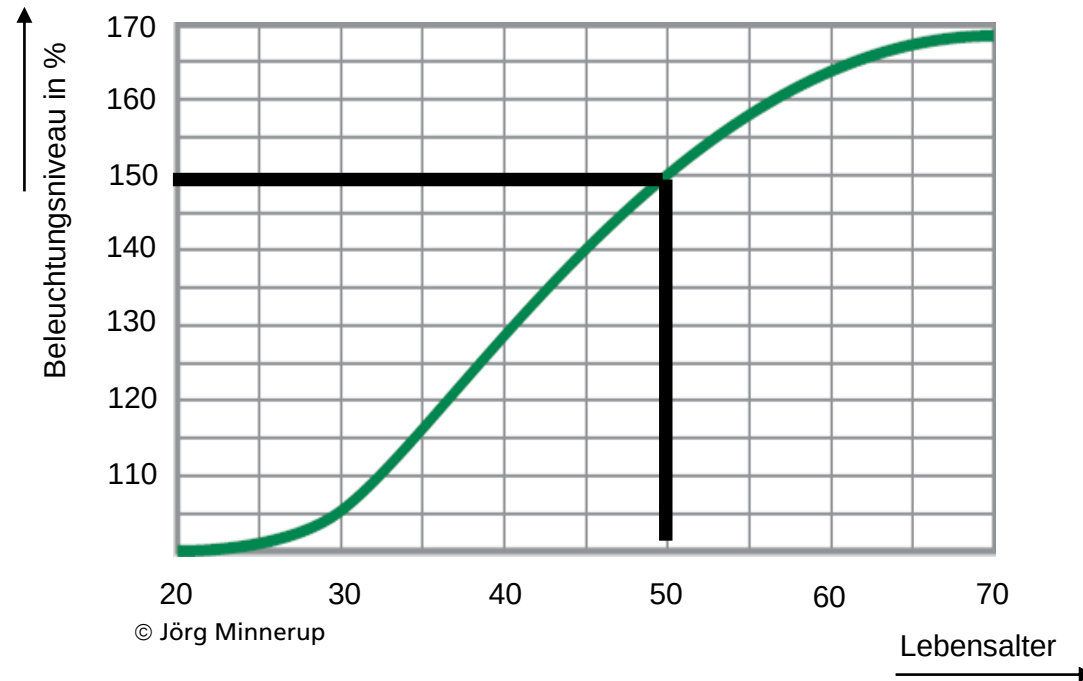


Quelle: Schierz, Lux Junior 2007

Altersabhängigkeit des Sehens



Alterungseffekt am Auge



Myopie (Kurzsichtigkeit) bei Kindern

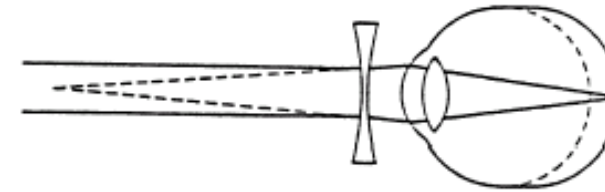
■ Ursachen

- Genetische Veranlagung
- Umwelteinflüsse: Bildungsdruck (u.a. langandauernde Naharbeit wie Lesen), geringerer Aufenthalt im Freien
- Allerdings: Veränderungen der Mediennutzung haben bisher keinen nachweisbaren Einfluss auf die Myopie-Entstehung im Alter 0-17 Jahren: Myopieprävalenz [2003-2006]: 11,6% vs. [2014-2017]: 11,4%*

■ Folgen

- häufigere und früheres Auftreten degenerativer Erkrankungen wie
- Netzhautablösung, Netzhautdegeneration, grauer, grüner Starr

■ Risikoreduzierung: Exposition mit hellem Licht, Blicke in die Ferne (z.B. beim Sport)



Kurzsichtiges Auge

Augapfel zu lang
Bild liegt vor der Netzhaut
Fernpkt. liegt in endlicher Entfernung
Korrektur durch Zerstreuungsslinse

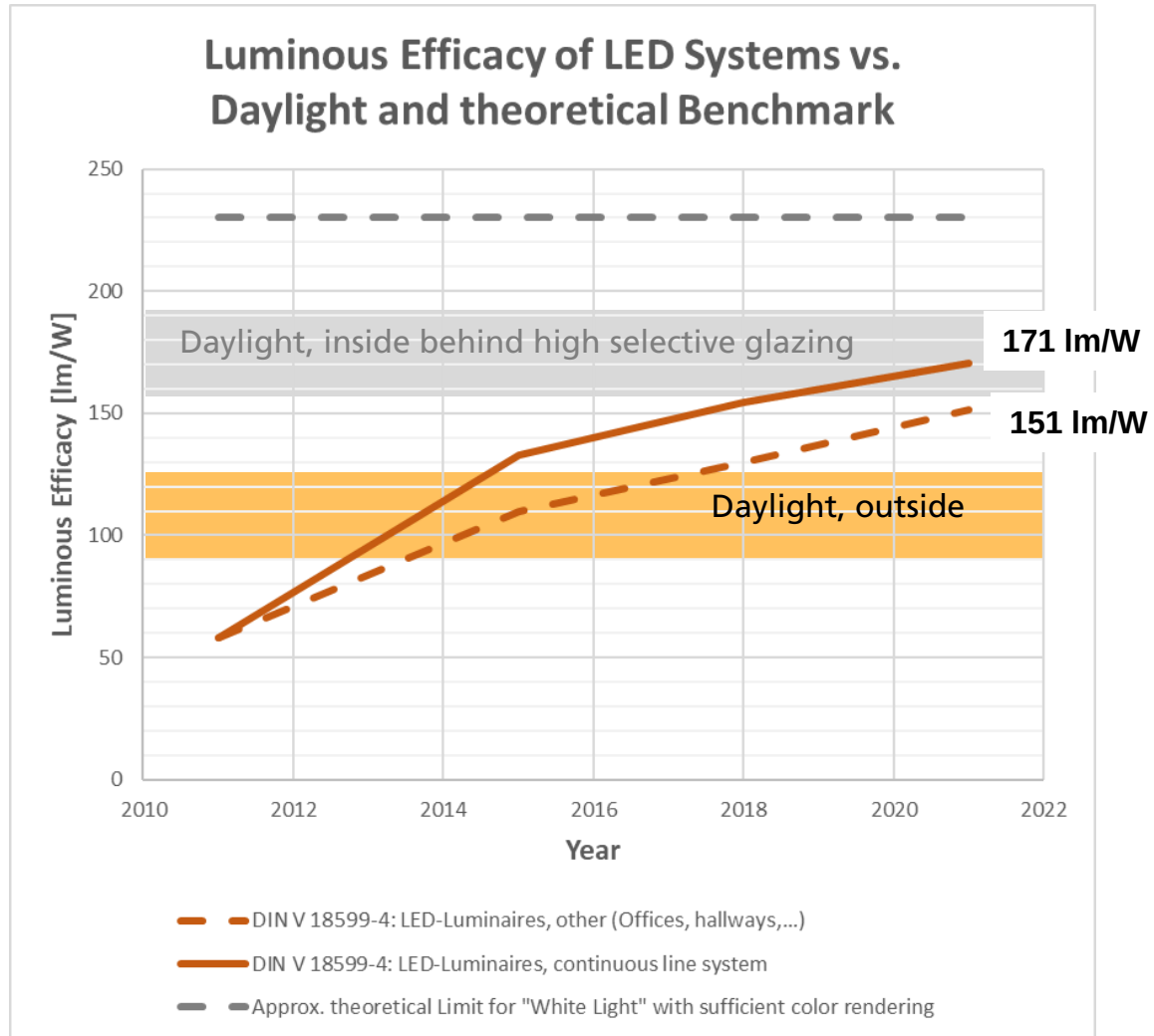
*Schuster AK, Krause L, Kuchenbäcker C, Prütz F, Elflein HM, Pfeiffer N, Urschitz MS: Prevalence and time trends in myopia among children and adolescents—results of the German KiGGS study. Dtsch Arztebl Int 2020; 117: 855–60. DOI: 10.3238/arztebl.2020.0855

KiGGS ist eine Langzeitstudie des Robert Koch-Instituts zur gesundheitlichen Lage der Kinder und Jugendlichen in Deutschland.

KÜNSTLICHE BELEUCHTUNG



LED quo vadis?



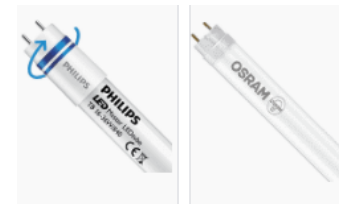
Lichtband



Klassenzimmer, Büro, Flure, Aufenthaltsbereiche

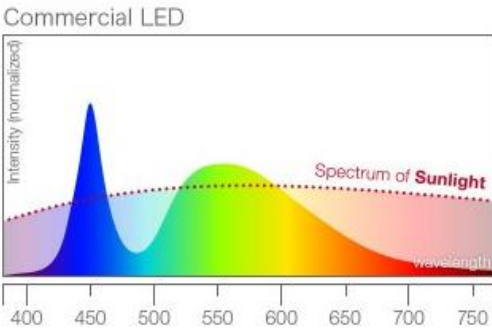
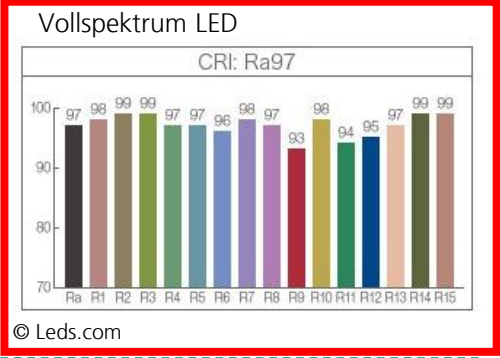
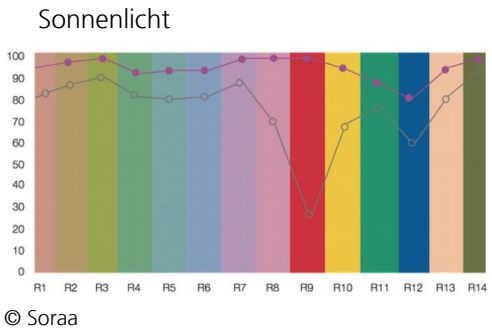
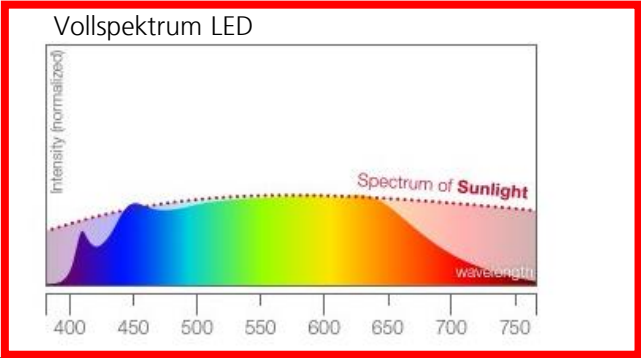
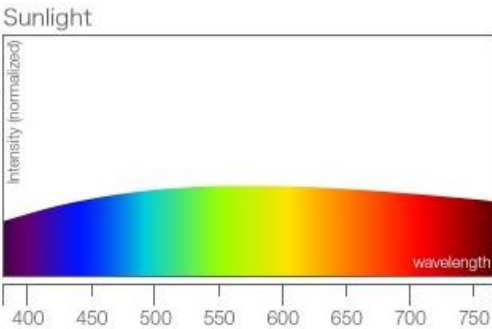


LED-Ersatzlampen, stabförmig: bis ca. 150 lm/W

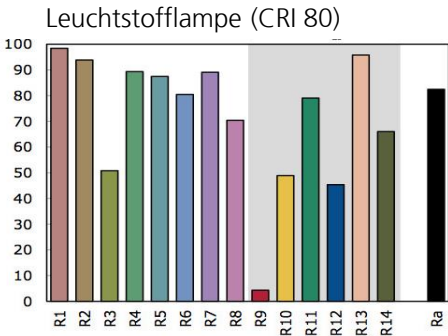
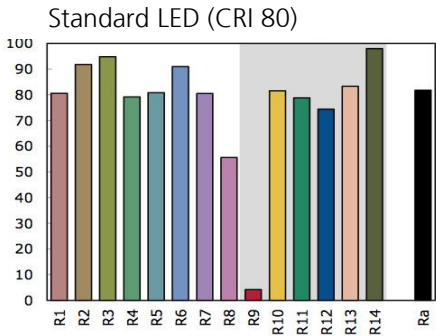
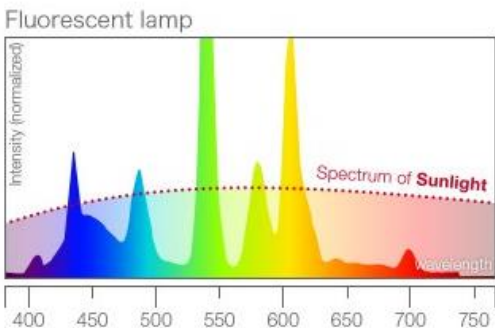


Spektren und Farbwiedergabeindex (CRI) im Vergleich

Spektren / CRI



© Toshiba Materials



Änderungen der EN 12464-1 (2021)

1. Differenzierte Beleuchtungsstärke
2. Visuelle und nichtvisuelle Effekte von Licht
3. Wände, Decken und zylindrische Beleuchtungsstärken
4. Überlegungen für die Planung der Beleuchtung
5. Sehaufgabe, Umgebungs- und Hintergrundbereich
6. Anforderungen bezüglich der Blendung
7. Flimmern und stroboskopische Effekte
8. Beispielanforderungen verschiedener Anwendungen
9. Anforderungen für Eisenbahnanlagen

© Basierend auf Material von Jörg Minnerup, ZVEI, FNL, Trilux

DEUTSCHE NORM		November 2021
	DIN EN 12464-1	DIN
ICS 91.160.10	Ersatz für DIN EN 12464-1:2011-08	
Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Deutsche Fassung EN 12464-1:2021		
Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places; German version EN 12464-1:2021		
Lumière et éclairage – Éclairage des lieux de travail – Partie 1: Lieux de travail intérieurs; Version allemande EN 12464-1:2021		

“Kontextmodifikatoren” nach EN 12464-1

5.3.3 Beleuchtungsstärken im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit

Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke muss mindestens die Anforderung nach Abschnitt 7 (E_m , erforderlich) erfüllen und ist für übliche Sehbedingungen unter Berücksichtigung der folgenden Faktoren zu verwenden:

- psychophysiologische Aspekte wie Sehkomfort und Wohlbefinden;
- Anforderungen an Sehaufgaben;
- visuelle Ergonomie;
- praktische Erfahrung;
- Beitrag zur funktionalen Sicherheit;
- Wirtschaftlichkeit.

Die in Abschnitt 7 angegebenen Werte sind Wartungswerte der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit auf der Bewertungsfläche, die horizontal, vertikal oder geneigt sein kann.

Es wird jedoch empfohlen, den Wartungswert der Beleuchtungsstärke zu erhöhen [um eine oder zwei Stufen in der Skala der Beleuchtungsstärken (siehe 5.3.2)], abhängig von den in Tabelle 1 angegebenen Kontextmodifikatoren, wenn die Sehbedingungen von den üblichen Annahmen abweichen.

Als Beispiel wird eine Erhöhung um eine Stufe empfohlen, wenn eine oder zwei der in Tabelle 1 aufgeführten Bedingungen zutreffen, und eine Erhöhung um zwei Stufen, wenn mehr als zwei dieser Bedingungen zutreffen. Für Beispiele siehe Anhang C.

Ein modifizierter Wert, der übliche Kontextmodifikatoren berücksichtigt, ist in Abschnitt 7 angegeben (E_m , modifiziert). Dieser modifizierte Wert ist nicht als oberer Grenzwert zu verstehen.

Tabelle 1 — Kontextmodifikatoren zur Erhöhung des Wartungswerts der Beleuchtungsstärke

die Sehaufgabe ist kritisch für den Arbeitsablauf;
Fehler können nur unter hohen Kosten behoben werden;
Genauigkeit, höhere Produktivität oder erhöhte Konzentration sind von großer Bedeutung;
Aufgabendetails sind ungewöhnlich klein oder kontrastarm;
die Aufgabe wird ungewöhnlich lange ausgeführt;
der Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit verfügt über wenig Tageslicht;
die Sehfähigkeit des Arbeitnehmers liegt unter dem üblichen Sehvermögen.

ANMERKUNG 1 Die Beleuchtungsstärke der Retina nimmt mit zunehmendem Alter ab, da sich die Pupillengröße verringert und die spektrale Absorption der Augenlinse erhöht. Es ist für Beleuchtungspraktiker sinnvoll die Beleuchtungsstärke zu erhöhen, um älteren Menschen dabei zu helfen, die altersbedingten Verluste bei der Beleuchtungsstärke der Netzhaut auszugleichen. Weitere Informationen können CIE 227:2017 entnommen werden.

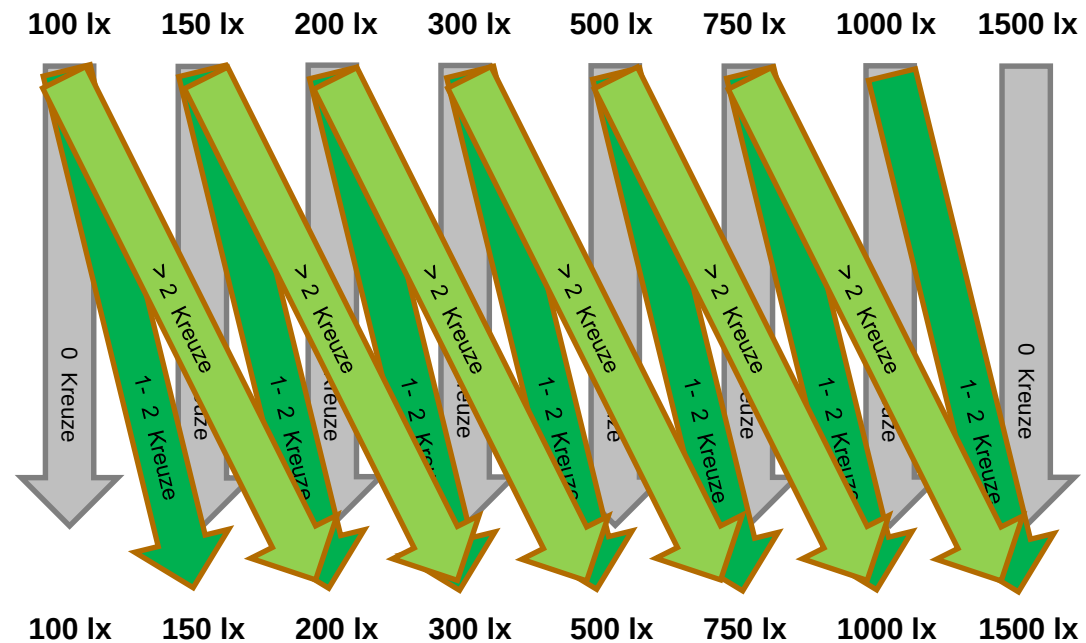
ANMERKUNG 2 Tageslichtversorgung wird in 6.5 berücksichtigt.

Der nach 7.3 erforderliche Wert E_m ist ein Mindestwert für normale Arbeitsbedingungen.

Wartungswert der Beleuchtungsstärke

Wann wird Erhöht?

- Visuelle Arbeit ist entscheidend
- ✗ Behebung von Fehlern ist kostspielig
- Genauigkeit, höhere Produktivität oder gesteigerte Konzentration von großer Bedeutung
- Aufgabendetails ungewöhnlich klein oder von geringem Kontrast
- ✗ Aufgabe von ungewöhnlich langer Dauer
- ✗ Die Aufgabe hat geringes Tageslichtangebot
- Die Sehfähigkeit des Nutzenden liegt unter dem Normalwert



© Basierend auf Material von Jörg Minnerup, ZVEI, FNL, Trilux

Wartungswert der Beleuchtungsstärke

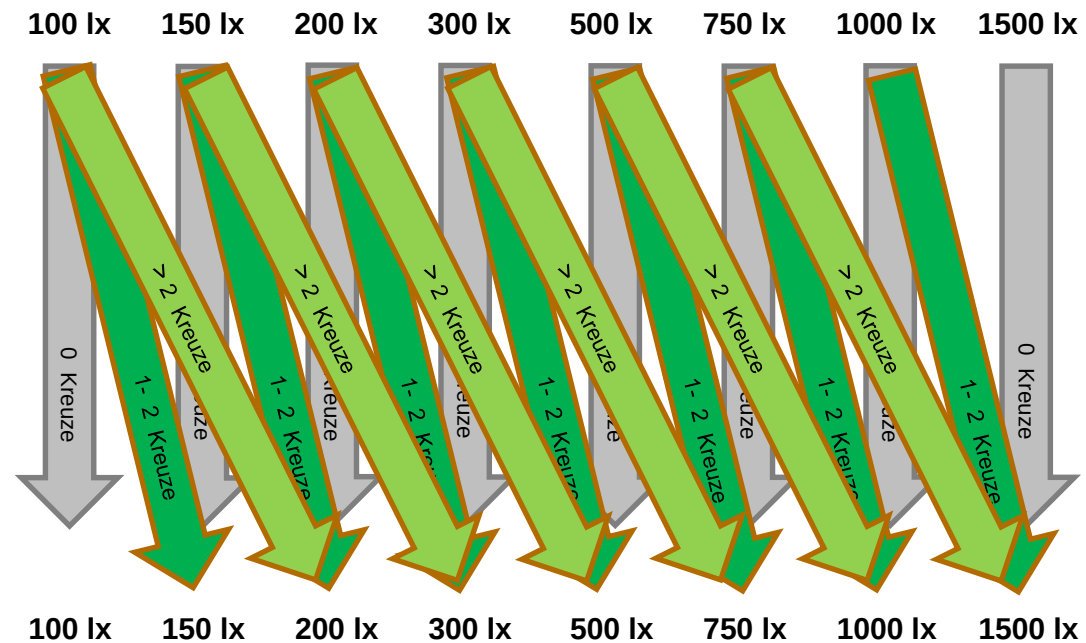
Wann wird Erhöht?

- Visuelle Arbeit ist entscheidend
- ✗ Behebung von Fehlern ist kostspielig
- Genauigkeit, höhere Produktivität oder gesteigerte Konzentration von großer Bedeutung
- Aufgabendetails ungewöhnlich klein oder von geringem Kontrast
- ✗ Aufgabe von ungewöhnlich langer Dauer
- ✗ Die Aufgabe hat geringes Tageslichtangebot
- Die Sehfähigkeit des Nutzens liegt unter dem Normalwert

Zusätzliche Empfehlung



- > 30 Jahre – ≤ 50 Jahre
- > 50 Jahre



© Basierend auf Material von Jörg Minnerup, ZVEI, FNL, Trilux

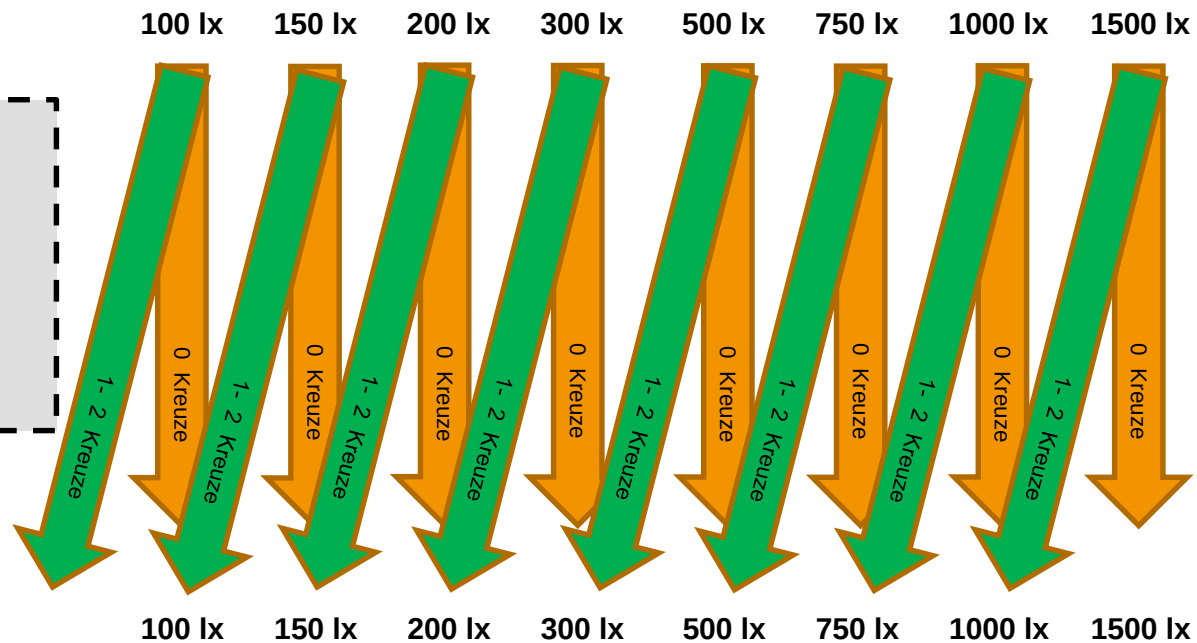
Wartungswert der Beleuchtungsstärke

Wann darf man Verringern?

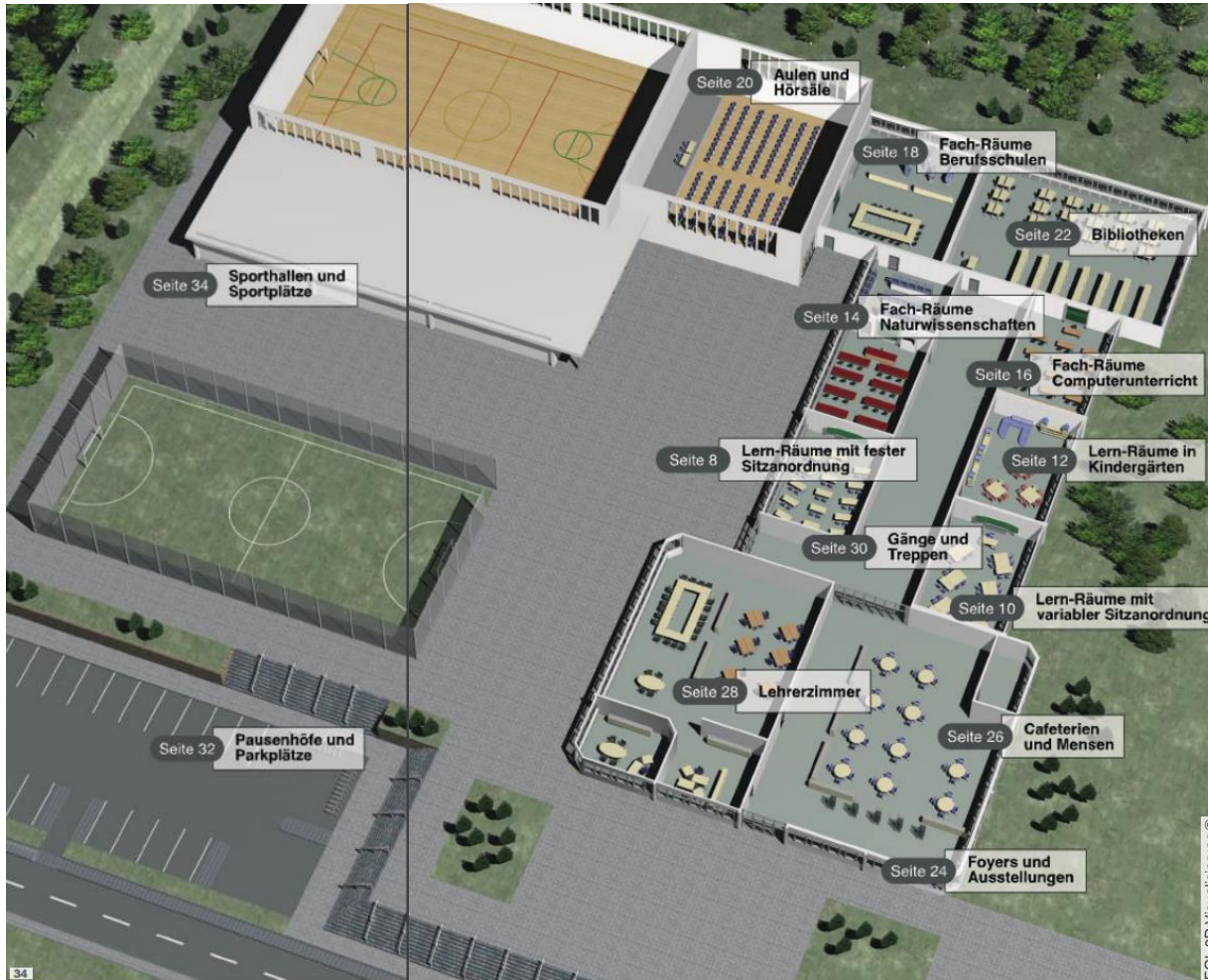


■ EN 12464-1

- Aufgabendetails sind von ungewöhnlich großer Größe oder hohem Kontrast
- ✗ Die Aufgabe wird für eine ungewöhnlich kurze Zeit übernommen



Diverse Anforderungen in Schulbauten



Quelle: Licht.de

Neue DIN EN 12464: Bildungseinrichtungen: Tabellen 43 und 44 (31 Fälle)

Tabelle 44 — Bildungseinrichtungen – Ausbildungsstätten

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_m$		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$	$\bar{E}_{m,Wand}$	$\bar{E}_{m,Decke}$	Spezifische Anforderungen
		lx					lx	lx	lx	
		Erfor- derlich ^a	Modifiziert ^b				$U_o \geq 0,10$			
44.1	Klassenzimmer - Allgemeine Aktivitäten	500	1 000	0,60	80	19	150	150	100	Beleuchtung sollte steuerbar sein, siehe 6.2.4, für unterschiedliche Aktivitäten und Lichtszenarien. Für Klassenräume, die von Kleinkindern genutzt werden, darf ein erforderlicher $\bar{E}_m$ von 300 lx durch Dimmen genutzt werden (siehe 5.3.3). Umgebungslicht sollte berücksichtigt werden, siehe Anhang B, Raumhelligkeit siehe 6.7.
44.2	Auditorium, Hörsäle	500	750	0,60	80	19	150	150	50	Die Beleuchtung sollte für verschiedene A/V-Anforderungen steuerbar sein, siehe 6.2.4, Raumhelligkeit siehe 6.7.
44.3	Teilnahme an Vorträgen in den Sitzbereichen der Hörsäle und Auditorien	200	300	0,60	80	19	75	75	50	Reduzierung durch Dimmen. Bildschirmarbeit, siehe 5.9.
44.4	Schwarze, grüne und weiße Tafeln (Whiteboard)	500	750	0,70	80	19	—	—	—	Vertikale Beleuchtungsstärken. Spiegelnde Reflexionen müssen vermieden werden. Der Referent/Lehrer muss mit einer geeigneten vertikalen Beleuchtungsstärke beleuchtet werden.

^aStufen der Beleuchtungsstärke:

5 - 7,5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1 000 - 1 500 - 2 000 - 3 000 - 5 000 - 7 500 - 10 000 lx

^b2 Stufen der Beleuchtungsstärke

Wände, Decken und zylindrische Beleuchtungsstärken

Die Anforderungen an Wände, Decken und zylindrische Beleuchtungsstärken werden vom Haupttext in die Tabellen verschoben, um die Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit zu verbessern.



$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx
$U_o \geq 0,10$		



© Basierend auf Material von Jörg Minnerup, ZVEI, FNL, Trilux

Das erstmalige Inverkehrbringen welcher Lichtquellen wird wann verboten?

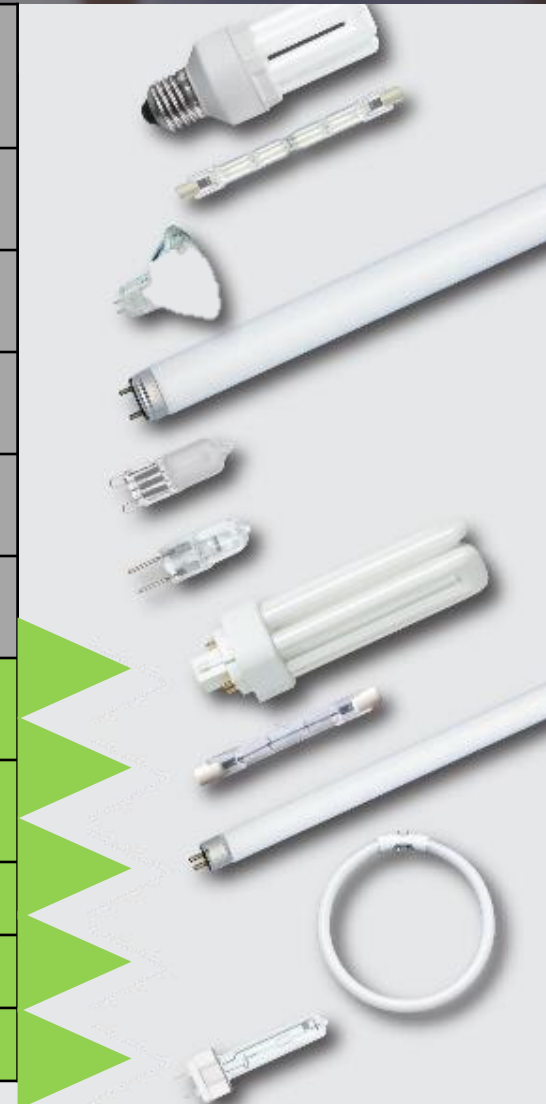
EU Verordnung 2019/2020 (GD Energie)

(Überprüfung der Wirkung und Verschärfung der Anforderungen im Jahr 2024)



AUSPHASUNG VON LICHTQUELLEN

Kompaktleuchtstofflampen (mit integrierten Vorschaltgerät / E14, E27 etc.)	01.09.2021	
Hochvolt-Halogenlampen linear (R7s > 2.700 lm = ca. 140 W)		
Niedervolt-Halogenlampen (mit Reflektor / GU4, GU5,3 etc.)	01.09.2023	
Lineare Leuchtstofflampen T8 (600 mm, 1.200 mm, 1.500 mm)		
Hochvolt-Halogenlampen (G9)		
Niedervolt-Halogenlampen (G4, GY6,35)		
Kompaktleuchtstofflampen Ohne integrierten Vorschaltgerät		
Hochvolt-Halogenlampen (R7s ≤ 2.700 lm)		
Lineare Leuchtstofflampe T5*		
Kreisförmige Leuchtstofflampen		
Hochdruck-Entladungslampen		



Verwendung gefährlicher Stoffe (RoHS)



Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.

RoHS

(Restriction of Hazardous Substances – Richtlinien)

(GD Umwelt)

Auswirkungen auf Produkte



ROHS „VERWENDUNG GEFÄHRLICHER STOFFE“

GD Umwelt

in Diskussion

keine Verlängerung der Ausnahmeregelung zur Verwendung von Quecksilber

Auswirkungen

insbesondere alle Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen

Zeitplan

Q3/2021	Q4/2021	Q1/2022	Q2/2022	Q3/2022	Q4/2022	Q1/2023	Q2/2023	Q3/2023
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Veröffentlichung
Q4

→ 18 Monate →

Verbot
Q3



Auswirkung

spätestens 09/2023 keine Produktion und erstmaliges Inverkehrbringen von Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen innerhalb der EU (ggf. auch CH)

Ausnahmen?

intern

in Diskussion für UV-C-Leuchtstofflampen



ROHS

„VERWENDUNG GEFÄHRLICHER STOFFE“

GD Umwelt

in Diskussion

keine Verlängerung der Ausnahmeregelung

insbesondere alle

Kommt

Änderungen in der Richtlinie zur Begrenzung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten

- Bei den zwölf delegierten Rechtsakten zu den Ausnahmen für Quecksilber in Lampen hatten, wie in der vorigen Ausgabe berichtet, weder Rat noch Parlament Einwände.

Die Rechtsakte wurden daraufhin am 24. Februar 2022 im EU-Amtsblatt veröffentlicht.

Siehe u.a.: https://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Lichtquellen_Hintergrundtext_01_i1_DE.pdf

Q3/2021

Q1/2023

Q2/2023

Q3/2023

Auswirkung

spätes

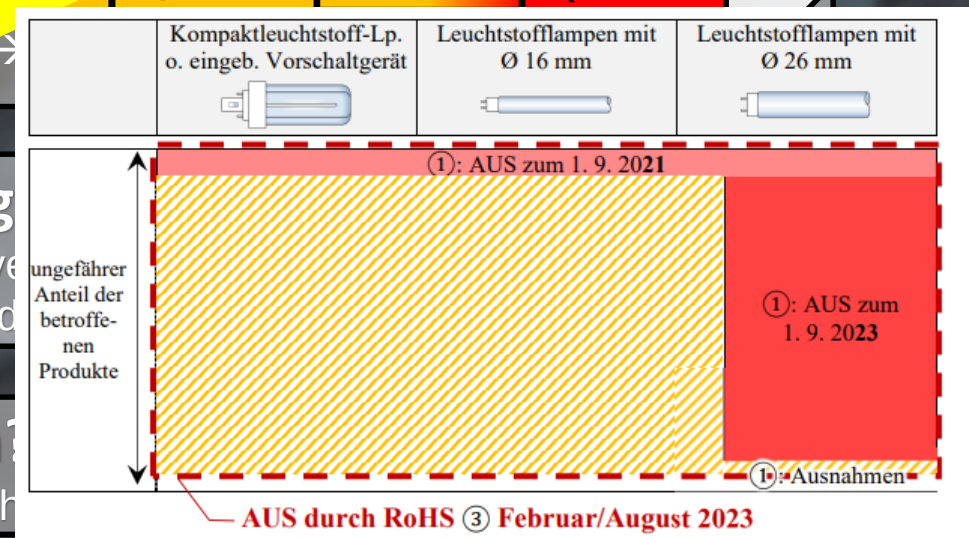
Produktion und erstmaliges Inve

Kompaktleuchtstofflampen innerhalb d

Ausnahmen

intern

in Diskussion für UV-C-Leuch



TAGESLICHT



Tageslicht in Gebäuden



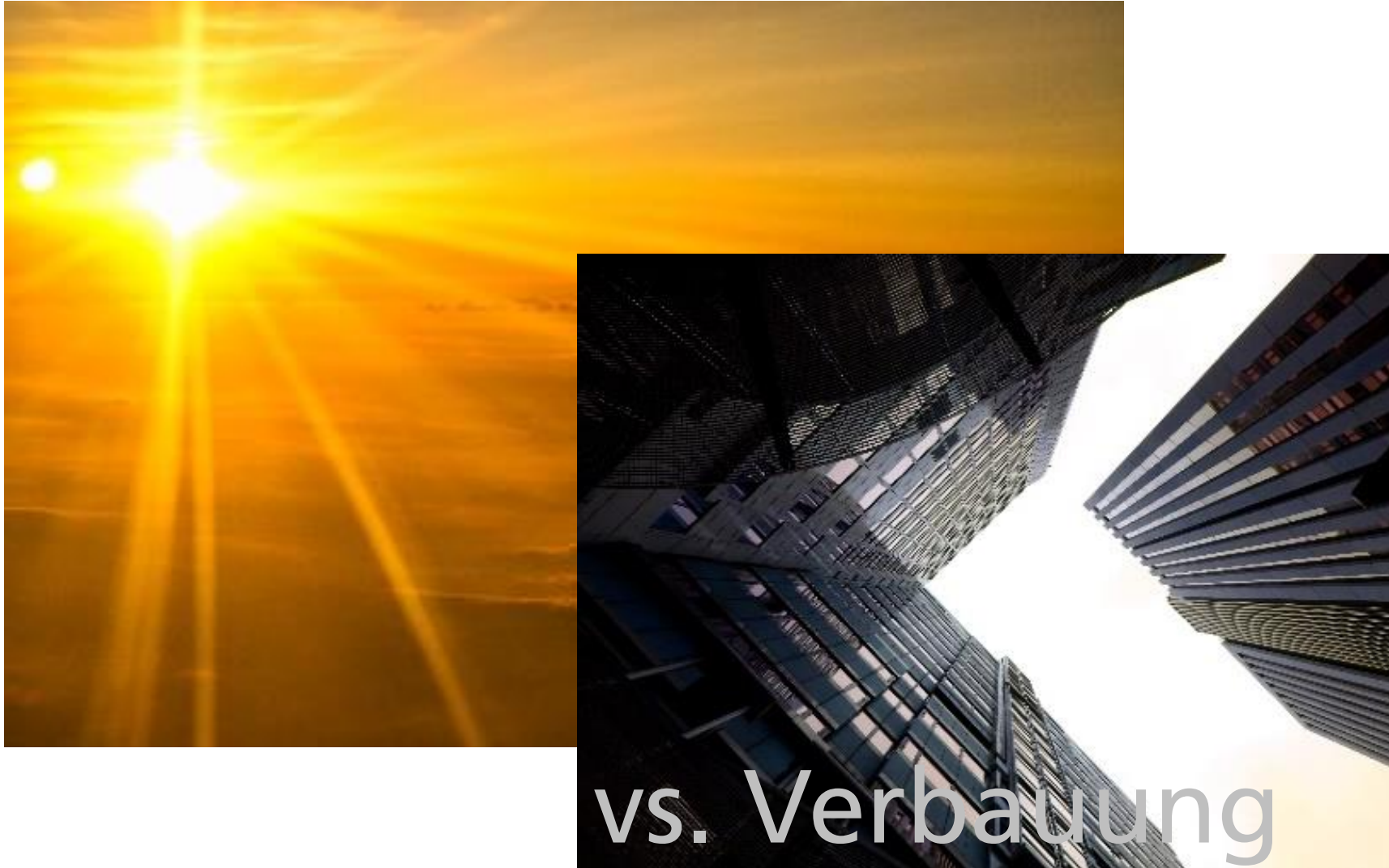
Tageslichtversorgung

Tageslicht in Gebäuden



Ausblick

Tageslicht in Gebäuden

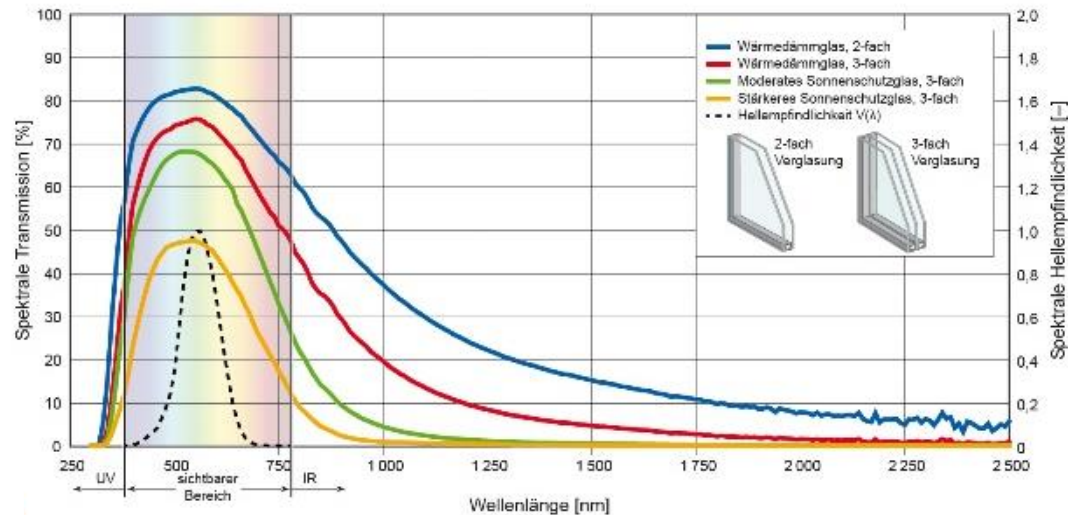


Blendung



Tageslichttechnische Kennwerte typischer Verglasungen

- Lichttransmission



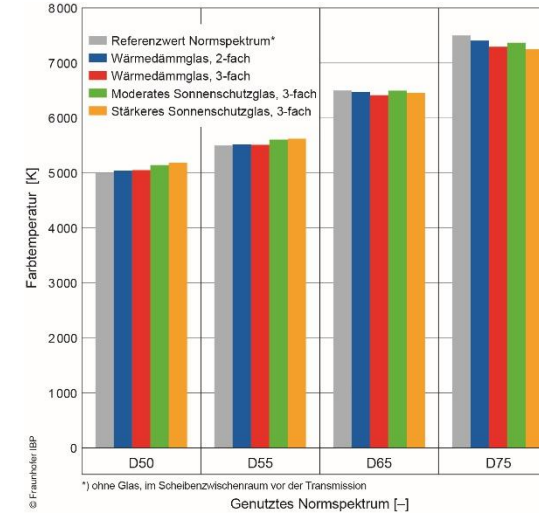
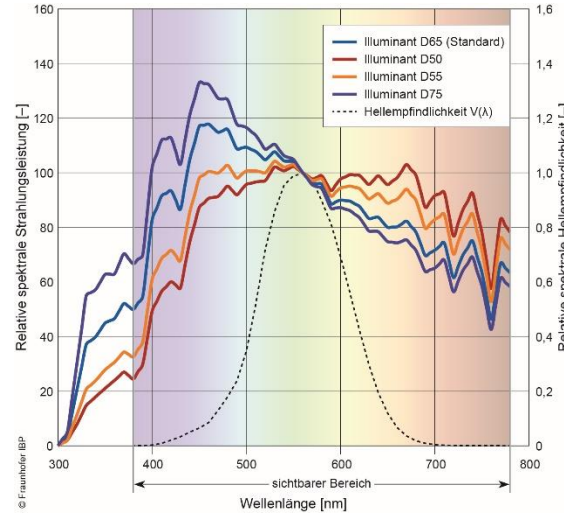
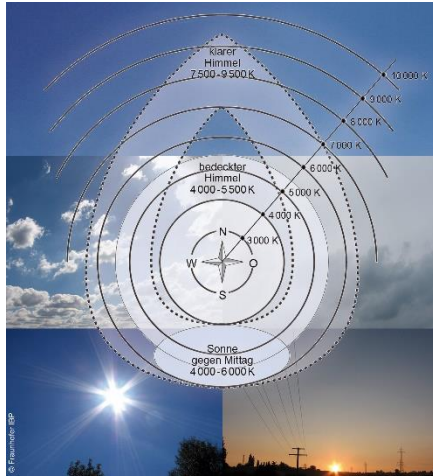
Spektrale Transmissionsgrade der Typverglasungen

Durch Abstimmung der maximalen Strahlungstransmission auf den Bereich der maximalen Hellempfindlichkeit des Auges sind übliche Verglasungen auf eine möglichst hohe Tageslichttransmission ausgelegt.

#	Glastyp	$T_{UV,D65^*}$ [%]	$T_{v,D65}$ [%]	$T_{IR,D65^{**}}$ [%]	T_e^{***} [%]	Ra [-]	g-Wert [-]	Selektivität S [-]	U_g [W/m²K]
1	Wärmedämmglas 2-fach	30	82	32	57	98	0,65	1,26	1,1
2	Wärmedämmglas 3-fach	16	74	18	45	96	0,53	1,4	0,7
3	Moderates Sonnen- schutzglas 3-fach	11	66	6	34	94	0,39	1,69	0,7
4	Stärkeres Sonnenschutzglas 3-fach	4	46	2	21	91	0,25	1,84	0,7

Bestimmt für Wellenlängen: *300–380 nm, **780–2.500 nm, ***300–2.500 nm

Tageslichttechnische Kennwerte typischer Verglasungen? - Farbe



#	Glastyp	$T_{UV,D65}^*$ [%]	$T_{v,D65}$ [%]	$T_{IR,D65}^{**}$ [%]	T_e^{***} [%]	Ra [-]	g-Wert [-]	Selektivität S [-]	U_g [W/m²K]
1	Wärmedämmglas 2-fach	30	82	32	57	98	0,65	1,26	1,1
2	Wärmedämmglas 3-fach	16	74	18	45	96	0,53	1,4	0,7
3	Moderates Sonnen- schutzglas 3-fach	11	66	6	34	94	0,39	1,69	0,7
4	Stärkeres Sonnenschutzglas 3-fach	4	46	2	21	91	0,25	1,84	0,7

Bestimmt für Wellenlängen: *300–380 nm, **780–2.500 nm, ***300–2.500 nm

- Gebräuchliche Gläser sind durch eine hohe Farbneutralität mit sehr guter Farbwiedergabe gekennzeichnet.
- Änderungen der Farbtemperaturen in Innenräumen erheblich stärker durch Farbvarianz des Tageslichts selbst als durch die Verglasungen geprägt.

Technologien: Elektrochrome Gläser

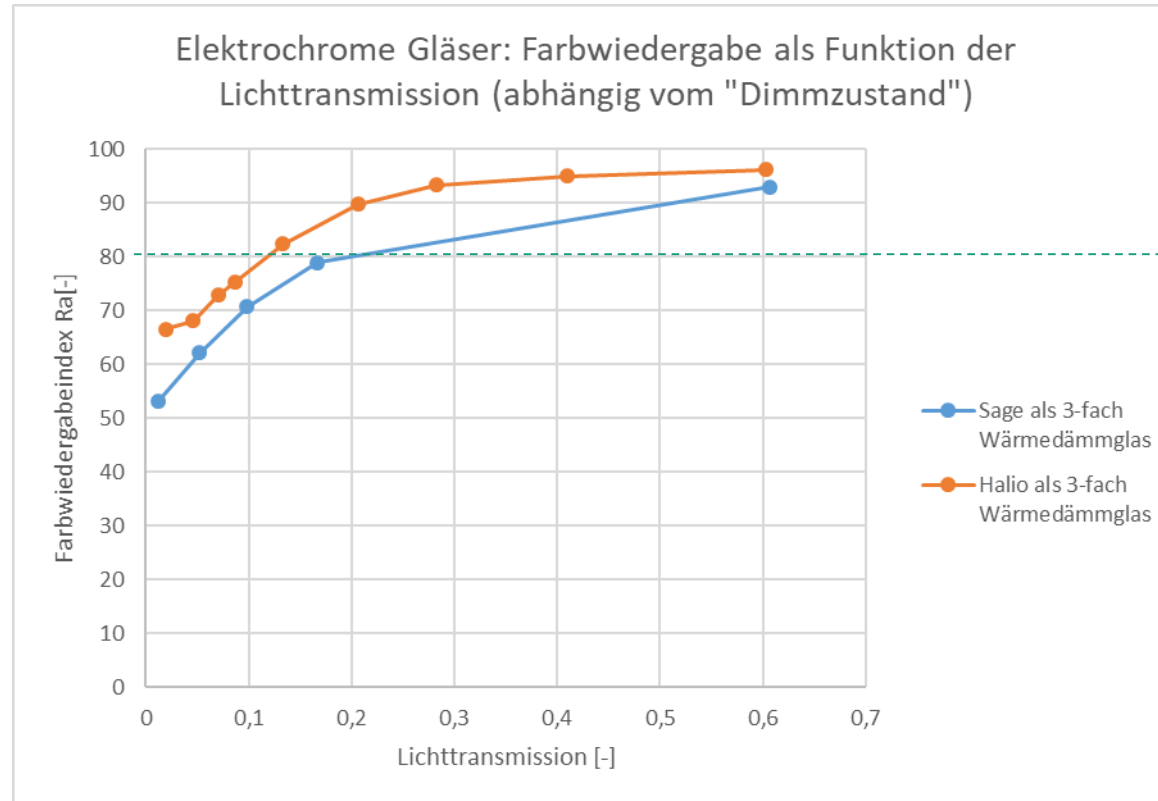


Foto: Sage



Foto: Halio,AGC

Technologien: Elektrochrome Gläser



Ra>80 in der
Kunstlichttechnik:
„1b: Sehr gut“

Neue Technologien = neue Möglichkeiten?

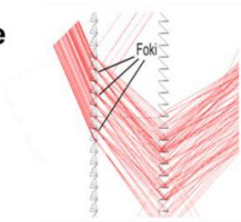
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Mikrooptiken für Lichtumlenkung und Lichtauskopplung aus Fenstern

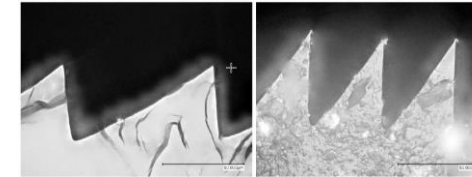
**Umlenkende
Struktur**



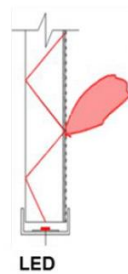
Normales Glas



Lichtumlenkende Struktur



**Auskoppelnde
Struktur**



Lichtabstrahlung



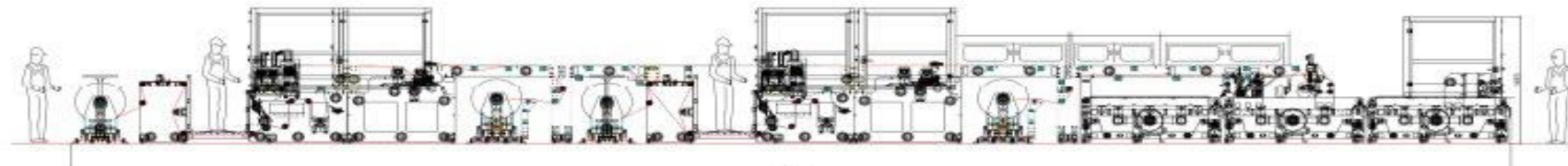
Durchsicht LED aus



Durchsicht LED an



+ Kombinationen



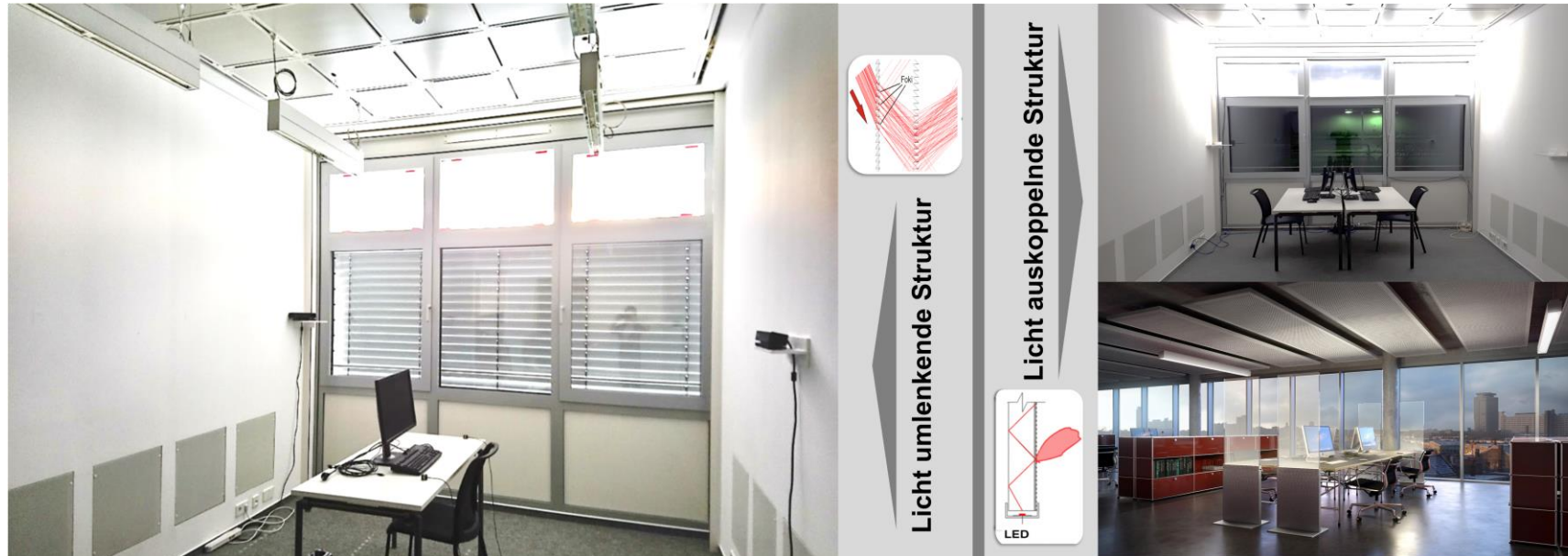
Neue Technologien = neue Möglichkeiten?

Gefördert durch:

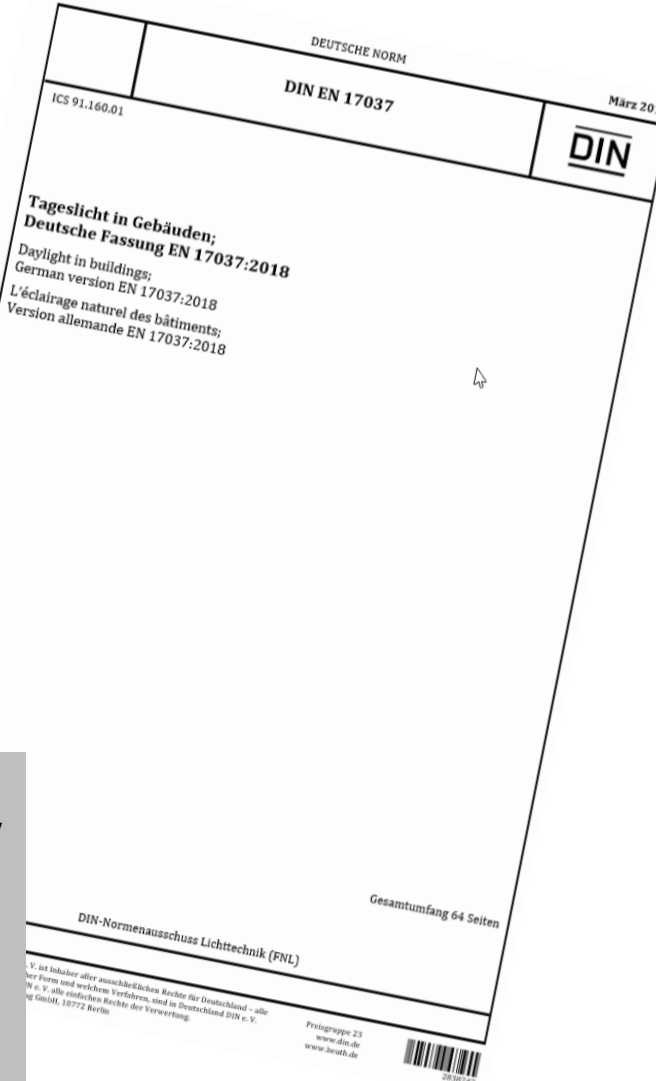
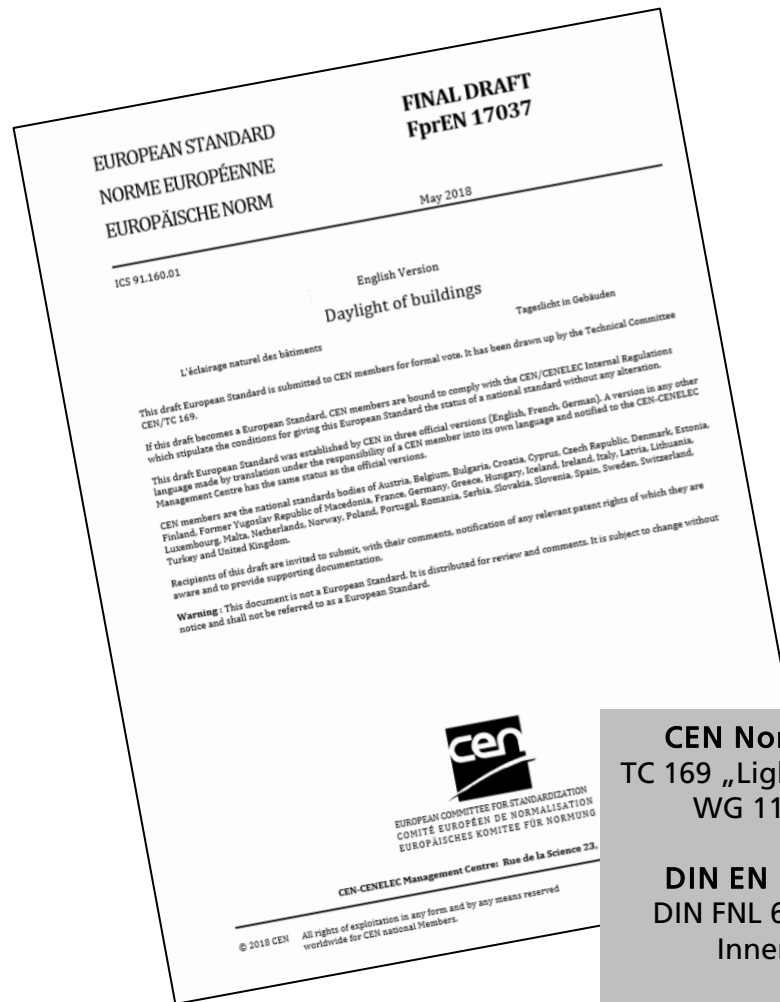


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Mikrooptiken für Lichtumlenkung und Lichtauskopplung aus Fenstern



DIN EN 17037 „Tageslicht in Gebäuden“

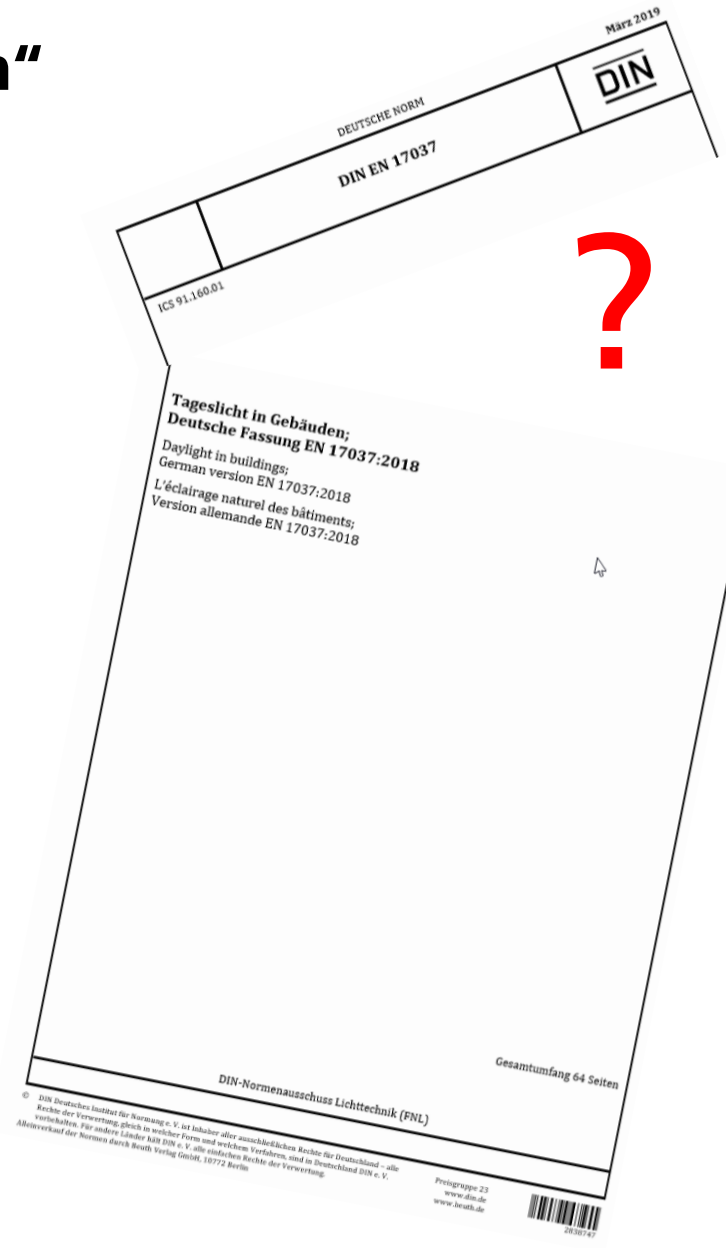


CEN Norm: 12 / 2018
TC 169 „Light and Lighting“,
WG 11 „Daylight“

DIN EN Norm 3/2019
DIN FNL 6 „Tageslicht in
Innenräumen“

62 Seiten

DIN EN 17037 „Tageslicht in Gebäuden“



DIN EN 17037: Tageslicht in Gebäuden, 3 / 2019

- **Neu auf europäischer Ebene**, teilweiser Ersatz / Ergänzung nationaler Normen. In Deutschland: DIN 5034, 1-6
- „Diese Norm unterstützt Gebäudeplaner dabei, **Räume erfolgreich mit Tageslicht zu planen**. Darüber hinaus bietet sie Gebäudeplanern und Bauträgern die Möglichkeit, **Ziele im Hinblick auf die Tageslichtbeleuchtung festzulegen** und andere Anforderungen in Verbindung mit der Tageslichtplanung wie etwa die Aussicht, den Blendschutz und die Besonnung zu behandeln“
- **Gültigkeit** für alle regelmäßig und über längere Zeit von Menschen genutzten Räume, mit Ausnahme von Räumen, in denen eine Tageslichtbeleuchtung der Nutzung des Raumes entgegensteht

Die Vier „Säulen“ der DIN EN 17037

Kriterien & Bewertungsansätze

1. Tageslichtversorgung („hinreichender subjektiver Helligkeitseindruck“)
2. Aussicht
3. Besonnungsdauer
4. Blendung

Empfehlungen zur Erfüllung der Kriterien, jeweils

- „Keine Einstufung“
- „Gering“
- „Mittel“
- „Hoch“



1. Tageslichtversorgung: **Methodik**

„Ein Raum gilt als ausreichend mit Tageslicht versorgt, wenn eine Zielbeleuchtungsstärke über einen vorgegebenen Anteil der Bezugsebene für mindestens die Hälfte der Tageslichtstunden erreicht wird.“

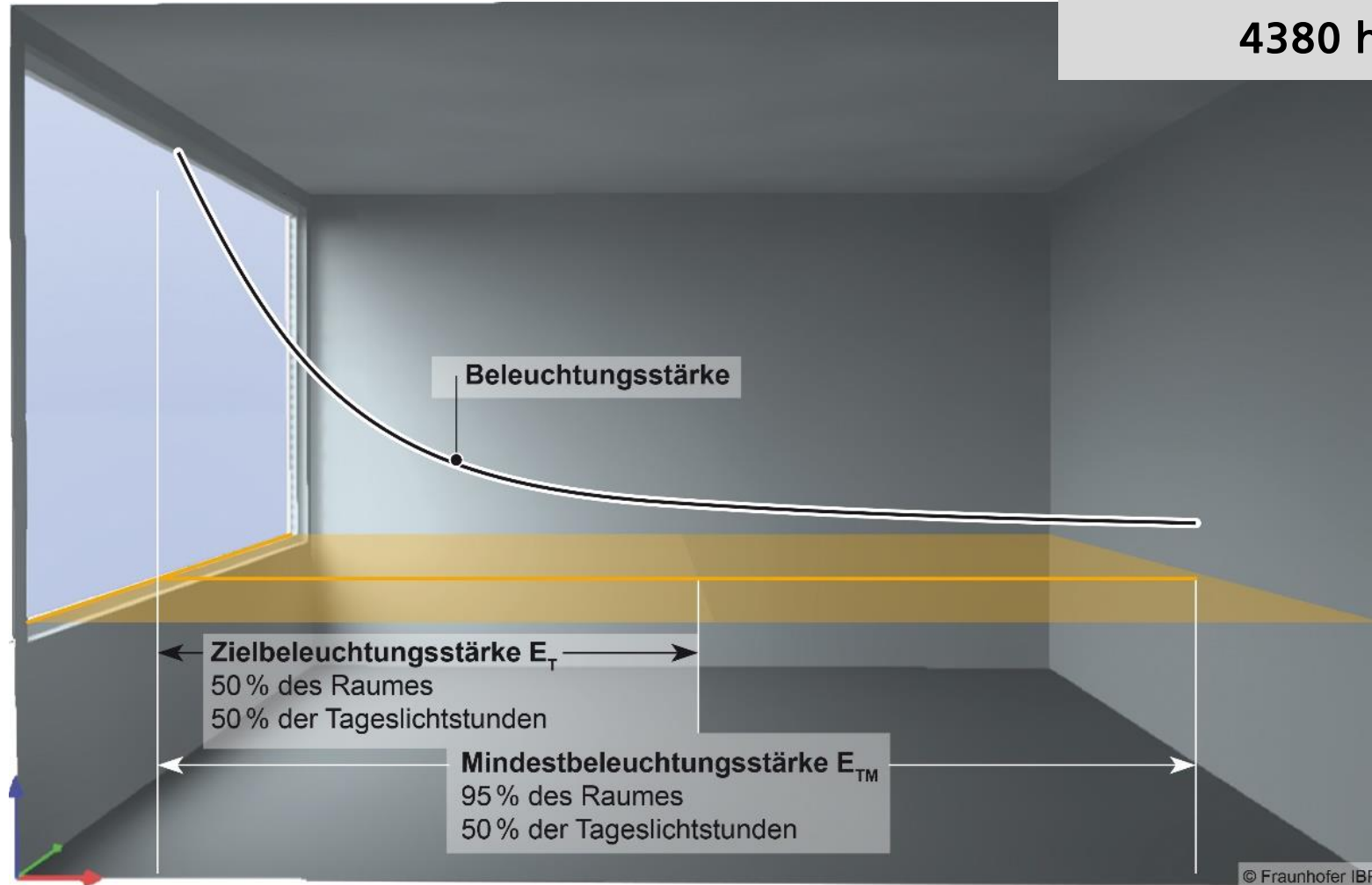
„Tageslichtautonomie“

1. Tageslichtversorgung: **Methodik**

Tageslichtautonomie

„Tageslichtstunden“

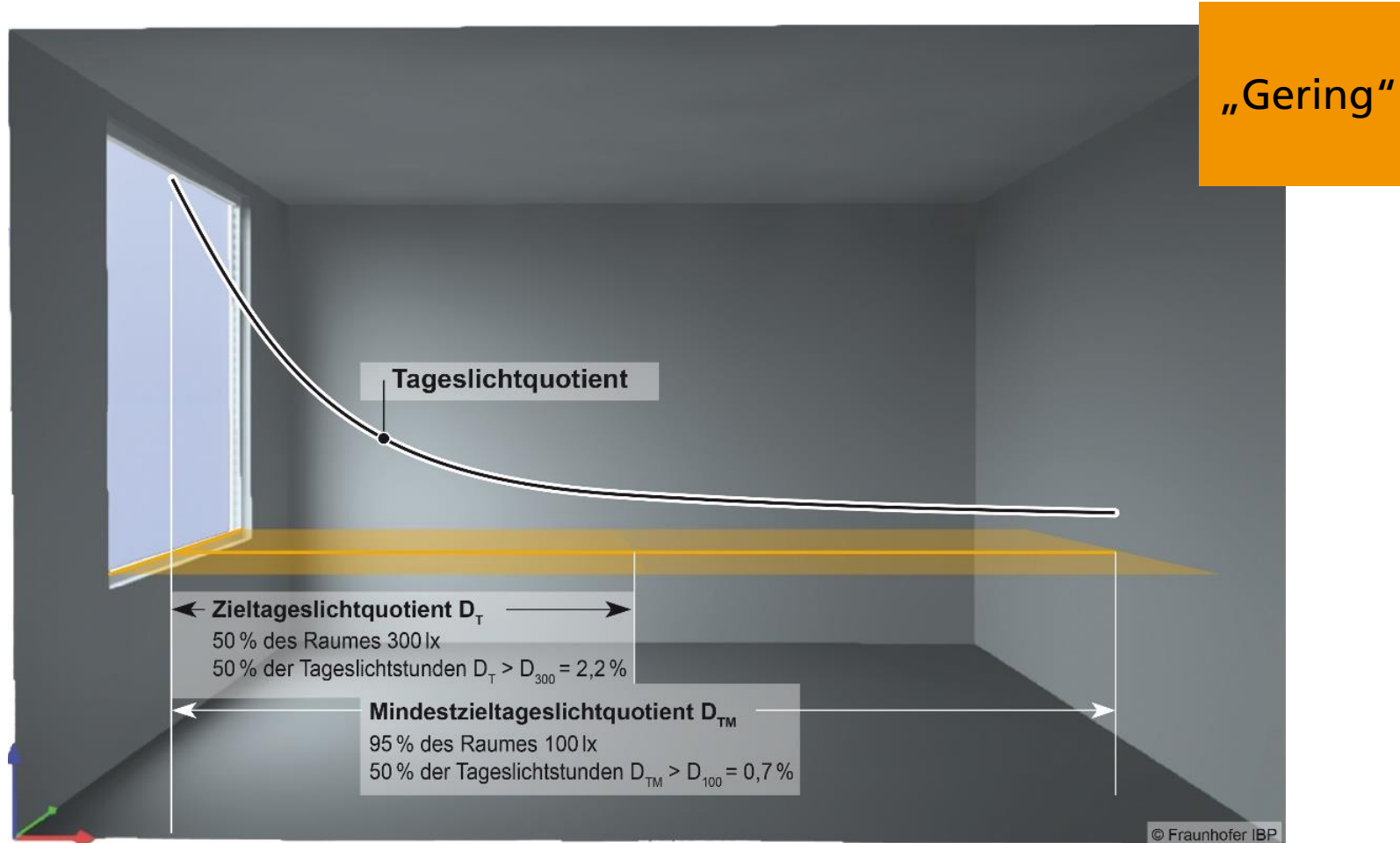
4380 h



intern

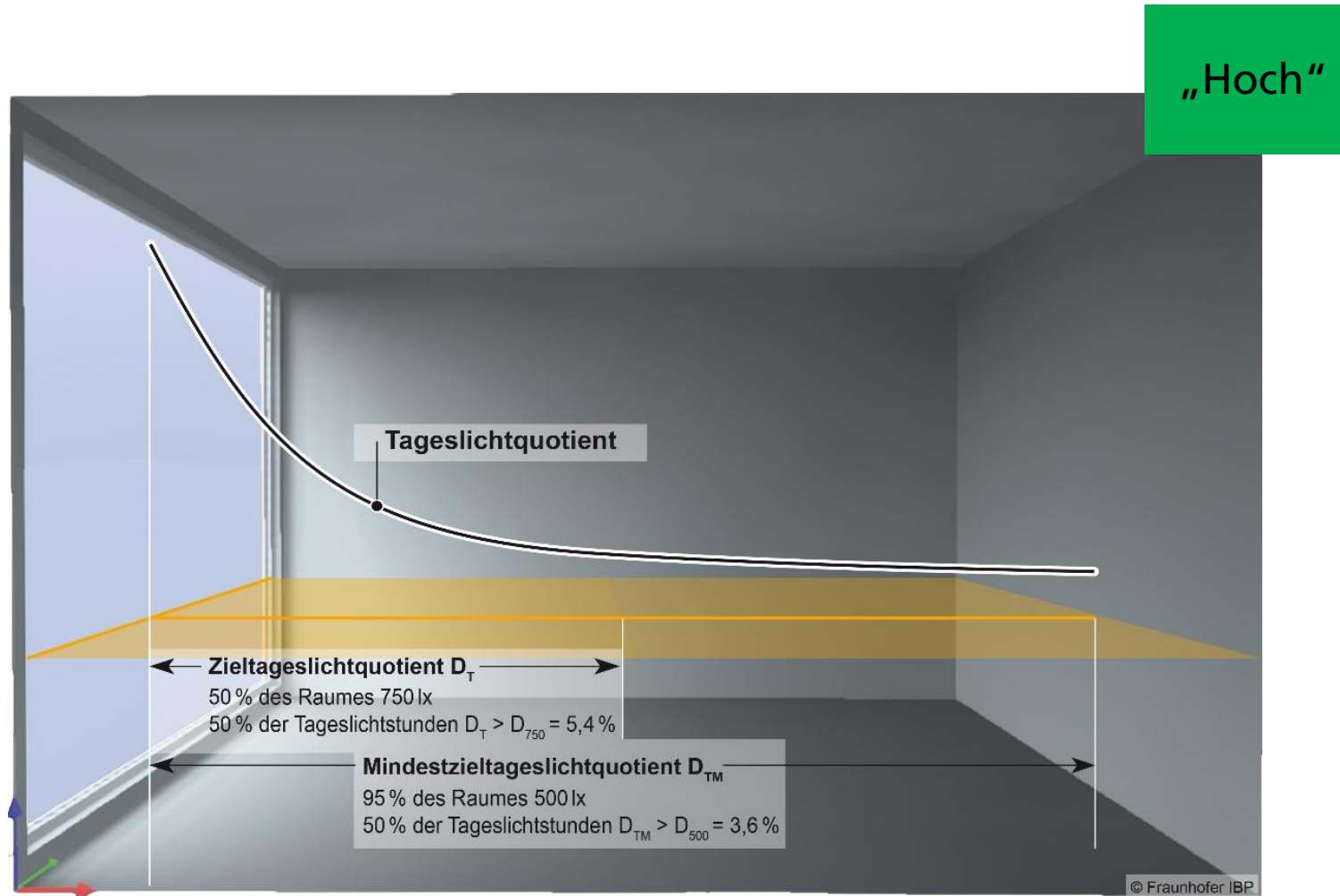
1. Tageslichtversorgung: **Empfehlung**

Vereinfachtes Nachweisverfahren



1. Tageslichtversorgung: **Empfehlung**

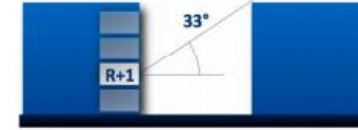
Vereinfachtes Nachweisverfahren



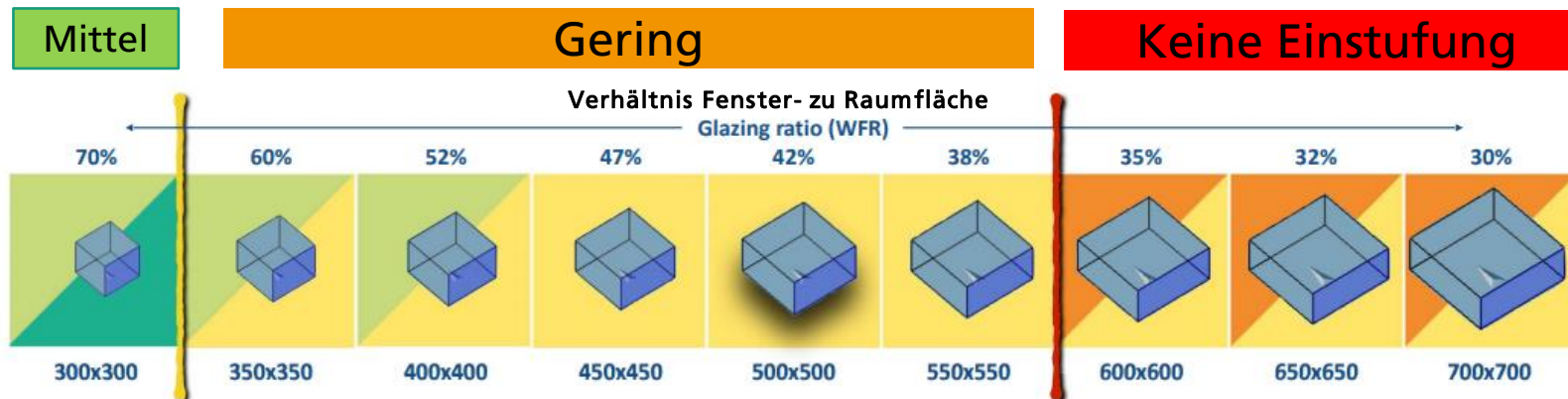
1. Tageslichtversorgung: **Beispiel**

Estia

EN-17037 Daylight in Buildings



Global ranking - 1st floor ($\alpha = 33^\circ$)



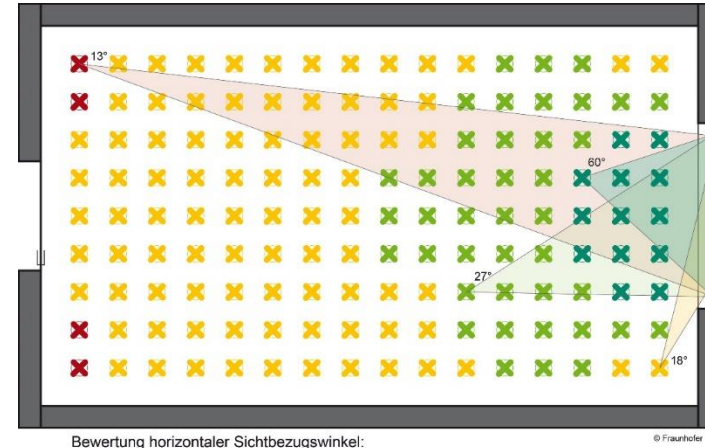
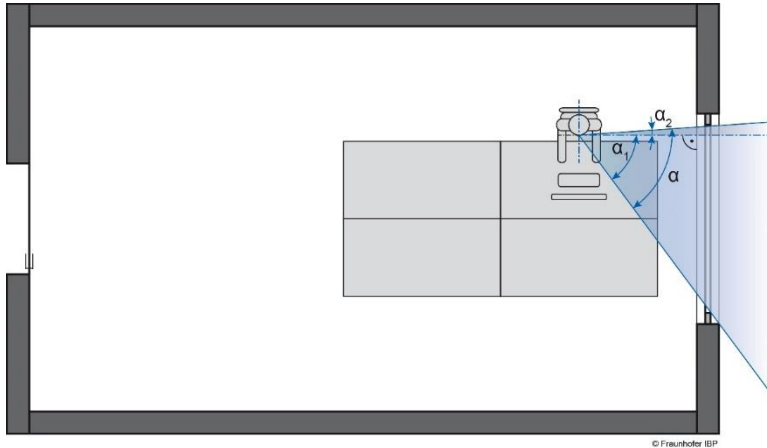
In a relatively dense urban environment (obstruction angle = 33°)

- ▶ The glazing ratio (WFR) should be over 60% to reach « *MEDIUM* » level
- ▶ A glazing ratio below 35%, leads to « NO RANKING »

Quelle: Bernard Paule, Estia

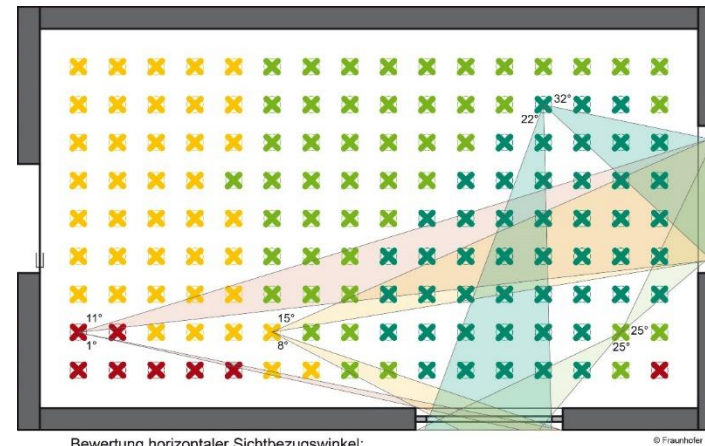
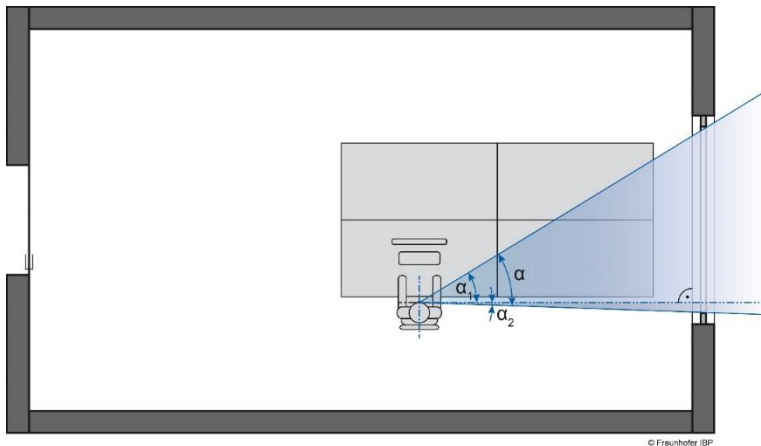
2. Aussicht: **Methodik**

Horizontaler Sichtbezugswinkel



Bewertung horizontaler Sichtbezugswinkel:

$\times < 14^\circ$ $\times > 14^\circ$ $\times > 28^\circ$ $\times > 54^\circ$
Sehr gering Gering Mittel Hoch

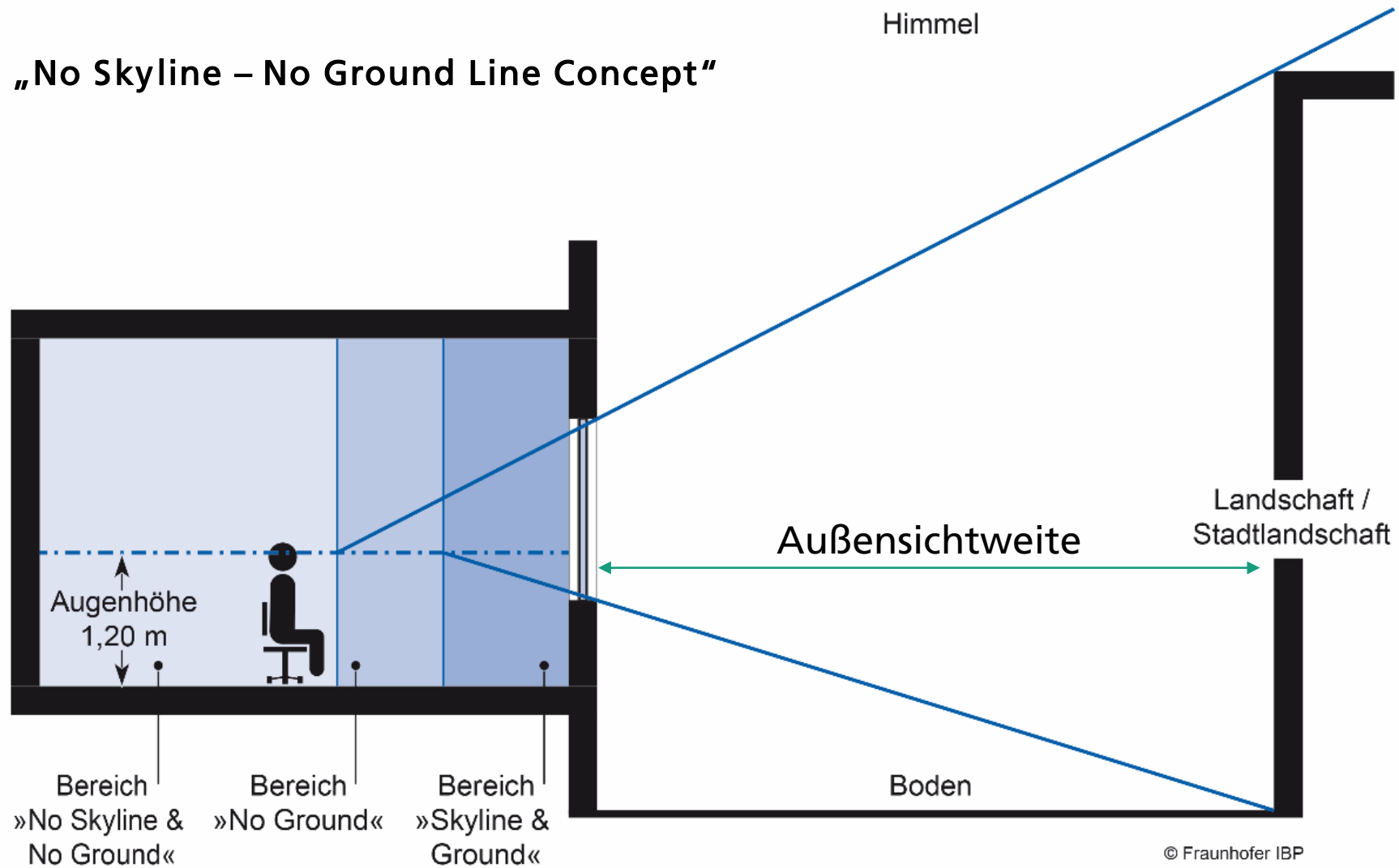


Bewertung horizontaler Sichtbezugswinkel:

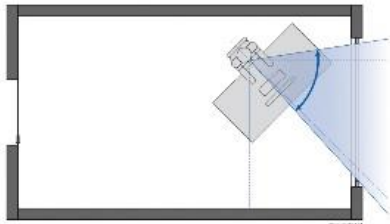
$\times < 14^\circ$ $\times > 14^\circ$ $\times > 28^\circ$ $\times > 54^\circ$
Sehr gering Gering Mittel Hoch

2. Aussicht: **Methodik**

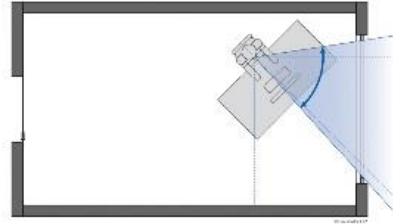
„No Skyline – No Ground Line Concept“



2. Aussicht: **Empfehlung**

Innenraum		Aussenraum		
Empfehlungsstufe für die Aussicht		Horizontaler Sichtwinkel	Außen-sichtweite	Ebene
		  		
		Himmel • Stadtlandschaft / Natur • Boden		
Gering		$\geq 14^\circ$	$\geq 6,00\text{ m}$	Mindestens die Landschaftsebene ist enthalten
Mittel		$\geq 28^\circ$	$\geq 20,00\text{ m}$	Landschaftsebene und eine zusätzliche Ebene sind in derselben Sichtöffnung enthalten
Hoch		$\geq 54^\circ$	$\geq 50,00\text{ m}$	Alle Ebenen sind in derselben Sichtöffnung enthalten
Für einen Raum mit einer Raumtiefe von mehr als 4,00 m sollte die respektive Summe der Abmessungen der Sichtöffnungen mindestens 1,00 m Breite und 1,25 m Höhe betragen.				

2. Aussicht: **Beispiel**

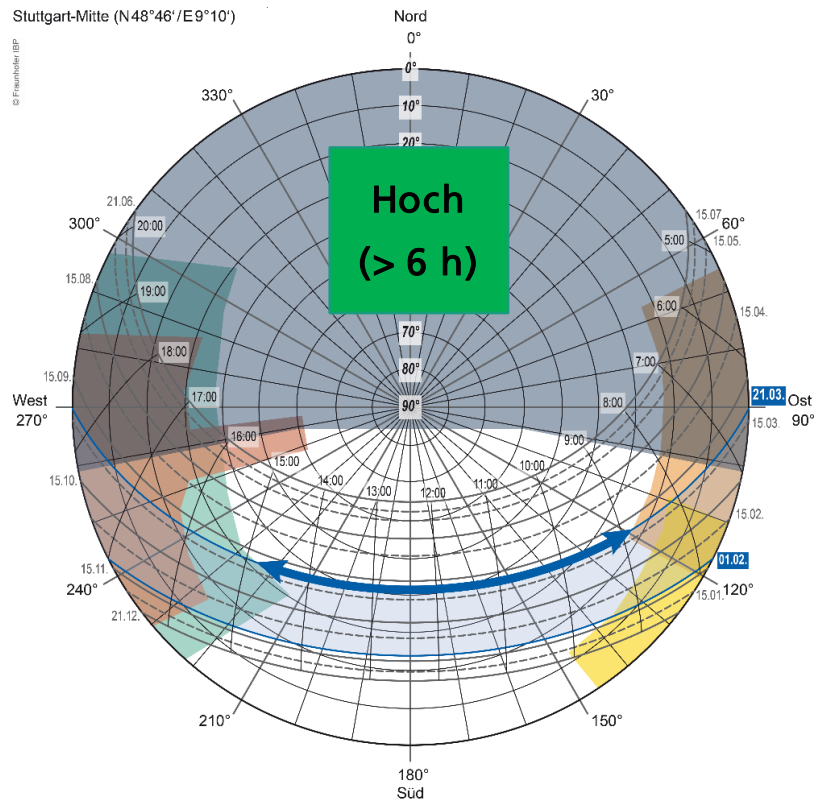


Empfehlungsstufe für die Aussicht	Horizontaler Sichtwinkel	Außen- sichtweite	Anzahl der von min. 75 % des genutzten Bereichs aus zu erkennenden Ebenen Himmel • Stadtlandschaft / Natur • Boden
Gering 	$\geq 14^\circ$	$\geq 6,00$ m	Mindestens die Landschafts- ebene ist enthalten
Mittel 	$\geq 28^\circ$	$\geq 20,00$ m	Landschaftsebene und eine zusätzliche Ebene sind in der- selben Sichtöffnung enthalten
Hoch 	$\geq 54^\circ$	$\geq 50,00$ m	Alle Ebenen sind in derselben Sichtöffnung enthalten

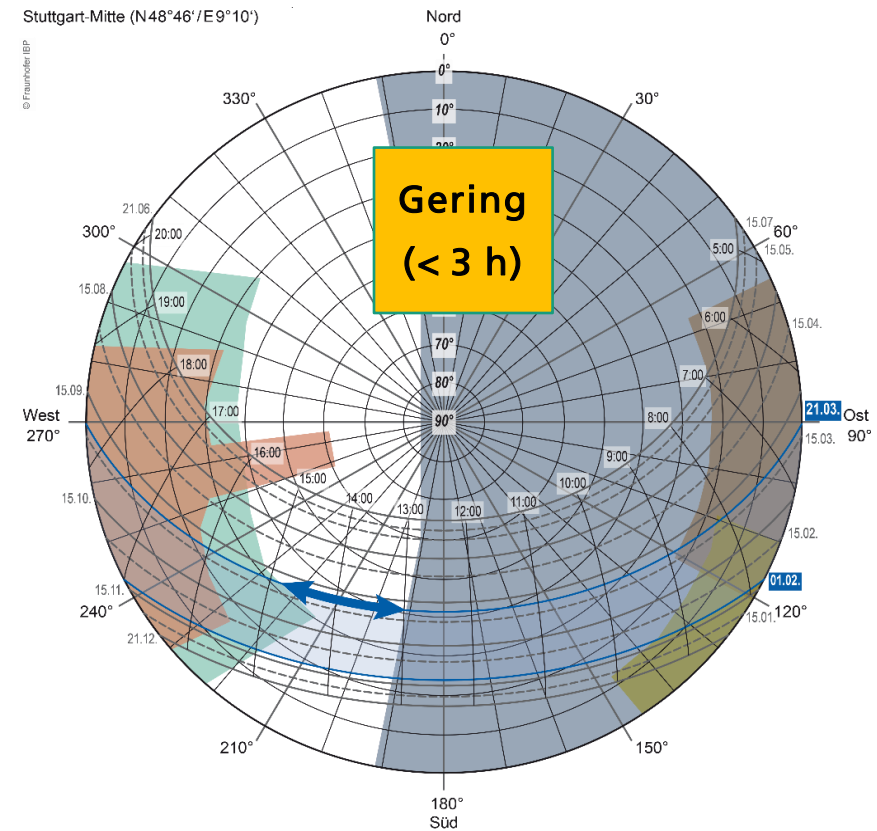
Für einen Raum mit einer Raumtiefe von mehr als 4,00 m sollte die respektive Summe der Abmessungen der Sichtöffnungen mindestens 1,00 m Breite und 1,25 m Höhe betragen.

3. Besonnungsdauer: **Beispiel**

Südorientierter Raum



Westorientierter Raum

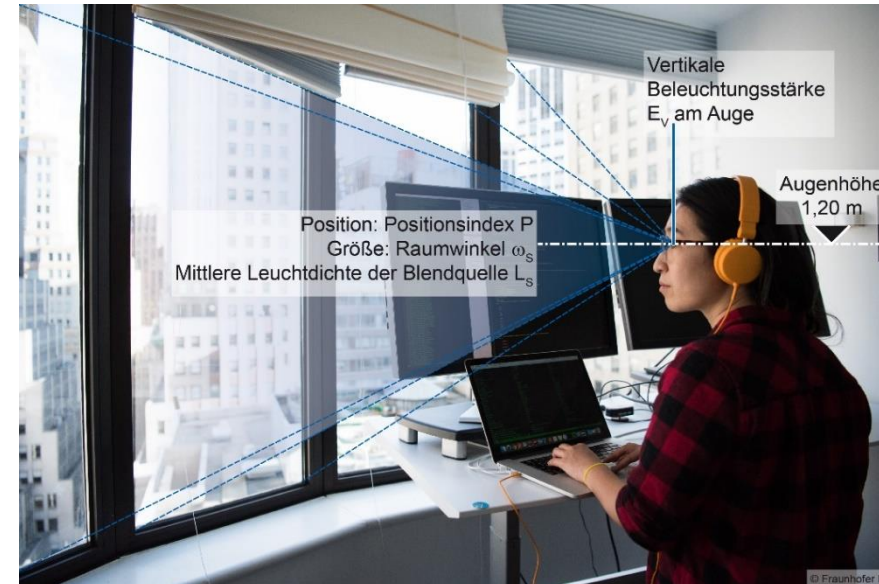


4. Blendung: **Methode**

Tageslichtblendungs- wahrscheinlichkeit

Daylight Glare Probability (DGP)

- Physiologische Blendung
- Vergleichbar UGR in der elektrischen Beleuchtung
- Extrem variabel!



$$DGP = 5,87 \times 10^{-5} \times E_v + 9,18 \times 10^{-2} \times \log \left(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \times \omega_{s,i}}{E_v^{1,87} \times P_i^2} \right) + 0,16$$

Kriterium	DGP
Die Blendung wird meistens nicht wahrgenommen.	$DGP \leq 0,35$
Die Blendung wird wahrgenommen, aber meistens nicht als störend empfunden.	$0,35 < DGP \leq 0,40$
Die Blendung wird wahrgenommen und oftmals als störend empfunden.	$0,4 < DGP \leq 0,45$
Die Blendung wird wahrgenommen und ist meistens nicht tolerierbar.	$DGP \geq 0,45$

4. Blendung: **Methode**

Vereinfachtes Verfahren

- Jalousien, Lamellen-Fensterläden, Rolläden, d.h. schliessbar
- Sonnenschutz aus Stoff, Folie od. perforierten undurchsichtigem Material
- Transparente, nicht lichtstreuende Verglasungen (mit einem geringen oder variablen Lichttransmissionsgrad)



Tabellen-
basierte
Verfahren,
z.T Rückgriff
auf die DIN
EN 14501-1



Copyright: SAGEGLASS

Anwendung: **Vereinbarung von Tageslichtqualitäten?**

Kriterium	„Qualitätsstufe“ anhand der Empfehlungen			
	Keine	„Gering“	„Mittel“	„Hoch“
Tageslicht- versorgung			X	
Aussicht				
Besonnungs- dauer			X	
Blendung			X	

- Zum Teil „nur“ beschreibende Größen: Kein planerischer Einfluß!
- Zielkonflikte !?

DIN EN 17037 „Tageslicht in Gebäuden“: Zwischenfazit

- Gut strukturierte Adressierung wesentlicher Fragestellungen
- Gegenüber DIN 5034 erheblicher Schritt nach vorne
 - Bewertung Tageslichtversorgung über die Zeit
 - Teilweise Miteinbeziehung des Blendschutzes
 - Stärkerer Raumbezug: Fensternahe Arbeitsplätze profitieren
- **Erfahrungen in der Praxis müssen gesammelt werden:**
 - Erste Parameterstudien / Leitfäden veröffentlicht, weiter Kommentierungen wünschenswert
 - Fehlende Hinweise, bei welcher Nutzung welche „Qualität“ sinnvoll, teilweise nicht einzuhaltende Anforderungen (Einstufung)
 - Wechselwirkung mit anderen Anforderungen an Fassaden
 - in der Lichttechnik aber auch
 - in anderen Gewerken wie sommerlichen Wärmeschutz
- Nachweismöglichkeiten in Tools als Eintrittskarte in die Praxis!
- **Überarbeitungsprozess in 11/2021 begonnen. Neues CEN work item erwartet.**

FÖRDERUNG ENERGIEEFFIZIENTE BELEUCHTUNG



Bundesanzeiger

Herausgegeben vom
Bundesministerium der Justiz
und für Verbraucherschutz
www.bundesanzeiger.de

Bekanntmachung

Veröffentlicht am Montag, 7. Juni 2021
BA nz AT 07.06.2021 B4
Seite 1 von 16

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG)

Vom 20. Mai 2021

1.3. Stufe 3 – Klimafreundliches Bauen ab Anfang 2023

Das Programm "Klimafreundliches Bauen" startet im Januar 2023. Hierfür werden die Förderanforderungen aus der Stufe 2 weiterentwickelt und ein Fokus auf die Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus gelegt.

Privatpersonen Unternehmen Öffentliche Einrichtungen Partnerportal Internationale Finanzierung Stories Über die KfW

Startseite > Bundesförderung für effiziente Gebäude

Nichtwohngebäude

Sie können für einen Neubau oder die Sanierung zum Effizienzgebäude sowie einzelne energetische Maßnahmen die neuen Förderkredite und Zuschüsse der „Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)“ beantragen. Die Förderung für die Baubegleitung beantragen Sie direkt zusammen mit Ihrem Kredit oder Zuschuss.

- + Neubau
- + Sanierung von bestehenden Immobilien zum Effizienzgebäude
- Einzelne energetische Maßnahmen in bestehenden Gebäuden

Wenn Sie ein Gebäude mit einzelnen energetischen Maßnahmen sanieren, fördern wir Sie mit einem Kredit mit Tilgungszuschuss im Rahmen der „Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)“. Die Höchstgrenze der förderfähigen Kosten orientiert sich an der Nettogrundfläche des Gebäudes: Sie erhalten 1.000 Euro pro m² Nettogrundfläche, insgesamt max. 15 Mio. Euro.

Maßnahme	Tilgungszuschuss
Wände, Dachflächen, Keller- und Geschossdecken dämmen	20 %
Fenster, Vorhangfassaden, Außentüren und Tore einbauen oder erneuern	20 %
Sommerlichen Wärmeschutz einbauen oder erneuern	20 %
Klima- und Lüftungsanlagen mit Wärme- oder Kälterückgewinnung einbauen, erneuern oder optimieren	20 %
Mess-, Steuer- und Regelungstechnik einbauen, um einen Gebäudeautomatisierungsgrad zu realisieren	20 %
Energieeffiziente Innenbeleuchtungssysteme einbauen	20 %
Kältetechnik zur Raumkühlung installieren	20 %

Zusammenfassung

■ Schulen

- Zusammensetzung unterschiedlicher Anforderungen: "Bereiche der Sehaufgabe/Tätigkeit"
- Schüler: Jung und hohe "Sehkraft". Erwachsenenbildung und Lehrkörper differenzierter zu betrachten

■ Elektrische Beleuchtung

- LED Transformation quasi abgeschlossen
- Austausch Altanlagen (Leuchtstofflampentechnologie) geboten
- Überarbeitete Anforderungen / Empfehlungen in EN 12464: Größere Differenzierung der Beleuchtungsstärken: Tendenz Erhöhung, "Volumen orientiertere" Beleuchtung

■ Tageslicht

- Glastechnik: Konventionelle Gläser tageslichttechnisch durchoptimiert. Verbesserungen schaltbarer Gläser
- Sonnenschutz / Lichtlenkung: Lichtlenkung durch Mikrooptiken
- Neues europäischen Normenwerk zu Tageslicht: Schritt nach Vorne, Anforderungsniveaus zu korrigieren

■ Regulatives und Förderung

- Treiber: Energie, Nachhaltigkeit und Ökologie
- Bundesförderung energieeffiziente Gebäude neu aufgesetzt

Coronaschutz durch gesunden und klimagerechten Schulbau

Fortbildung für Architekten und Fachplaner, 26.04.2022



Raumlufttechnik in Schulen

Schullüftung nach VDI 6040

Freie Lüftung vs. Mech. Lüftung

Ingenieurbüro Paulus GmbH

Ausbildungsbetrieb
Ingenieurleistung der Technischen Ausrüstung

Ingenieurleistungen aus einer Hand

Wir - Ingenieurbüro Paulus GmbH - kurz ibp



- Inhabergeführtes Unternehmen seit Gründung in 1961
- Ingenieurdienstleister im Bereich der Technischen Ausrüstung
- 28 teamorientierte Mitarbeiter in 2022

- Markus Brümmer
- Dipl.-Ing Versorgungstechnik
- Geschäftsführer

→ fortschrittliche, innovative und nachhaltige Lösungen aus einer Hand.

Gliederung

- Normative Einordnung
- Zielvorgaben der VDI 6040
- Frischluftbedarf in Klassenräumen
- Lüftungsarten der VDI 6040
- Grenzbetrachtungen zur Freien Lüftung
- Energetische Bewertung der Freien Lüftung
- Welchen Einfluss hat Corona?
- Fazit

Normative Einordnung

Seit 2011 gilt die VDI 6040 Blatt 1, hier werden die Anforderungen an die Raumluftechnik für Schulen definiert

Einleitung der VDI 6040 Blatt 1

„Raumlufqualität in Schulen wird in letzter Zeit verstärkt diskutiert/erörtert. Beim Neubau oder der Sanierung werden häufig nur energetische Aspekte berücksichtigt, die dazu führen, dass sich die Raumlufqualität in Schulen verschlechtert. Um die Raumlufqualität in Schulen zu verbessern, wurde diese Richtlinie erarbeitet.“

Anforderungen an thermische und lufthygienische Konditionen

„Ziel ist es, den Raumnutzern Raumkonditionen zur Verfügung zu stellen, die keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen verursachen, keine Befindlichkeitsstörungen hervorrufen und eine volle körperliche und geistige Leistungsfähigkeit ermöglichen.“

Zur Auslegung der Räume wird die Kategorie II nach EN 15251 angesetzt, die ein normales Maß an Erwartungen an neue und sanierte Gebäude beschreibt.

Die operative Raumtemperatur beträgt mindestens 20 °C und maximal 26 °C in Abhängigkeit der Außentemperatur. „

Diese Einleitung und diese Anforderungen stammen aus dem Jahr 2011.



Zielvorgabe der VDI 6040

Das Ziel ist erfüllt, wenn – während der Nutzungszeit des einzelnen Unterrichtsraums – in dessen Anforderungszone eine CO₂-Konzentration von 1000 ppm nicht überschritten wird. Diese wird als lufthygienisch **unbedenklich** eingeschätzt.

Werte der CO₂-Konzentration > 1000 ppm und < 2000 ppm sind als **hygienisch bedenklich** zu bewerten.

Werte > 2000 ppm gelten als **nicht akzeptabel**.

Die Konzentrationen verstehen sich als zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentrationen über die Dauer einer Unterrichtsstunde (45 min). Dabei wird eine Außenluftkonzentration von 400 ppm CO₂-unterstellt.



Es gilt der entsprechende Maximalwert der CO₂ Konzentration im Raum. Bei einer höheren Grundbelastung durch die Außenluftkonzentration erhöht sich entsprechend der Frischluftbedarf

→ Eine Standortprüfung ist daher unumgänglich!

Frischluftbedarf in Klassenräumen

Die VDI 6040 definiert zur Auslegung der Räume die Kategorie II nach EN 15251
(Die DIN EN 16798 entspricht hier der DIN EN 15251)

Die Kategorie II entspricht einem normalen Maß an die Erwartungen an neue und sanierte Gebäude.

1. Möglichkeit nach DIN EN 16798

Bei diesem Verfahren basiert die Berechnung der Mindest-Außenluftvolumenströme in Abhängigkeit der Anzahl der Personen, der Fläche und der Schadstoffarmut des Gebäudes.

Zusätzlich wird ein Außenluftvolumenstrom zur Abfuhr der Emissionen durch das Gebäude (Farben, Putz, Fußbodenbeläge etc.) je m² definiert. Die Höhe des Volumenstromes je m² richtet sich nach der Stärke der zu erwartenden Emissionen des Gebäudes.

Die Gesamtlüftungsrate ergibt sich aus der Addition der beiden ermittelten Luftmengen. Ist nichts anderes vereinbart kann die Kategorie II für schadstoffarme Gebäude verwendet werden. Somit ergibt sich ein Gesamt-Außenluftvolumenstrom von 25 m³/h (7 l/s) je Person + 2,5 m³/h (0,7 l/s) je m².

Kategorie	Erwarteter Prozentsatz Unzufriedener	Luftstrom je Person l/s/pers	
I	15	10	
II	20	7	
III	30	4	
IV	40	2,5	

Kategorie	Sehr schadstoffarmes Gebäude l/(s m ²)	Schadstoffarmes Gebäude l/(s m ²)	Nicht schadstoffarmes Gebäude l/(s m ²)
I	0,5	1,0	2,0
II	0,35	0,7	1,4
III	0,2	0,4	0,8
VI	0,15	0,3	0,6

Bei einer Standard-Belegungsdichte von 2,0 m² je Person ergeben sich somit 30 m³/h pro Person.

Frischluftbedarf in Klassenräumen

1. Möglichkeit nach DIN EN 16798

Je nach Personenbelegung bzw. unterschiedlichen Raumgrößen ergeben sich bei diesem Verfahren unterschiedliche Außenluftvolumenströme

Personen	25	26	27	28	29	30	31
Fläche							
50 m ²	756 m ³ /h	781 m ³ /h					
55 m ²	769 m ³ /h	794 m ³ /h	819 m ³ /h	844 m ³ /h			
60 m ²	781 m ³ /h	806 m ³ /h	832 m ³ /h	857 m ³ /h	882 m ³ /h	907 m ³ /h	
65 m ²	794 m ³ /h	819 m ³ /h	844 m ³ /h	869 m ³ /h	895 m ³ /h	920 m ³ /h	945 m ³ /h
70 m ²	806 m ³ /h	832 m ³ /h	857 m ³ /h	882 m ³ /h	907 m ³ /h	932 m ³ /h	958 m ³ /h

Die Tabelle zeigt den Gesamt-Außenluftvolumenstrom für die Kategorie II, schadstoffarmes Gebäude nach DIN EN 16798 in Abhängigkeit der Fläche und der Anzahl der Personen.

➔ Es ist immer eine raumbezogene Berechnung erforderlich. Der Ansatz mit 30 m³/(h Pers) ist als erster Richtwert zu verstehen. Die berechnete Außenlufrate gilt für alle Lüftungsvarianten, auch für die Freie Lüftung.

Frischluftbedarf in Klassenräumen

2. Möglichkeit nach DIN EN 16798

Bei dieser Möglichkeit wird der Mindestaußenluftvolumenstrom in Abhängigkeit einer maximal erlaubten CO₂-Konzentration der Raumluft oberhalb des CO₂-Niveaus der Außenluft ermittelt.

Grundlage hierfür sind die Grenzwerte des Nationalen Anhangs (DIN EN 16798-1 /NA) dieser liegt aber erst mit Stand Juni 2021 als ENTWURF vor.

Die Grenzwerte der CO₂-Konzentration sind aber derzeit gerade noch Grundlage entsprechender Einsprüche. In vorangegangenen Versionen wurde eine zulässige CO₂-Konzentration oberhalb der Außenluftkonzentration von 800 ppm für die Kategorie II angegeben. Was bei einer Außenluftkonzentration von 400 ppm zu einem absoluten Grenzwert von 1200 ppm führen würde und somit nicht konform mit den normativen Vorgaben anderen Normen wäre.

Eine Berechnung mit diesen Grenzwerten würde zu niedrigeren Volumenströmen, als nach der 1. Methode führen, was sich in dem Unterschied des Zielwerte von 1000 ppm zu 1200 ppm begründet.

In dem jetzigen Entwurf vom Juni 2021 wurden die Grenzwerte geändert und reduziert. Eine Berechnung mit diesen Werten führt dann wieder zu vergleichbaren Werten der 1. Methode.

Fazit: Die 2. Berechnungsmethode ist derzeit nicht zielführend. Es muss der entsprechende Weißdruck des Nationalen Anhangs abgewartet werden.

Kategorie	Entsprechende CO ₂ -Konzentration oberhalb der Außenluftkonzentration für Energieberechnungen; in ppm
I	550
II	800
III	1350
IV	1350

(Alte Werte aus DIN EN 16798-1 /NA)

Kategorie	Entsprechende CO ₂ -Konzentration oberhalb der Außenluftkonzentration für Energieberechnungen; in ppm
I	350
II	550
III	900
IV	1350

(Aktuelle Werte aus DIN EN 16798-1 /NA (06/2021))

Lüftungsarten nach VDI 6040

1. Freie Lüftung (Fensterlüftung / Schachtlüftung)

- Lüftungseffektivität abhängig von dem im Raum verursachten thermischen Auftrieb.
- Außenluftvolumenstrom ist nutzerabhängig
- Um witterungsunabhängig behagliche Zustände sicherzustellen sind Randbedingungen einzuhalten

2. Maschinelle Lüftung (zentrale – oder dezentrale RLT Anlagen)

- Planungsgrundsätze der DIN EN 16798 / VDI 6022 sind zu beachten

3. Hybride Lüftung (Kombination aus 1 & 2)

- Nur durch eine automatisierte Steuerung, auch der freien Lüftung ist eine Kombination der Systeme möglich



Alle Systeme, auch die Freie Lüftung, bedürfen eines integralen, gleichberechtigten und interdisziplinären Planungsprozess. Der Nachweis zur Einhaltung der Anforderung an die Raumluftkonditionen muss erbracht werden.

Praxisproblem: Wer führt den Nachweis, das eine Fensterlüftung funktioniert? Fachplaner TGA hat keine anrechenbare Kosten für Fenster, somit ergibt sich formal keinen Honoraranspruch. Der Architekt ist mit den Berechnungsansätzen der VDI 6040 oftmals nicht vertraut.

Grenzbetrachtungen zur Freien Lüftung

Planungshinweise der VDI 6040 zur Fensterlüftung

Innerhalb der Richtlinie werden schon nachfolgende Einschränkungen zur Fensterlüftung definiert.

- Eine freie Lüftung über Fenster kann durch hohe **Außenlärmpegel** oder **Schadstoffbelastung** der Außenluft vorab **unmöglich** sein.
- Die freie Fensterlüftung stößt bei **Raumhöhen unter 3,5 m** und **Belegungsdichten von $\leq 2,5 \text{ m}^2/\text{Person}$** (31 Personen ergeben eine Mindestraumgröße von $77,5 \text{ m}^2$) ebenso an ihre natürlichen Grenzen wie bei **Kühllasten oberhalb von 40 W/m^2** . Sind höhere Kühllasten planmäßig zu berücksichtigen, ist eine unterstützende Kühlung erforderlich, die jedoch auf die Raumströmung der Fensterlüftung abgestimmt sein muss, um deren Funktion nicht zu beeinträchtigen
- Die Raumströmung bei einseitiger Fensterlüftung ist in der Übergangs- und Winterzeit geprägt durch den Eintritt kühler Außenluft über die Fenster und Ausbreitung dieser Zuluft über dem Boden.
- Im Sommerfall kehrt sich die oben beschriebene Raumströmung um. Dies führt zu einer kontinuierlichen Erwärmung des Raums und Verminderung der erzielbaren Raumlufthwechsel, sofern keine Kühlung installiert ist.
- Ein wesentliches Element der Fensterlüftung ist die **manuelle Bedienung** der Öffnungselemente. Dieser organisatorische Teil der Funktionalität erfordert daher die ausreichende Anwesenheit von eingewiesenem Bedienpersonal, insbesondere auch nach der Nutzungsphase sowie während oder nach der Unterhaltsreinigung. Zusätzlich wird eine Sensorik (CO_2 Ampel) benötigt, um dem Bedienpersonal die belastungsabhängigen Erfordernisse zur Lüftung zugänglich zu machen



Grenzbetrachtungen zur Freien Lüftung

Grundlegend gelten auch die Technischen Regeln für Arbeitsstätten in dem Falle die ASR A3.6 „Lüftung“

Gemäß ASR A3.6 Kapitel 4.1 Grundsätze gilt:

- (1) *In umschlossenen Arbeitsräumen muss gesundheitlich zuträgliche Atemluft in ausreichender Menge vorhanden sein. In der Regel entspricht dies der Außenluftqualität. Sollte die Außenluft im Sinne des Immissionsschutzrechts unzulässig belastet oder erkennbar beeinträchtigt sein, z.B. durch Fortluftaus Absaug- oder RLT-Anlagen, starken Verkehr, schlecht durchlüftete Lagen, sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung gesonderte Maßnahmen zu ergreifen.*



Gesundheitlich zuträgliche Außenluft bedeutet, dass hinsichtlich der Luftverunreinigungen die genannten Grenzwerte der Außenluft (u. a. nach WHO Air quality guidelines oder der EU-Richtlinie 2008/50/EG oder aktueller) nicht überschritten werden.

Bei einer reinen Fensterlüftung ist die **Qualität der Außenluft entscheidend für die im Raum befindliche Atemluft**. Die Raum- / bzw. Atemluft verschlechtert sich gegenüber der Außenluft durch die Luftverunreinigung im Raum (z.B. Ausdünstungen aus Möbeln, Teppichen, etc. und nicht zuletzt durch die im Raum befindlichen Personen). Somit kann die gem. ASR definierte **Atemluft bei einer Fensterlüftung nie besser sein, als die vorhandene Außenluft**

Grenzbetrachtungen zur Freien Lüftung

Bewertung der Außenluftqualität am Standort

Zur Planung einer zentralen Lüftungs- oder Klimaanlage gehört die Ermittlung des so genannten ODA-Werts (ODA = Outdoor Air). (Begriffsdefinitionen aus DIN EN 15251 bzw. 16798)

Der ODA-Wert berücksichtigt in drei Kategorien **ODA 1** (gut) bis **ODA 3** (schlecht) die Außenluftqualität am Standort des Gebäudes und hat einen direkten Einfluss auf die einzusetzenden Luftfilter. Dabei gilt: Je schlechter die Außenluftqualität ist und je besser die Raumluftqualität IDA (IDA= Indoor Air) sein soll, umso aufwändiger muss die Außenluft gefiltert werden.

Zur Ermittlung des ODA Wertes benötigt man für den Gebäudestandort Angaben zu folgenden Luftschadstoffen:

- SO₂: Angabe als Jahresmittelwert und als Höchstwert über 24 Stunden
- NO₂: Angabe als Jahresmittelwert und als Höchstwert über 1 Stunde
- Ozon: Angabe als Jahresmittelwert und als Höchstwert über 8 Stunden
- Feinstaub PM₁₀: Angabe als Jahresmittelwert und als Höchstwert über 24 Stunden
- Feinstaub PM_{2.5}: Angabe als Jahresmittelwert und als Höchstwert über 24 Stunden

Anschließend sind diese Schadstoffwerte mit den vorgegebenen Grenzwerten der WHO zu vergleichen.

Und aus diesem Vergleich ergibt sich letztlich der ODA-Wert wie folgt:

ODA 1 gilt, wenn alle WHO-Grenzwerte unterschritten werden.

ODA 2 gilt, wenn alle Luftschadstoffe unterhalb eines Wertes „1,5 x WHO-Grenzwert“ liegen.

ODA 3 gilt, wenn auch nur einer der Luftschadstoffe über dem Wert „1,5 x WHO-Grenzwert“ liegt.



Hinweis: Eine entsprechende Abfrage zu den Luftschadstoffen mit Einstufung des ODA Wertes am Standort kann z.B. bei dem Institut Pollution-Info (gain-up) eingeholt werden.

Grenzbetrachtungen zur Freien Lüftung

Praxiserfahrung ODA Werte:

Aus unserer Erfahrung kann davon ausgegangen werden, dass in fast allen Innenstadtlagen von größeren Städten vom ODA Wert 2 ausgegangen werden muss.

Dies bedeutet, dass alle Luftschadstoffe unterhalb des 1,5-fachen Grenzwertes der WHO liegen und die Außenluft als Außenluft mit hoher Konzentration an Staub oder Feinstaub und/oder gasförmigen Verunreinigungen gilt.

Umgekehrt formuliert heißt das, dass zumindest ein Wert die Grenzwerte der WHO überschritten hat, aber nicht mehr als um das 1,5 fache.



➡ Gemäß der Definition der Gesundheitlich zuträglichen Außenluft nach VDI 6022 würde das somit bedeuten, dass die Klasse ODA 2 nicht mehr als Gesundheitlich zuträgliche Außenluft angesehen werden kann, da die Grenzwerte der WHO überschritten werden.

Damit wäre theoretisch auch die Anforderung der ASR 3.6 für den Arbeitsplatz des Lehrers nicht erfüllt, was zu arbeitsrechtlichen Problemen führen kann.

Diese juristische Bewertung liegt aber eindeutig außerhalb der Beratungskompetenz eines Fachplaners.

➡ Neben den Luftschadstoffen muss auch der Außenlärm am Standort bewertet werden, da bei geöffneten Fenstern die Lärmemission im Raum entsprechend bewertet werden muss.

Grenzbetrachtungen zur Freien Lüftung

Der Leitfaden für die Innenraumhygiene des Umwelt Bundesamtes kommt bei der Beurteilung der Freien Lüftung zu folgender Einschätzung:

Die Bevorzugung freier Lüftung stellt – in Schulen – häufig einen Kompromiss dar zwischen Aufwand und Erfolg.

Klassenräume lassen sich nicht ganzjährig durch Fensterlüftung so belüften, dass die gewünschten Grenzen der thermischen Behaglichkeit und der Luftqualität zu jedem Zeitpunkt eingehalten werden können.

Besonders im Winter kann es dazu kommen, dass die in Fensternähe Sitzenden über Kälteempfinden klagen, wenn über die Fenster längere Zeit gelüftet wird. Andererseits muss nach Möglichkeit dafür gesorgt werden, dass während und am Ende der Unterrichtsstunde die hygienischen Erfordernisse für Kohlendioxid eingehalten werden. Es ist deshalb auch im Winter unerlässlich, dass während der Pausen konsequent gelüftet wird, bei langen Unterrichtsstunden und sehr hoher Raumbelastung auch zwischendurch.

Bei Warmwetterperioden sollten Oberlichter oder Kippfenster nachts geöffnet bleiben (wenn aus Einbruchschutzgründen möglich), damit eine bessere Auskühlung der Räume erreicht wird.



Umwelt
Bundes
Amt
Für Mensch und Umwelt

Grenzbetrachtungen zur Freien Lüftung

Das Umwelt Bundesamt definiert folgendes Lüftungskonzept für die Freie Lüftung

- Vor Unterrichtsbeginn alle Fenster in einem Klassenraum 5 bis 10 Minuten so weit wie möglich öffnen. Das gilt auch und besonders nach Wochenenden und wenn die Räume längere Zeit nicht genutzt wurden.
- In jeder kurzen Pause sollen alle Fenster im Klassenraum ebenfalls soweit wie möglich für die gesamte Dauer der Unterrichtspause weit geöffnet werden. Die Heizkörperthermostaten können dabei während der Heizperiode heruntergedreht werden.
- In jeder langen Pause (Hofpause) soll die Lüftungsdauer vorzugsweise ebenfalls über die ganze Pause erfolgen. Im Winter bei sehr niedrigen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, reicht es, die Fenster in der langen Pause circa 5–10 Minuten geöffnet zu halten. Vorhandene Heizkörperthermostaten können zuvor gedrosselt werden.
- Während des Unterrichts muss bei üblicher Raumbelastung zusätzlich gelüftet werden. Eine CO₂-Ampel kann helfen, die notwendigen Lüftungsintervalle während des Unterrichts anzuzeigen. Eine zusätzliche „Kipplüftung“ kann während des Unterrichtes den Luftaustausch unterstützen, sofern keine unzumutbaren Bedingungen hinsichtlich Temperatur und Zugerscheinungen sowie durch Lärm oder Einwirkung von Immissionen von außen entstehen.



Bestehen Sicherheitsbedenken gegen ein Lüften, weil z. B. kleine Kinder während der Pausen in den Klassenräumen verbleiben, und man Sorge hat, dass Kinder aus dem Fenster stürzen könnten, muss das Lüften dennoch erfolgen, dann jedoch unter Anwesenheit einer Aufsichtsperson. Alternativ sollen die Kinder den Raum während der Pause verlassen. Es gelten die gängigen Unfallverhütungsvorschriften.

Energetische Bewertung der Freien Lüftung

Energetische Bewertung des Umwelt Bundesamtes der Freien Lüftung

Das Umwelt Bundesamt geht in ihrer Veröffentlichung davon aus, dass die Lüftungswärmeverluste einer fachgerecht umgesetzten Fensterlüftung rechnerisch ca. 45 kWh/(m²a) höher liegen, als bei einer mechanischen Lüftung mit WRG.

Das Amt räumt ein, dass in der Realität diese Werte oft niedriger liegen, weil der Luftwechsel ohne Lüftungsanlage meist geringer ist bei gleichzeitig schlechterer Innenraumluftqualität. In der Realität wird also faktisch die Freie Lüftung nicht so umgesetzt und es werden faktisch zu hohe CO₂ Konzentrationen im Raum akzeptiert. Bei der Wertangabe des Umwelt Bundesamtes ist nicht ersichtlich, ob denn auch tatsächlich im Vergleich der Systeme von den gleichen Rauminnentemperaturen ausgegangen wird.

Rechenbeispiel:

Bei einem durchschnittlichen Klassenraum von ca. 65 m² beträgt der Lüftungswärmeverlust pro Klassenraum somit ca. 2.925 kWh/a.

Bei ca. 9,5 Cent je kWh beim Heizen mit Öl oder Gas, werden bei vorgeschriebenem Lüftungsverhalten bei Fensterlüftung, jährlich pro Klassenraum ca. bis zu 278 € aus dem Fenster gelüftet.



In der Realität sind die Kosten für die Lüftungswärmeverluste geringer. Zusätzlich müssen die Verbrauchskosten (Stromkosten für den Lufttransport) und auch die Wartungskosten für eine mechanische Lüftungsanlage noch dagegen gerechnet werden.

Energetische Bewertung der Freien Lüftung

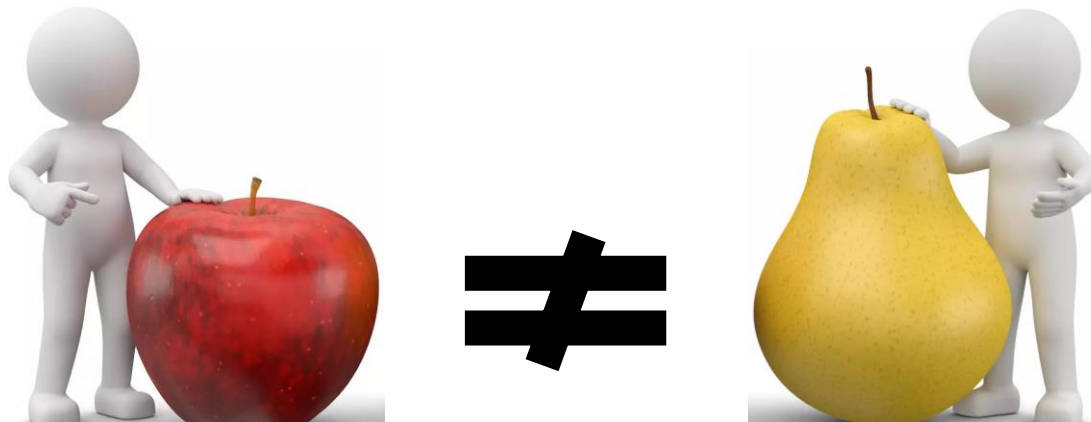


Fazit: Eine mechanische Lüftungsanlage kann über die Energie- und Unterhaltskosten nicht hinsichtlich der anfallenden zusätzlichen Investitionskosten amortisiert werden.

Die Investitionskosten für eine mechanische Lüftungsanlage liegen in einer groben Abschätzung zwischen 12.000 € bis 17.000 € pro Klassenraum. Bei idealisierten eingesparten Lüftungswärmeverluste von ca. 280 € läuft die Amortisation ins unendliche.

Ein Vergleich von Freier Lüftung zu Mechanischer Lüftung ist ein unzulässiger Vergleich von Äpfeln und Birnen, weil zwei Systeme verglichen werden mit denen sich nicht die gleichen Zielvorgaben erfüllen lassen.

Die verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten der mechanischen Lüftung, wie z.B. eine zentrale Lüftung gegenüber einer dezentralen Lüftung lassen sich natürlich sehr wohl unter wirtschaftlichen Aspekten vergleichen und Bewerten.



Welchen Einfluss hat CORONA ?

Was bedeutet die SARS-CoV-2 Pandemie auf diese Diskussion?

Die Lüftungsanforderungen an die Klassenräume um die Aerosolausbreitung und die entsprechende Vierenkonzentration im Klassenraum so gering wie möglich zu halten werden mit einer Frischluft / Außenlufrate von 25-30 m³/h pro Person von der Bundesregierung und den Experten definiert. Das entspricht exakt den bereits seit 2011 in den normativen Vorgaben vorgegebenen Frischluft / Außenlufraten um die CO₂ Konzentration in der Raumluft einhalten zu können.

Daher einfache Antwort ! → Nichts!



Würden wir den seit 2011 bekannten Stand der Technik in den Schulen umsetzen, würden unsere Kinder bereits in einem relativ sichern Arbeitsumfeld lernen und Schulschließungen wären vermeidbar!

Wir merken nur jetzt, dass die formulierten und allen jetzt bekannten Lüftungsregeln in den Schulen nicht umsetzbar sind und auch den täglichen Schulablauf deutlich behindern. Hinzu kommt das Kinder nur mit Jacke und Schal im Winter am Unterricht teilnehmen können. Das ist aber bei einer Fensterlüftung jetzt nicht eine Pandemische Ausnahmesituation, sondern eigentlich die resultierende Regel bei einer Freien Lüftung!

Fazit zur Freien Lüftung

- ★ Über eine Freie Fensterlüftung kann nur unter Einhaltung strenger, restriktiver Randparameter hinsichtlich Raumgrößen, Belegungszahlen, lichten Raumhöhen und der Größe und Lage der Fensteröffnungen die Einhaltung geforderter CO₂ Konzentrationen sichergestellt werden kann.
- ★ Der entscheidende Einflussfaktor bleibt aber das Nutzerverhalten und die konsequente Umsetzung des manuellen Lüftungskonzeptes. Hierbei trägt dann jeder einzelne Lehrer*innen die Verantwortung für die Einhaltung der Innenraumhygiene.
- ★ Bei einer optimalen Freien Lüftung wird bewusst in Kauf genommen, dass die CO₂ Konzentration oftmals im Bereich zwischen 1000 ppm bis 2000 ppm liegt und somit als hygienisch bedenklich eingestuft werden muss.
- ★ Die Einflussfaktoren der Freien Lüftung auf die resultierenden Rauminnentemperaturen werden nicht ausreichend bewertet. Die operative Rauminnentemperatur muss mind. 20°C betragen. Der Bezug zur operativen Raumtemperatur (Empfindungstemperatur) wird nicht hergestellt. Die Anforderung bezieht sich nicht auf eine mittlere Lufttemperatur von 20°C. Die Empfindungstemperatur an den Sitzplätze an der Fensterreihe kann bei einer aktiven Fensterlüftung im Winter nicht den Anforderungen entsprechen.
- ★ Die Frage Fensterlüftung oder mechanische Lüftung ist nicht über die Amortisation der Mehrkosten zu führen. Hierbei geht es eigentlich um die Frage der Einhaltung des Standes der Technik und die Erfüllung der normativen Vorgaben.
- ★ Corona ist nicht der Anlass für neue Lüftungsregeln, sondern ist das Brennglas, welches jetzt den Fokus auf die Lüftung von Klassenräume legt.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



Ruhrtalstraße 43
45239 Essen



HEALTH

Gesundes Bauen

FASSADENINTEGRIERTE LÖSUNGEN FÜR GESUNDHEIT UND WOHLBEFINDEN IN SCHULEN

Henning Köln

Leiter techn. Produktmanagement BU Smart Building bei Schüco

SCHÜCO

IST SYSTEMANBIETER
FÜR FENSTER, TÜREN,
FASSADEN UND **MEHR.**



Wirtschaftsuniversität, Wien, Österreich

Schüco Fenster-, Fassaden- und Türsysteme





HEALTH

Gesundes Bauen

1. VENTILATORGESTÜTZTE LÜFTUNG
2. INTELLIGENTE FENSTER
3. ANTIMIKROBIELLE OBERFLÄCHEN

A modern building with a green and yellow gradient overlay. The building is a multi-story structure with a flat roof and large windows. The gradient is a mix of green and yellow, with the green being more prominent on the left and the yellow on the right. The text "GESUNDE RAUMLUFT" is written in white, uppercase letters across the middle of the image.

GESUNDE RAUMLUFT

Was ist unser wichtigstes Lebensmittel?



1 kg



2-3 Liter

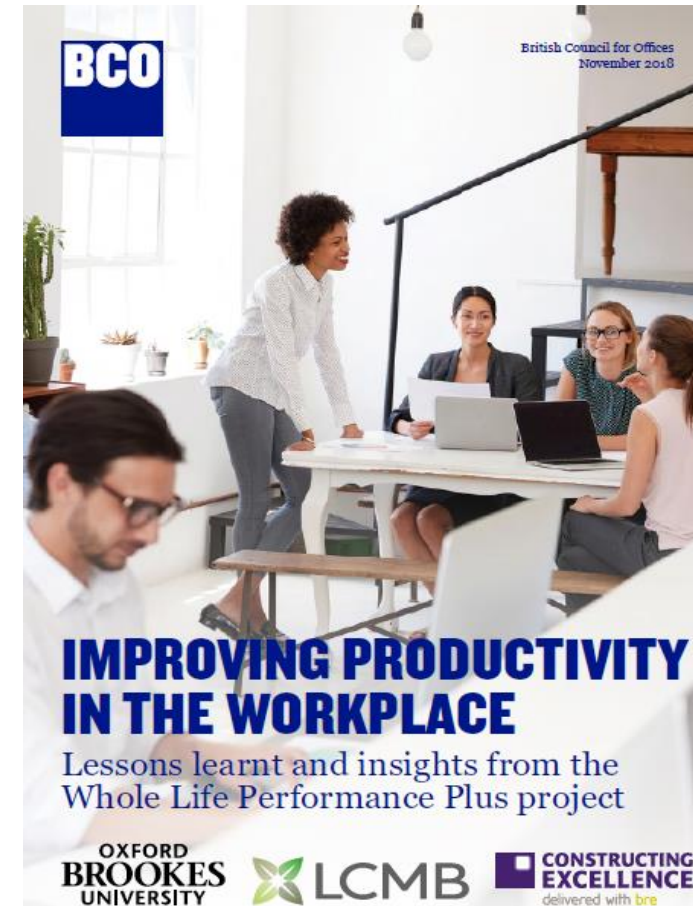
12.000 Liter



Leistungsfähigkeit

20% schneller

12% besser



Wirkung von schlechter Luft in Klassenräumen

- Geringere Fehlererkennung beim Lesen
- Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsschwäche
- Höherer Geräuschpegel in der Klasse
- Erhöhte Abwesenheitsrate
- Größere Unzufriedenheit der Raumnutzer

SCHULLÜFTUNG

AUSLEGUNG NACH VDI 6040

CO ₂ -Gehalt	Einstufung nach VDI 6040	Luftstrom je Person Jahgangsstufe 1-4	Luftstrom je Person Jahgangsstufen 5-13
<1000 ppm	Zielanforderung	25 m ³ /h	30 m ³ /h
1000–2000 ppm	Hygienisch bedenklich		
> 2000 ppm	Nicht akzeptabel		

Alternativ: DIN EN 16798-1 Verfahren 2 (Verfahren unter Anwendung von Grenzwerten für die Stoffkonzentration (hier CO₂))

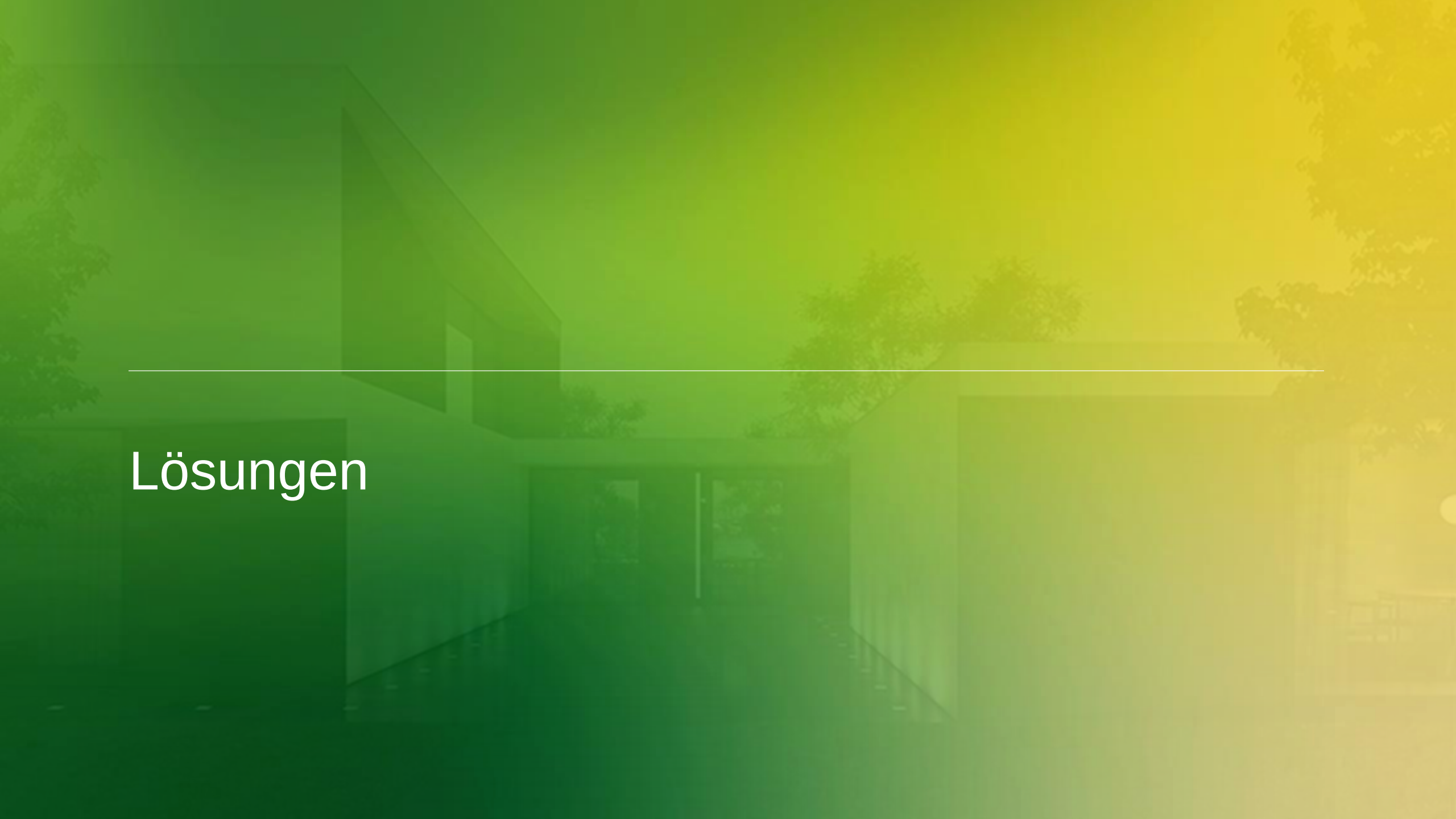


INDIVIDUELLES LÜFTUNGSKONZEPT

→ Individuelle Planung erforderlich

→ Beschaffenheit vereinbaren, auch hinsichtlich Lüftung





Lösungen

GANZHEITLICHE LÖSUNGEN FÜR ALLE OBJEKTYPEN

*Feuchteschutz
in wohnähnlichen Nutzungen*

Wohngebäude

Hotels

Wohnheime

nachrüstbar



Schüco VentoAir
Fensterfalzlüfter



Schüco VentoFrame
Fensterlüfter



Schüco VentoFrame Asonic
Schallgedämmter Fensterlüfter

*Lüftung, Nachtauskühlung und Entrauchung
in Nichtwohngebäuden*

Bürogebäude

Schulen

nachrüstbar



Schüco AWS VV
Lüftungsklappe



Schüco DriveTec
Motorisierte natürliche Lüftung



Schüco TipTronic

Lüftung mit energetischen und Komfort-Anforderungen

Wohngebäude

Bürogebäude

Schulen (Grundlüftung)

nachrüstbar*



Schüco VentoTherm Twist
Aktiver Lüfter mit Wärmerückgewinnung

* Objektlösung

Ventilatorgestützte Lüftung mit Schüco VentoTherm Twist

01



Schüco VentoTherm Twist

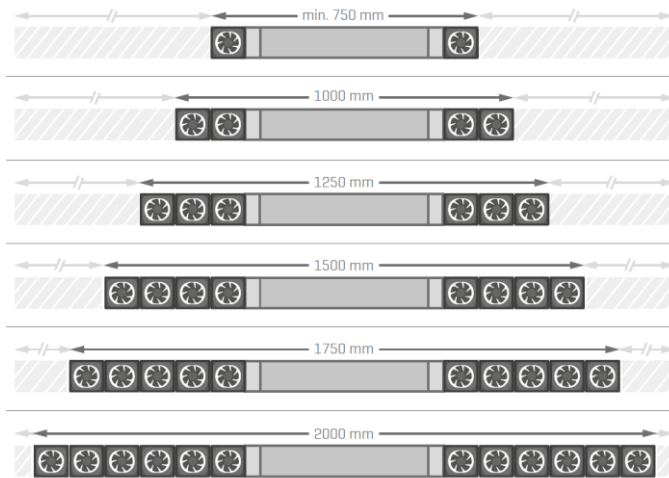
Integration und Wartung

Horizontale und vertikale
Montagemöglichkeit



Einfache Wartung dank werkzeuglos
entnehmbarer Komponenten

Verfügbare Größen



Breites Einsatzspektrum

- 6 Größen von 2x1 bis 2x6
- 80 % Wärmerückgewinnung
- bis 140 m³/h pro Lüfter
- 100% frische Außenluft
- CO₂- Luftqualitätssensorik
- Automatische Nachtauskühlung

Schüco VentoTherm Twist

Comfortable Bedienung

- Integrierter CO₂ -Sensor
- Individuelle Zeitprogramme
- Drahtlose Kommunikation



Schüco VentoTherm Twist

Auch in Schulen

Stoßlüften nur noch in den
Pausen

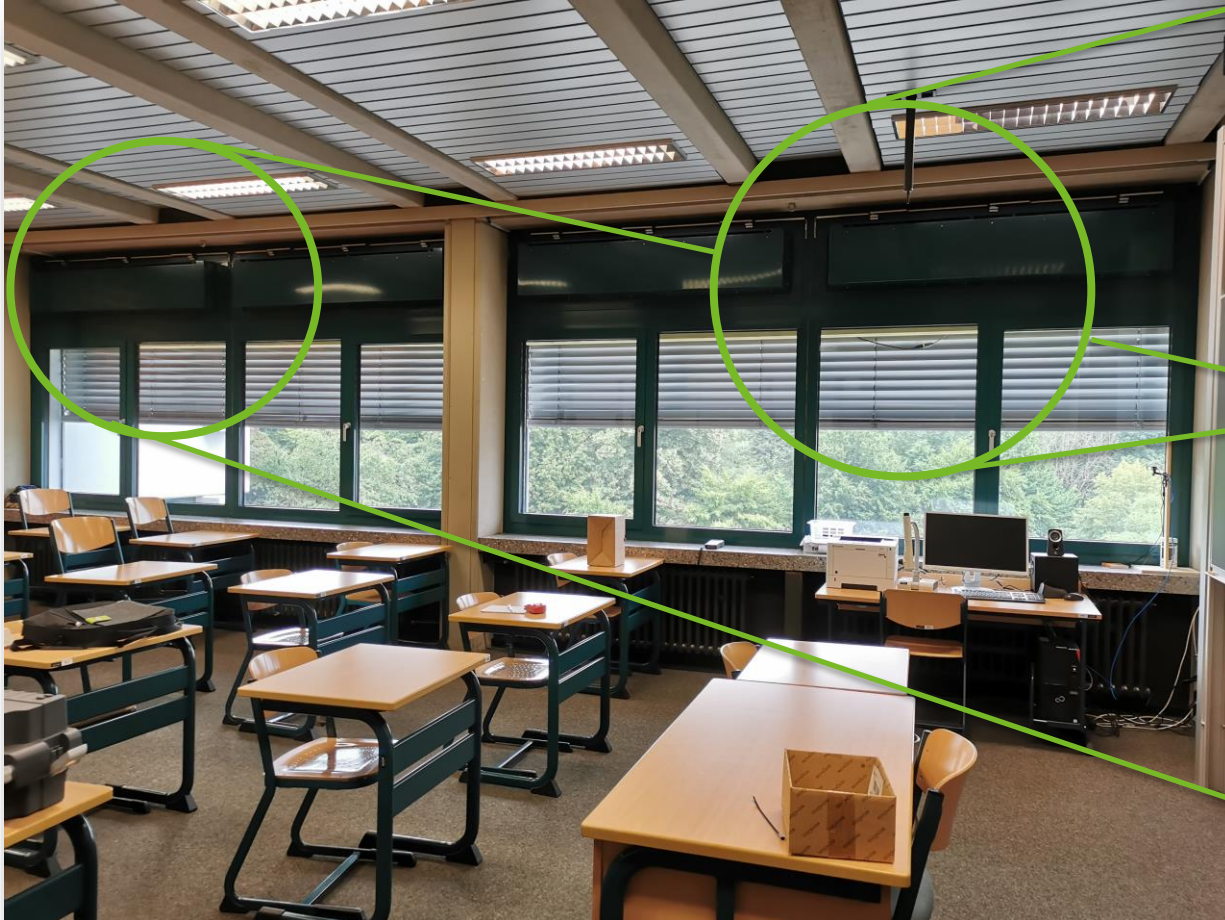
Schüco VentoTherm Twist

In Schulen nachrüsten



Stoßlüften nur noch in den
Pausen

NACHRÜSTUNG IN HERFORDER SCHULE

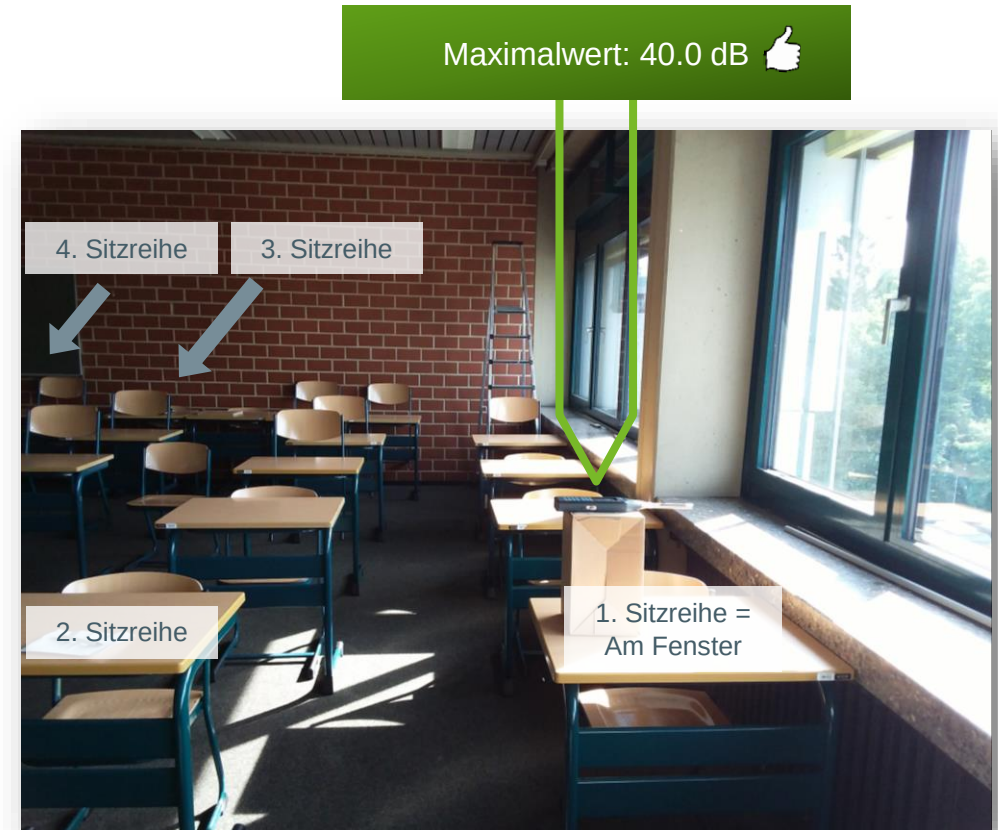
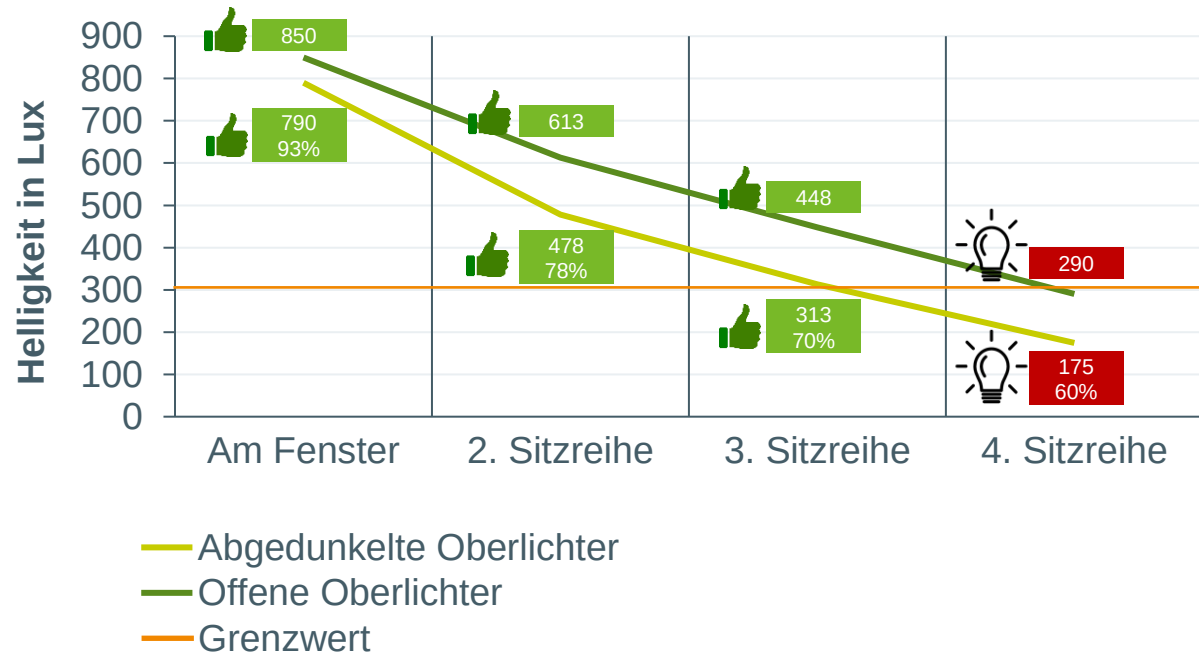


Wilhelm-Norman Berufskolleg



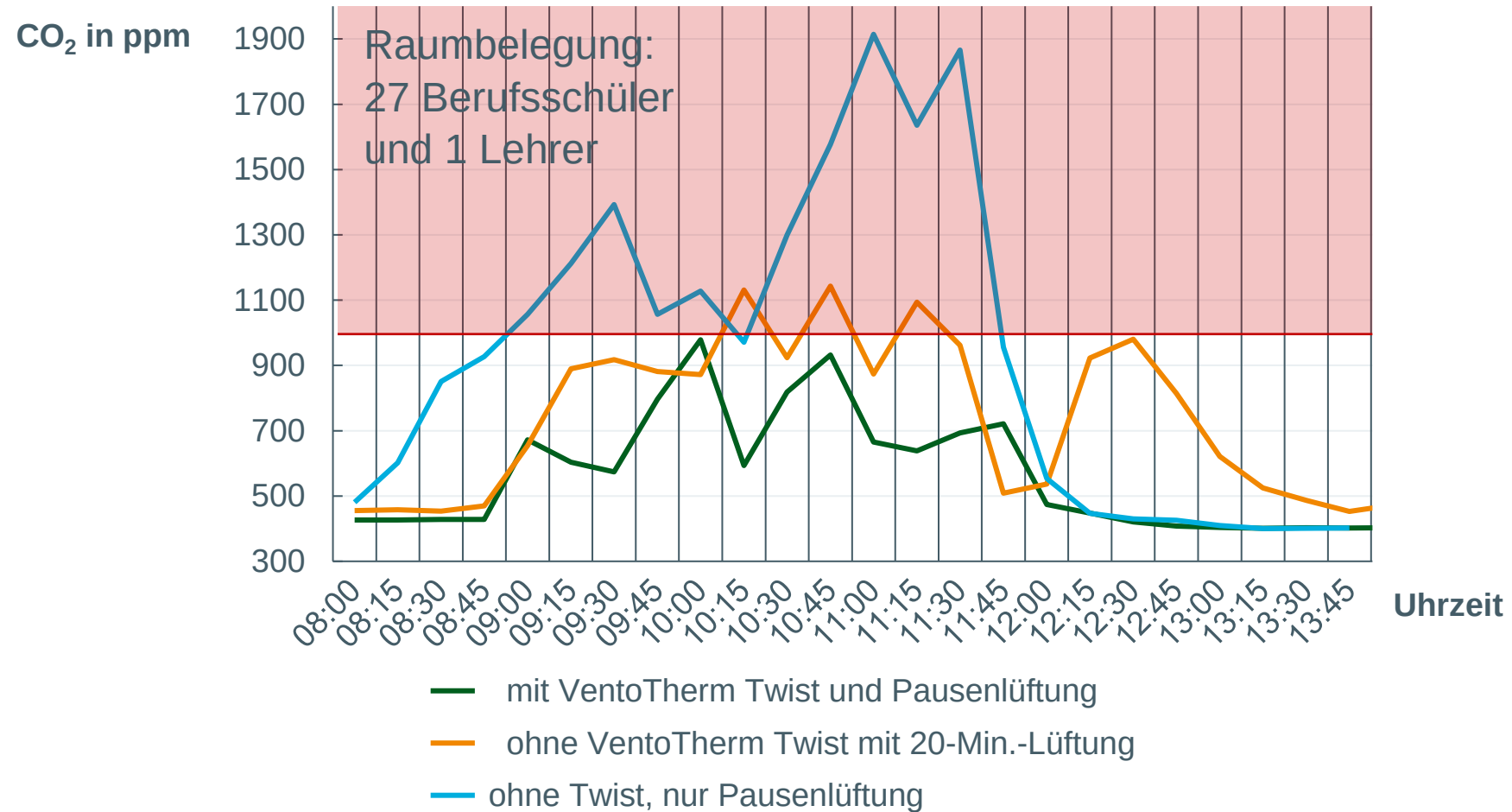
LICHT- UND SCHALLMESSUNG

Indirekter Lichteinfall



7m x 8m / 56m²

CO₂ - MESSUNG



Natürliche Lüftung mit intelligenten Fenstern

02



Intelligente Fenster von Schüco

Intelligente Funktionen

Rauchabzug

Lüftung

Nachtauskühlung



Intelligente Fenster von Schüco

Für alle Anforderungen eine Lösung

neu

DriveTec



TipTronic
SimplySmart



Aufbau

Kettenantrieb

Verriegelung

Steuergerät (Optional)

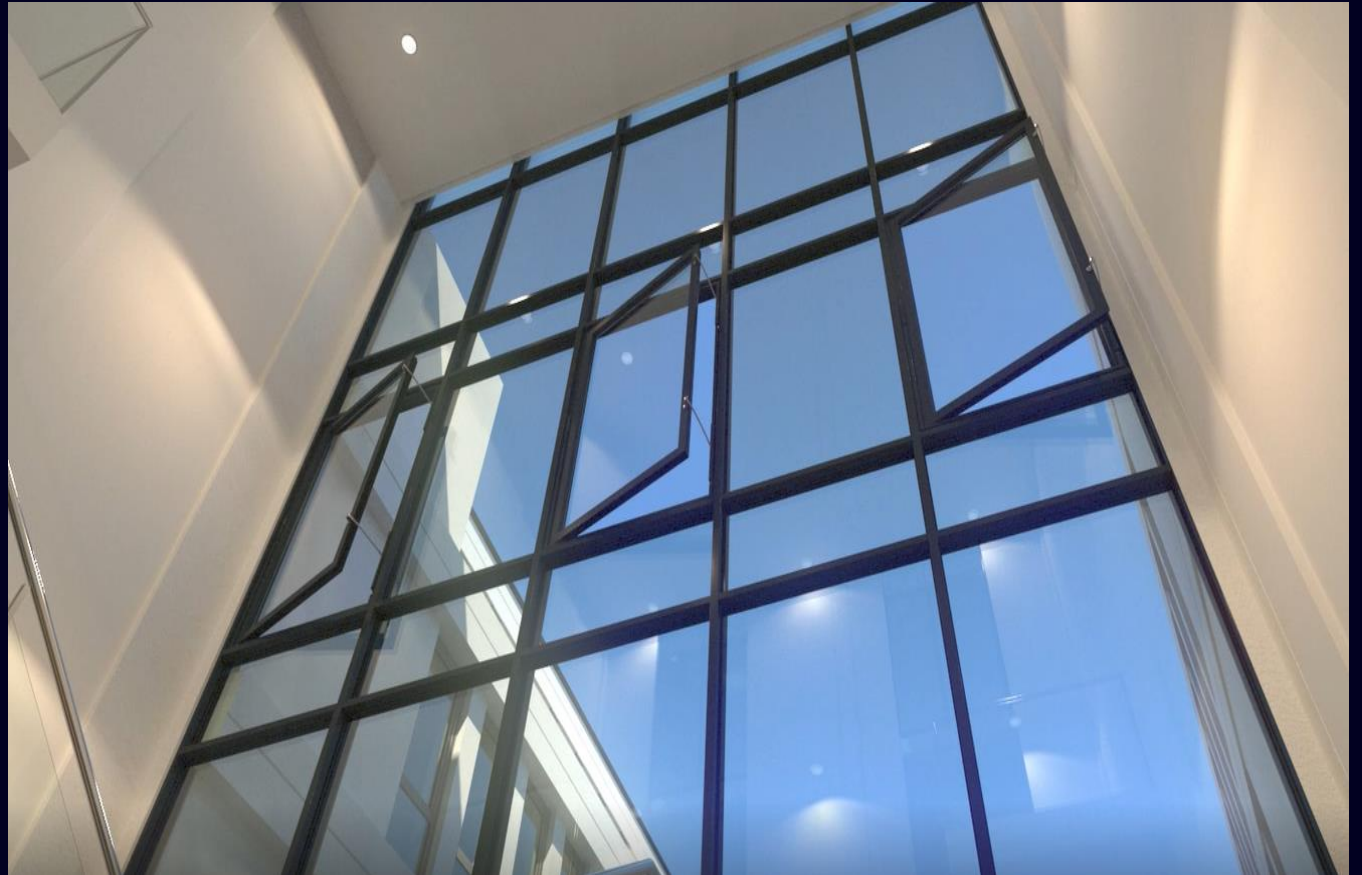


DriveTec

Leistungsstark und leise:
Für Flügelgewichte bis 200 Kilo.

Schlank und kompakt,
liegt elegant auf den Profilen auf.

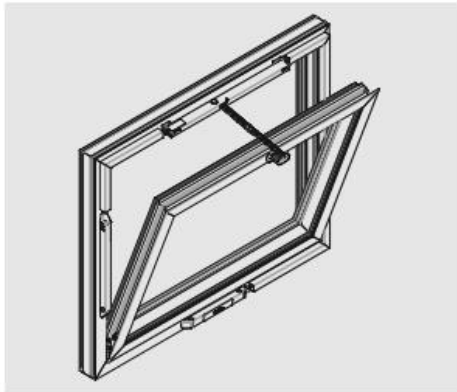
Alle RAL-Farben als Pulverbeschichtung



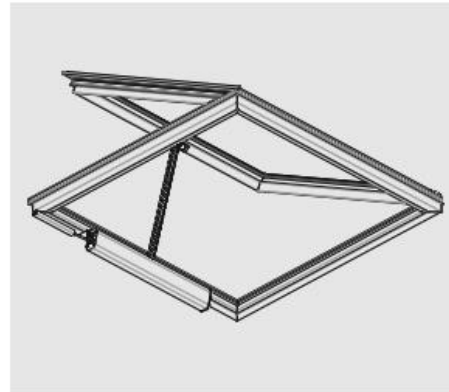
Schüco DriveTec

Öffnungsarten und Montagemöglichkeiten

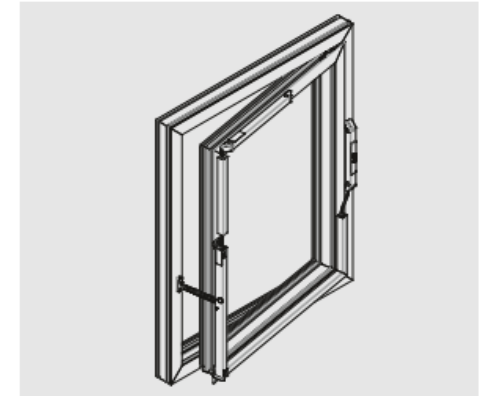
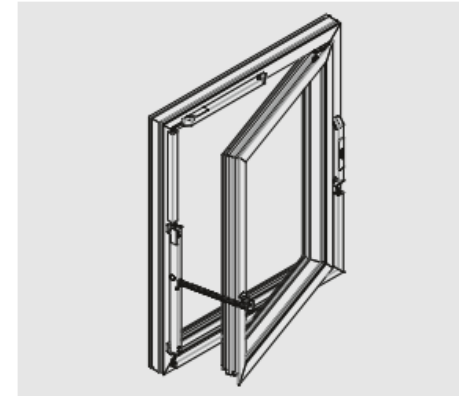
Kippflügel
Bottom-hung vent



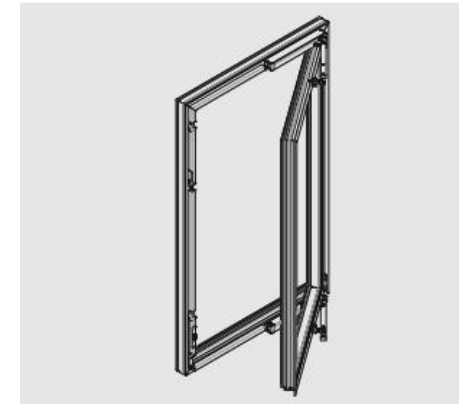
Dach-Klappflügel
Roof top-hung vent



Drehflügel
Side-hung vent



Drehflügel Klapphebelantrieb
Side-hung vent retractable arm drive



TipTronic SimplySmart



TipTronic SimplySmart

Öffnet das Fenster vollautomatisch und fast geräuschlos

Komplett verdeckt liegend, also unsichtbar verbaut

Verriegelt mehrfach bis Einbruchschutzklasse RC2 für das Fenster

Doppelter Einklemmschutz:
Software bis Schutzklasse 2 und
Schaltleiste bis Klasse 3 und 4



> Ein System für alle Anwendungen

 DREH



 SENK KLAPP



 PAF



 ZUGBRÜCKE



 DREH KIPP



 KIPP



 LÜFTUNGS-FLÜGEL
DREH / KIPP



 FWS 60 CV

Systemprüfungen

„Nur intelligente Fenster von Schüco haben in umfänglichen System-Prüfungen bewiesen, dass sie sämtlichen Anforderungen genügen“



Building Skin Control





Automatische Fensterlüftung

- Stand-alone-Automationslösung
- Einbindung in übergeordnete GLT



Building Skin Control



Luftqualitätssensor



Antimikrobielle Oberflächen

Schüco SmartActive

03

Schüco
SmartActive

Antimikrobieller Langzeitschutz
mit Mikrosilber, nanofrei



Typische Keimbelastungen

Kontamination von nicht-antimikrobiell ausgestattete Oberflächen

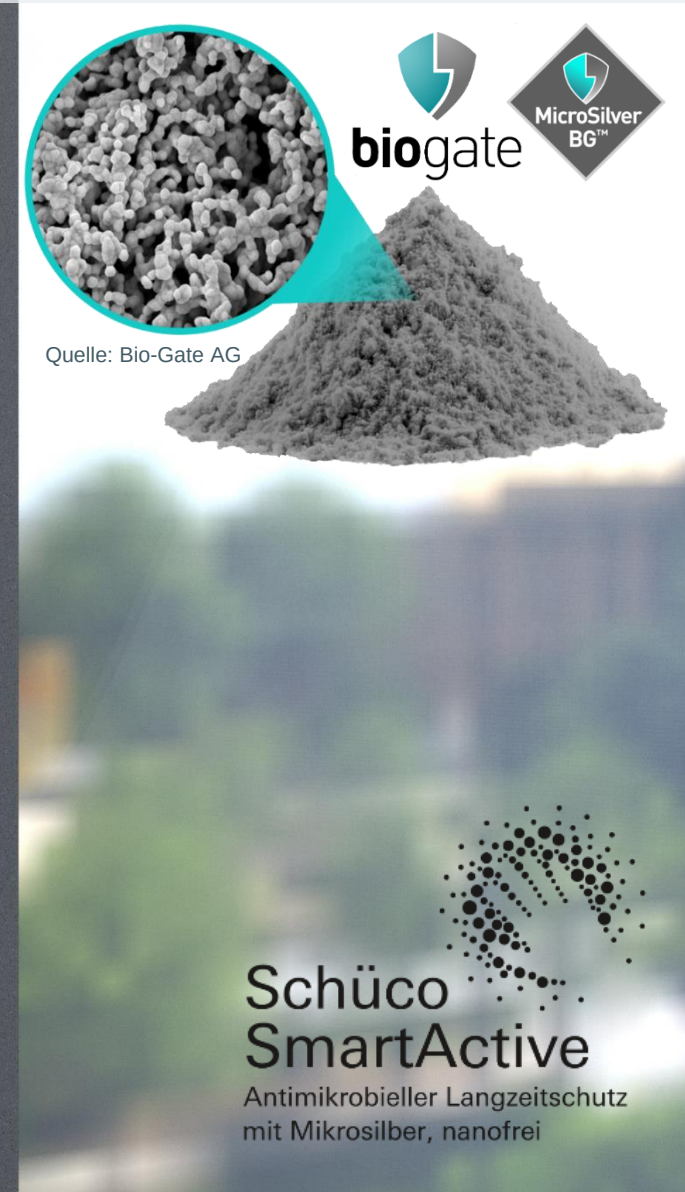
• Toilettensitz:	7,6	Keime / cm ²
• Fernbedienung Fernseher:	10,9	Keime / cm ²
• Türdrücker (Toilette):	18,8	Keime / cm ²
• Lichtschalter (Toilette):	33,6	Keime / cm ²
• Spielzeuge:	53,5	Keime / cm ²
• Mülleimer (Küche):	63,7	Keime / cm ²
• Küchenboden:	124,0	Keime / cm ²
• PC-Mouse	260	Keime / cm ²
• PC-Tastatur:	511	Keime / cm ²
• Telefon:	3.896	Keime / cm ²
• Küchenspüle:	88.000	Keime / cm ²
• Toilettenschüssel:	500.000	Keime / cm ²
• Kühlschrank:	1.780.000	Keime / cm ²
• Spültuch:	4.200.000	Keime / ml
• Spülschwamm:	7.200.000.000	Keime / ml



Quelle: Janse A., Gerba CP., The Germ Freak's Guide to Outwitting Colds and Flu, Health Communication Inc.

Was ist Schüco SmartActive?

- Schüco SmartActive ist eine Beschichtung auf Fenstergriffen, Profiloberflächen, Türdrückern und Schiebegriffen
- Erzielt wird die antimikrobielle Wirkung durch in die Oberfläche eingebundene hochreine Mikrosilberpartikel
- Das von Schüco eingesetzte Mikrosilber ist garantiert nanofrei und kann die menschliche Haut daher nicht durchdringen
- Keime, die mit der Oberfläche in Kontakt kommen, sterben ab – dabei wird auch ihre weitere Vermehrung wirkungsvoll verhindert





SCHÜCO

SCHÜCO
SmartActive

Schüco
SmartActive
Antibakterieller Langzeitschutz
mit Mikrobel, nanobel

Was macht **Schüco SmartActive** so besonders?

1

Nanofreies Mikrosilber:

Das eingesetzte Mikrosilber ist garantiert nanofrei und kann die menschliche Haut daher nicht durchdringen

2

Echter Langzeitschutz:

Dauerhafter Schutz rund um die Uhr durch langlebige Depotwirkung von Mikrosilber

3

Exklusivität:

Das patentierte Mikrosilber steht Schüco für das Einsatzgebiet Gebäudehülle exklusiv zur Verfügung

→ **SmartActive ist zur Zeit einzigartig am Markt**

Schüco
SmartActive
Antimikrobieller Langzeitschutz
mit Mikrosilber, nanofrei



Schüco
SmartActive
Antimikrobieller Langzeitschutz
mit Mikrosilber, nanofrei

Raumgesundheit auf einen Blick



Dezentrales Lüftungssystem Schüco **VentoTherm Twist** mit integrierter CO₂-Messung für Frischluft bei geschlossenem Fenster



i

Egal, an welches Gebäude Sie gerade denken: Sprechen Sie uns an! Schüco bietet Lösungen für Nachrüstung, Sanierung und Neubau.

Fensterantriebe Schüco **TipTronic SimplySm** und Schüco **DriveTec** für zusätzliche automatisierte Fensterlüftung



i

EIN HYBRIDES LÜFTUNGSKONZEPT BRINGT DEN MAXIMALEN NUTZEN

Für eine konstant hohe Luftqualität in geschlossenen Räumen kombiniert Schüco mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung und natürliche Lüftung in einem hybriden Lüftungskonzept.



Schüco **SmartActive** für antimikrobiellen Langzeitschutz dank Mikrosilber

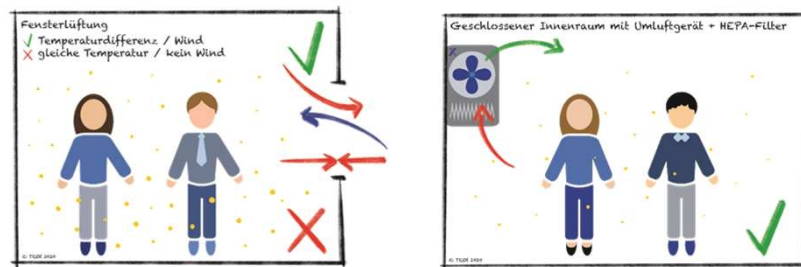
VIELEN DANK



Energetische (de)zentrale Be- und Entlüftungssysteme

Warum eigentlich Lüftung?

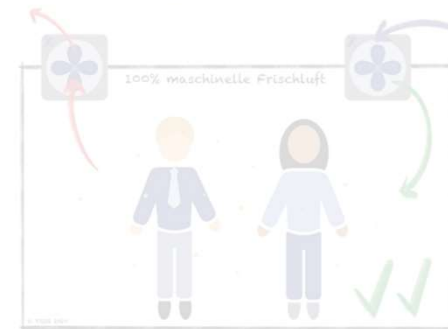
Kombination Fensterlüftung und Luftreiniger



Schnelle kurzfristig verfügbare Lösung zur Sicherstellung des lüftungstechnischen Infektionsschutzes!

➤ Lösung zweiter Wahl!

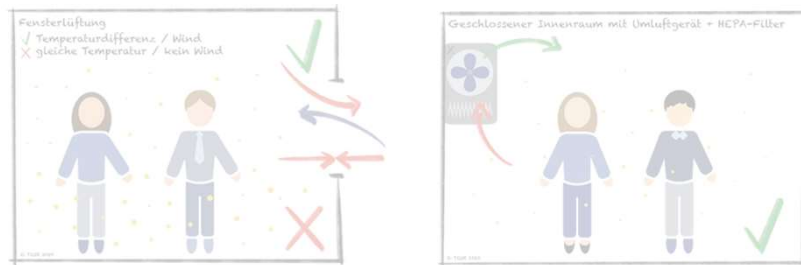
Maschinelle Lüftung



Bessere aber aufwändigere Lösung zur Sicherstellung des lüftungstechnischen Infektionsschutzes aber noch sehr viel mehr!

➤ Lösung erster Wahl! Deutlich nachhaltiger!

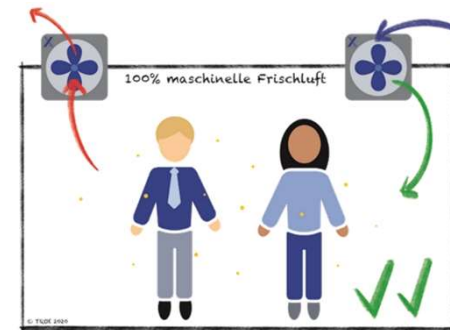
Kombination Fensterlüftung und Luftreiniger



Schnelle kurzfristig verfügbare Lösung zur Sicherstellung des lüftungstechnischen Infektionsschutzes!

➤ Lösung zweiter Wahl!

Maschinelle Lüftung



Bessere aber aufwändigere Lösung zur Sicherstellung des lüftungstechnischen Infektionsschutzes aber noch sehr viel mehr!

➤ Lösung erster Wahl! Deutlich nachhaltiger!

... mehr als Infektionsschutz!

- mehr Wohlbefinden
- höhere Konzentrationsfähigkeit
- höhere Produktivität
- gefilterte Frischluft
- leise und behaglich
- garantierte ganzjährige Lüftungseffektivität
- nachhaltig durch Wärme- und Feuchterückgewinnung

Und noch viel mehr...



„Nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und bestätigt durch zahlreiche Messungen und Simulationsberechnungen **IST DIE ALLEINIGE FENSTERLÜFTUNG NICHT IN DER LAGE**, diese Anforderungen ganzjährig unter Gewährleistung einer angemessenen Temperatur und ohne Zuglufterscheinungen zu erfüllen. ...

... Zur Gewährleistung des **GESUNDHEITSSCHUTZES** ist es aus Sicht des Arbeitskreises daher **notwendig**, neben optimal gestalteten Fenstern, eine zusätzliche **bedarfsgeregelte technische Lüftung** einzuplanen. ...

... Sowohl die Sicherstellung der **KOGNITIVEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT** und des **WOHLBEFINDENS** der Nutzer als auch insbesondere die Gewährleistung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit **DÜRFEN AUS KOSTENGRÜNDEN NICHT GEFÄHRDET WERDEN**. Die Empfehlungen enthalten daher keine Kostenrechnung anhand **INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN** einerseits und **ENERGIEEINSPARUNGEN** andererseits. Sie berücksichtigt jedoch Aspekte wie Kosten und Nachhaltigkeit durch Beschränkung der technischen Lüftung auf das notwendige Maß durch passgenaue Dimensionierung und die Einbeziehung der unterstützenden manuellen Fensterlüftung in die Konzeption.“

Auszug aus FGK-Statusreport 52 & VDMA-Papier

Vorgehensweise nach anderen Verfahren

Detailliertere und ausführlichere Auslegungen nach wissenschaftlichen Grundlagen und anderen gängigen Normen und Richtlinien wie beispielsweise nach VDI 6040 [...] erfüllen ebenfalls **immer dann +L**, wenn die **Geräte und Anlagen so dimensioniert sind**, dass mit ihrem Betrieb und nach den jeweiligen Richtlinien eine **CO₂-Konzentration von 1.000 ppm zu keiner Zeit überschritten wird**.



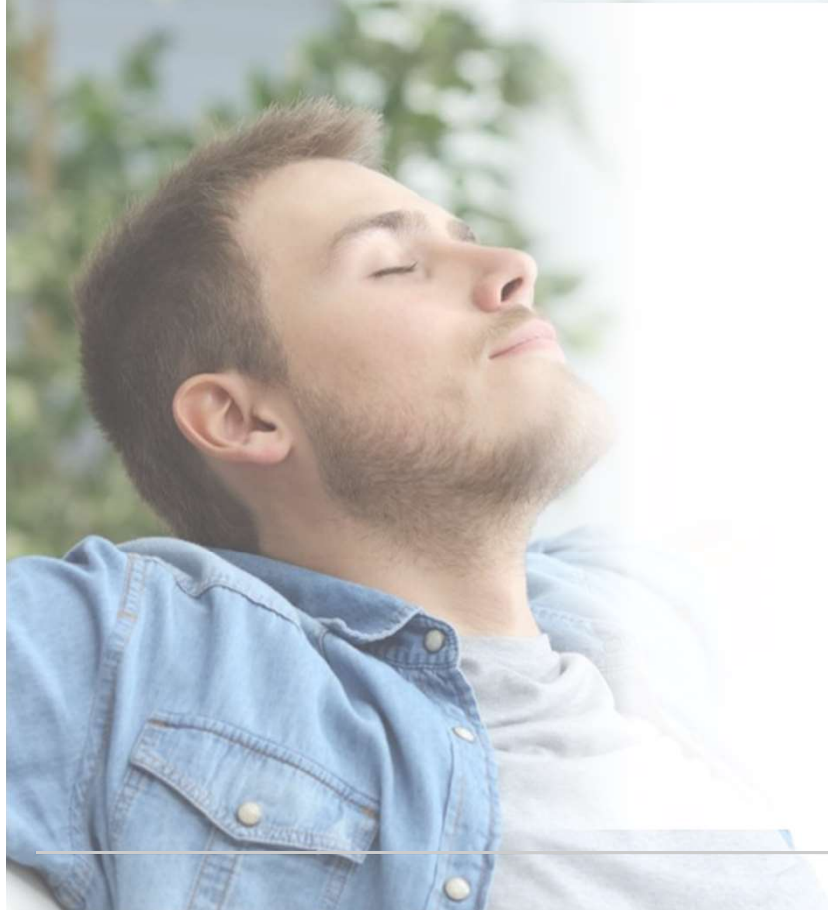
Fachverband
Gebäude-Klima e.V.

Status Report | 52

Anforderungen an Lüftung und Luftreinigung zur
Reduktion des Infektionsrisikos über den Luftweg
AHA + Lüftung

Thermische Behaglichkeit – WELL BEING oder einfach nur - WOHLFÜHLEN

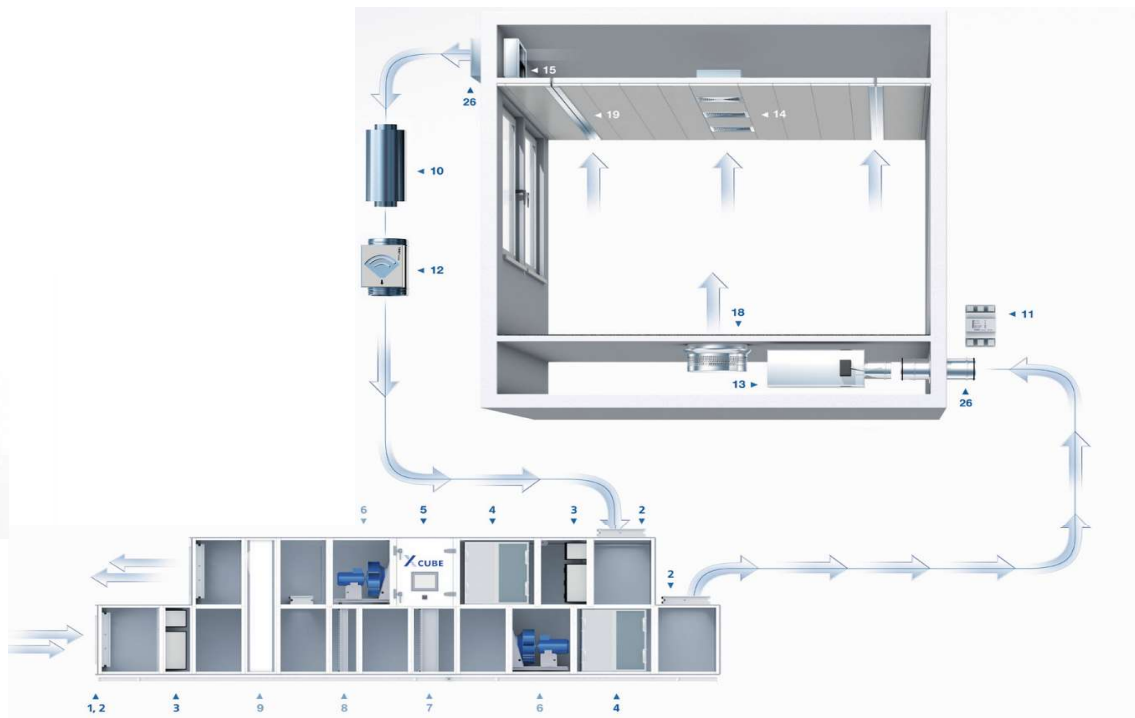
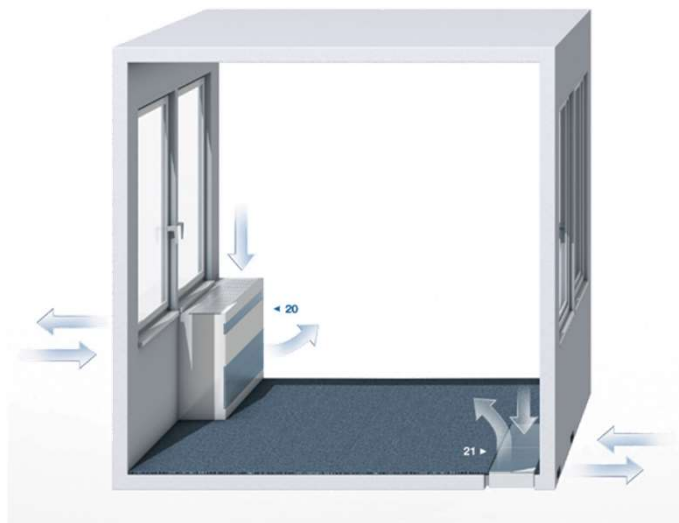
TROX® TECHNIK
The art of handling air





Lösungen - Zentrale & Dezentrale Lüftung

TROX® TECHNIK
The art of handling air





Thermische Behaglichkeit – Definition nach Normen und Richtlinien

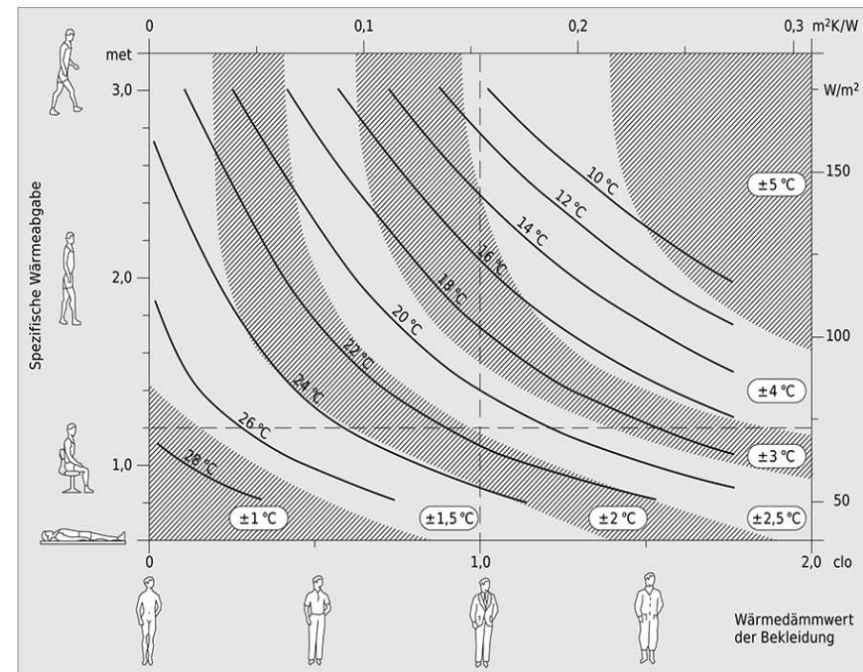
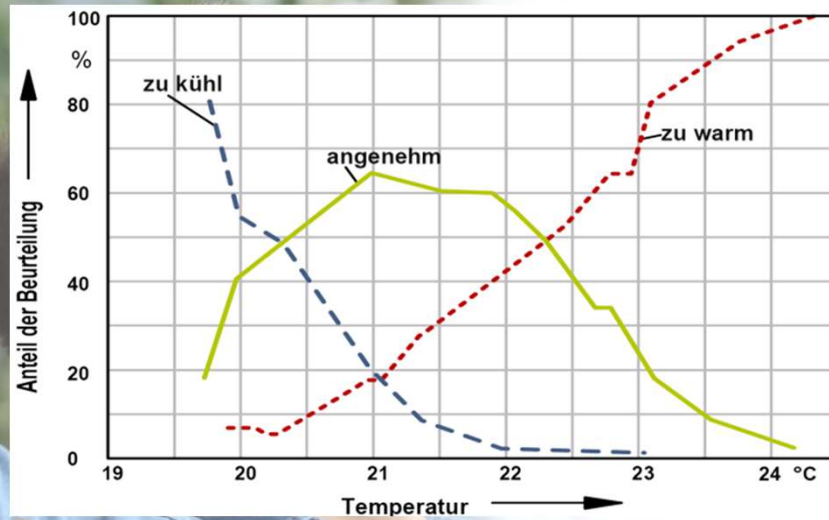
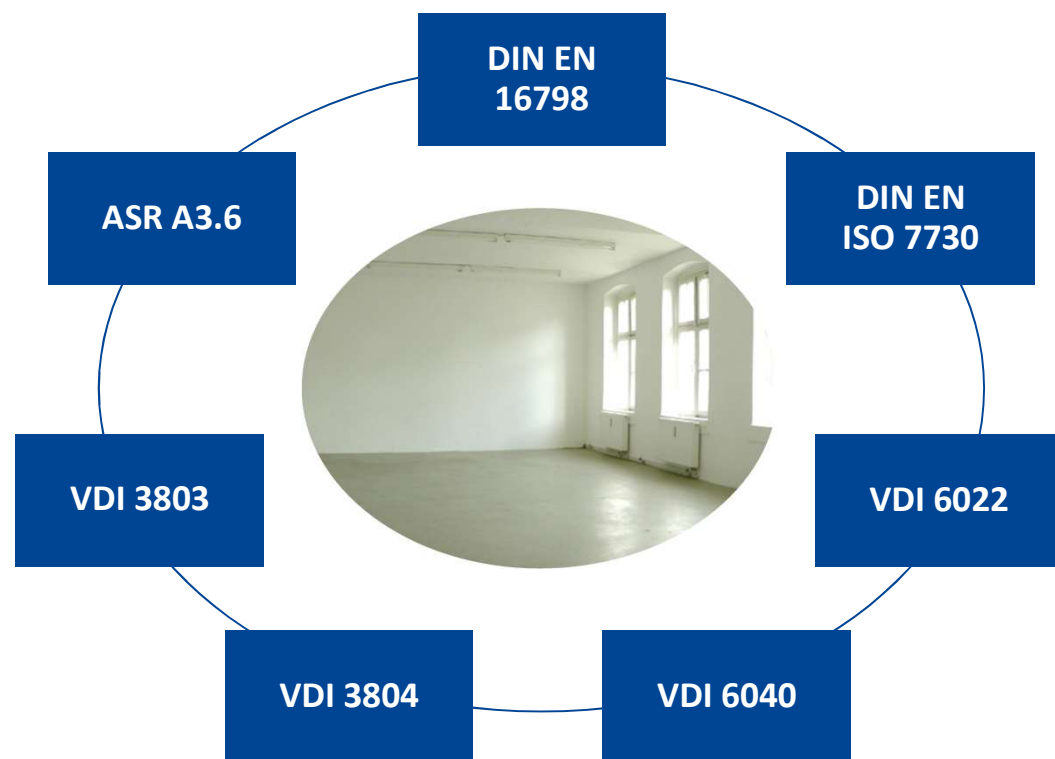


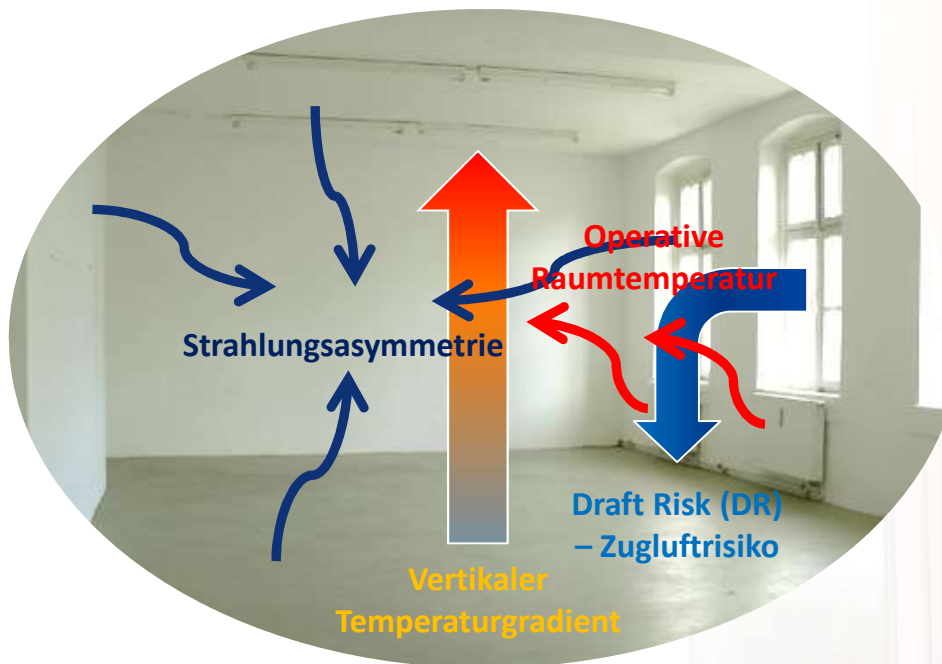
Bild 1.15 Optimale Raumtemperatur in Abhängigkeit von Tätigkeit und Bekleidung nach [EN ISO 7730] ①, die ausgezogenen Kurven gelten für PMV = 0 bzw. PPD = 5 %, die angegebenen Toleranzbereiche für PMV = ±0,5 bzw. PPD < 10 % (Kategorie B)

<http://hle.vdf-online.ch/post/12-Behaglichkeit>

Diese Richtlinien müssen Sie also kennen



Well being



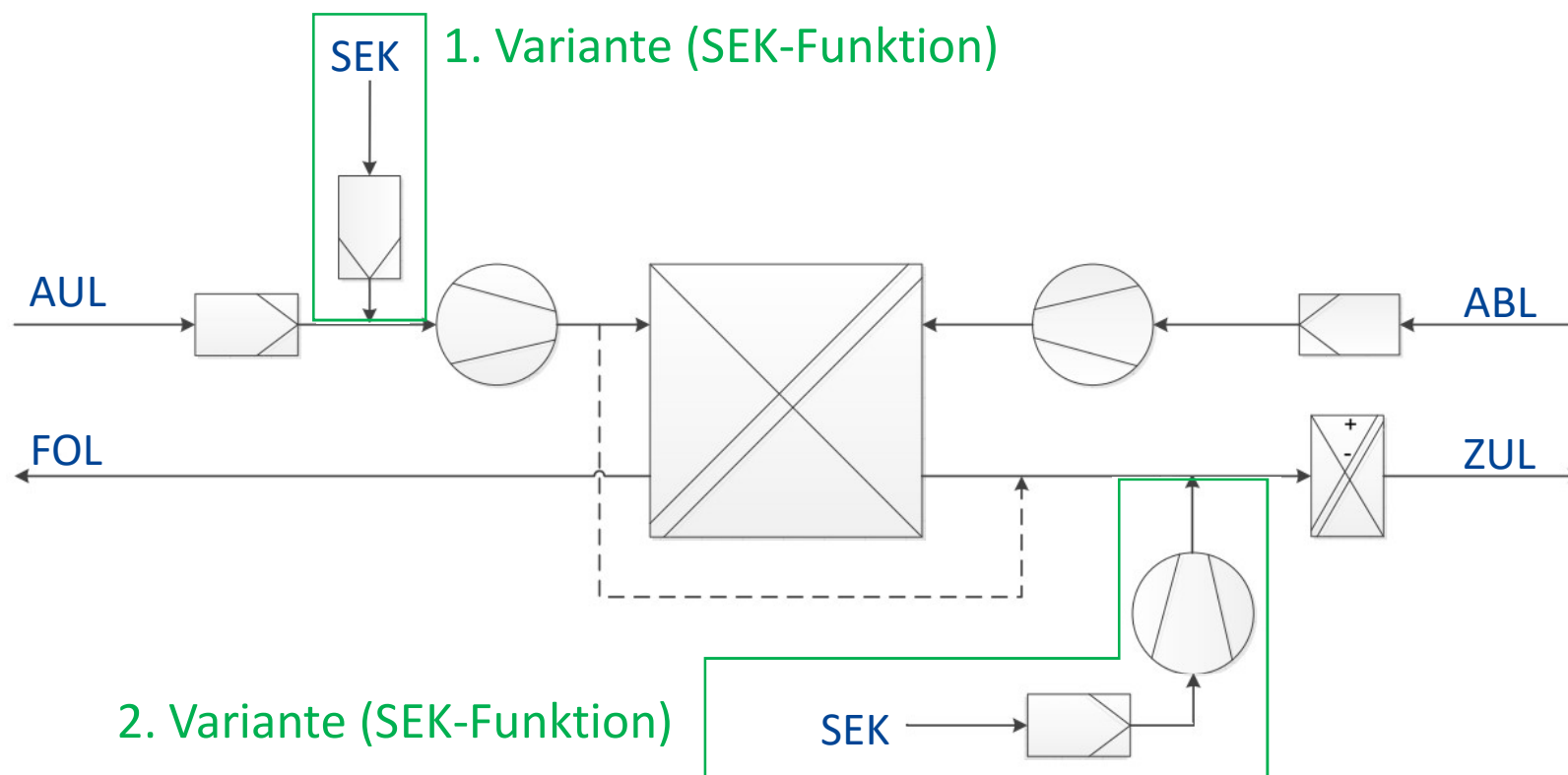
VDI-RICHTLINIEN		September 2017
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Raumlufttechnik Bauliche und technische Anforderungen Dezentrale RLT-Geräte (VDI-Lüftungsregeln) Ventilation and air-conditioning Structural and technical principles Decentralized ventilation units (VDI Ventilation Code of Practice)	VDI 3803 Blatt 2 / Part 2 Entwurf / Draft Ausg. deutsch/englisch Issue German/English
The German version of this standard is authoritative. The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation. Entwurf bis 2018-03-28 • verteidigt über das VDI-Richtlinien-Entwurfssystem http://www.vdi-entwurfssystem.de • in Planung an: VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf		
Inhalt	Seite	Contents Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note
Einführung	2	Introduction
1 Anwendungsbereich	2	1 Scope
2 Normative Verweise	3	2 Normative references
3 Begriffe	4	3 Terms and definitions
4 Formelzeichen und Abkürzungen	5	4 Symbols and abbreviations
5 Systemübersicht	6	5 System overview
6 Anforderungen, Einsatzmöglichkeiten und Grenzen	7	6 Requirements, operation options and limits
7 Planungsgrundlagen	9	7 Planning principles
7.1 Fassade	9	7.1 Façade
7.2 Raum	12	7.2 Room
7.3 Giebel	14	7.3 Gable
8 Betrieb und Instandhaltung	18	8 Operation and maintenance
8.1 Inbetriebnahme und Abnahme	19	8.1 Putting into service and acceptance
8.2 Bedienen	19	8.2 Operation
8.3 Instandhaltung	21	8.3 Maintenance
Anhang A Windwirkungen	24	Annex A Wind effects
Anhang B Beispiel einer windbeeinflussten horizontalen Druckverteilung	26	Annex B Example of a wind-influenced horizontal pressure distribution
Anhang C Hinweise zu dezentralen Lüftungssystemen	32	Annex C Guidance on decentralized ventilation systems
Schrifttum	34	Bibliography
VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (DBG) Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung VDI-Handbuch Raumlufttechnik		

Bei der aktuellen Erarbeitung der VDI 3803 Blatt 2 wurden im Vergleich zur Vorgabe insbesondere neue technische Regeln (zum Beispiel DIN EN 16798, DIN EN ISO 16890) sowie Anforderungen aus den Ökodesign-Verordnungen 1253/2014 und 1254/2014 an Lüftungsgeräte berücksichtigt.

Auszüge und Abhandlungen

- 7.1.2 Außen- und Fortluftöffnungen
- 7.1.6 Brandschutzfassade
- 7.2.1 thermische Behaglichkeit
- 7.2.2 Brandschutz im Raum
- 7.2.3 Schallschutz im Raum

Aufbau und Vorteile dezentrale Lüftungsgeräte



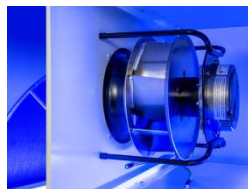
WRG:

- Plattenwärmetauscher (Kreuzstrom, Gegenstrom, mit/ohne Enthalpie)
- Rotoren



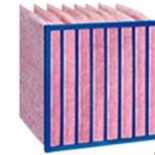
VENTILATOREN:

- Gehäuseventilatoren
- freilaufende Räder



FILTER:

- Filterplatten
- Filtermatten
- Taschenfilter
- Z-LINE-Filter

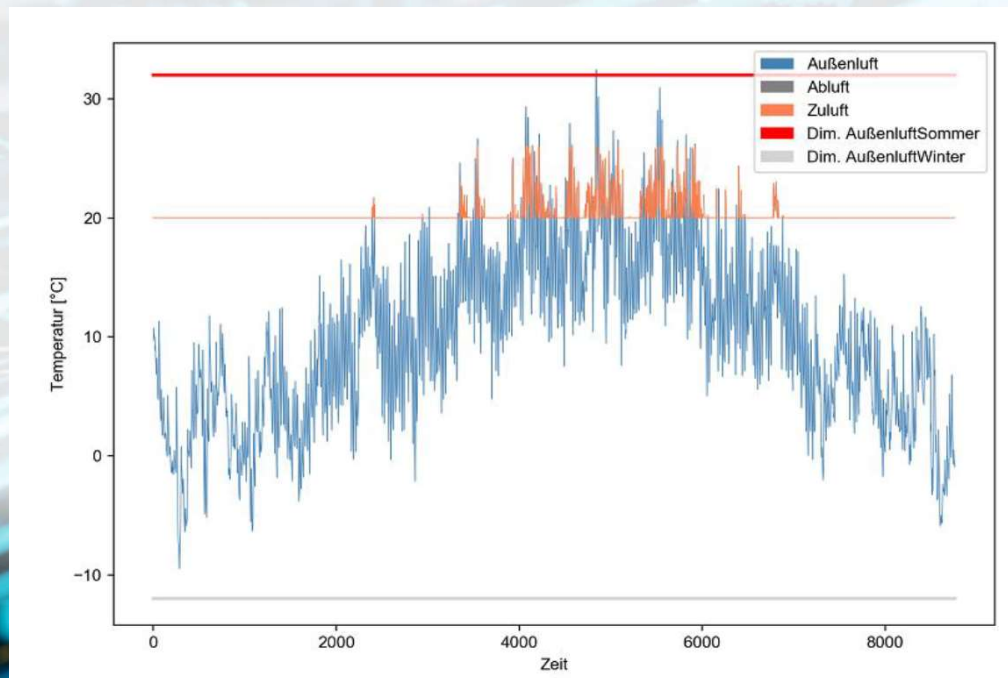


WÄRMETAUSCHER:

- ein Register zum Heizen und Kühlen
- 4-Leiter oder 2-Leiter mit „Changeover“
- Elektroheizregister



LCC-Berechnungen im Stundenschrittverfahren



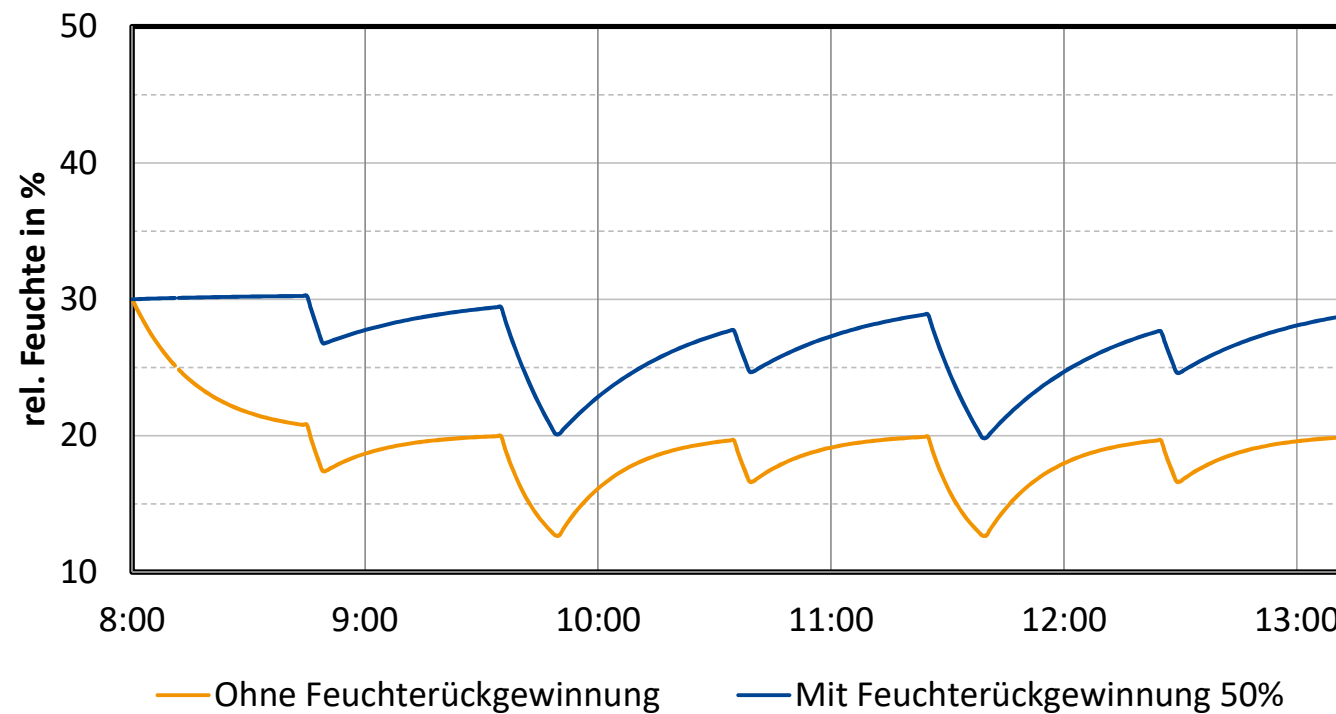
Für typische Schulklassen (800 m³/h) und eine trockene Rückwärmzahl von 75% ergeben sich in Deutschland

ca. 8000 kWh / ca. 500 €

Einsparung von thermischer Energie im Vergleich zu Fensterlüftung durch die Wärmerückgewinnung.

Was bringt die Feuchterückgewinnung?

Feuchteverläufe mit und ohne Feuchterückgewinnung



Wintertag: -12°C
27 Schüler
800 m³/h im Unterricht,
1200 m³/h in der Pause

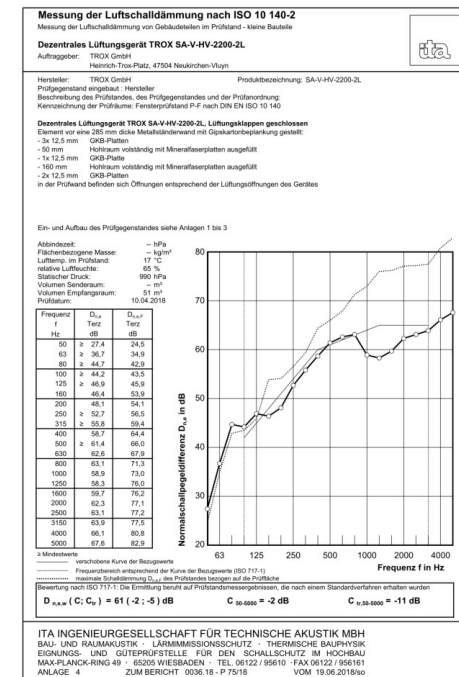
Schallschutz im Raum



Ein geöffnetes Fenster
lässt den Schall durch!



Ein Lüftungsgerät lässt
kaum Schall durch!



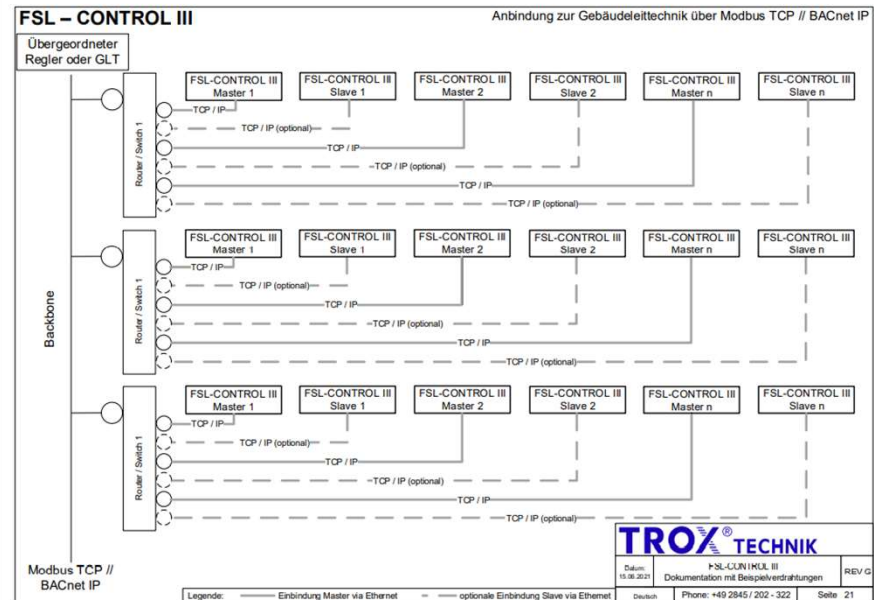
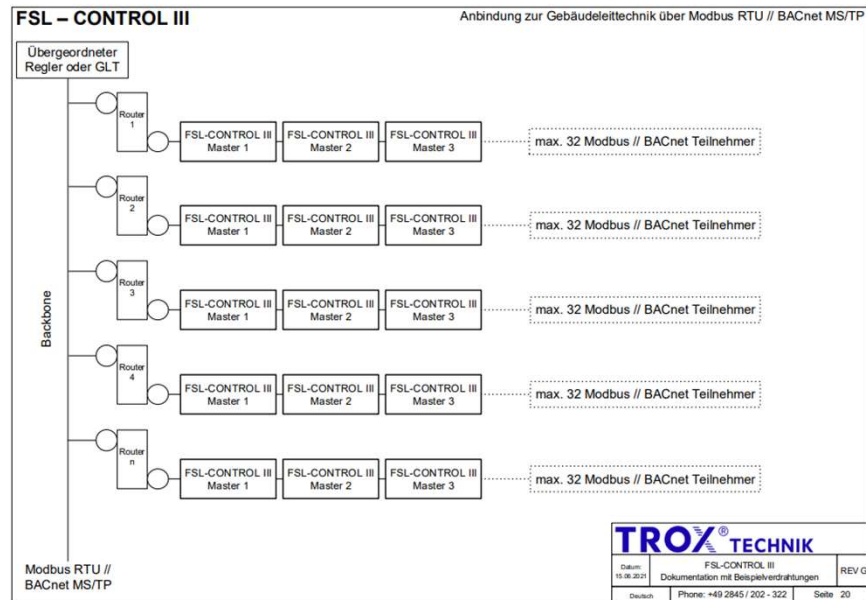


Master



Slave

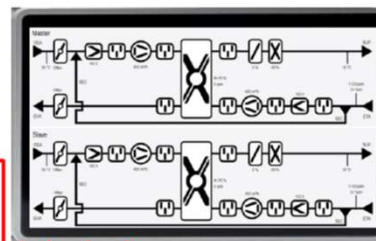






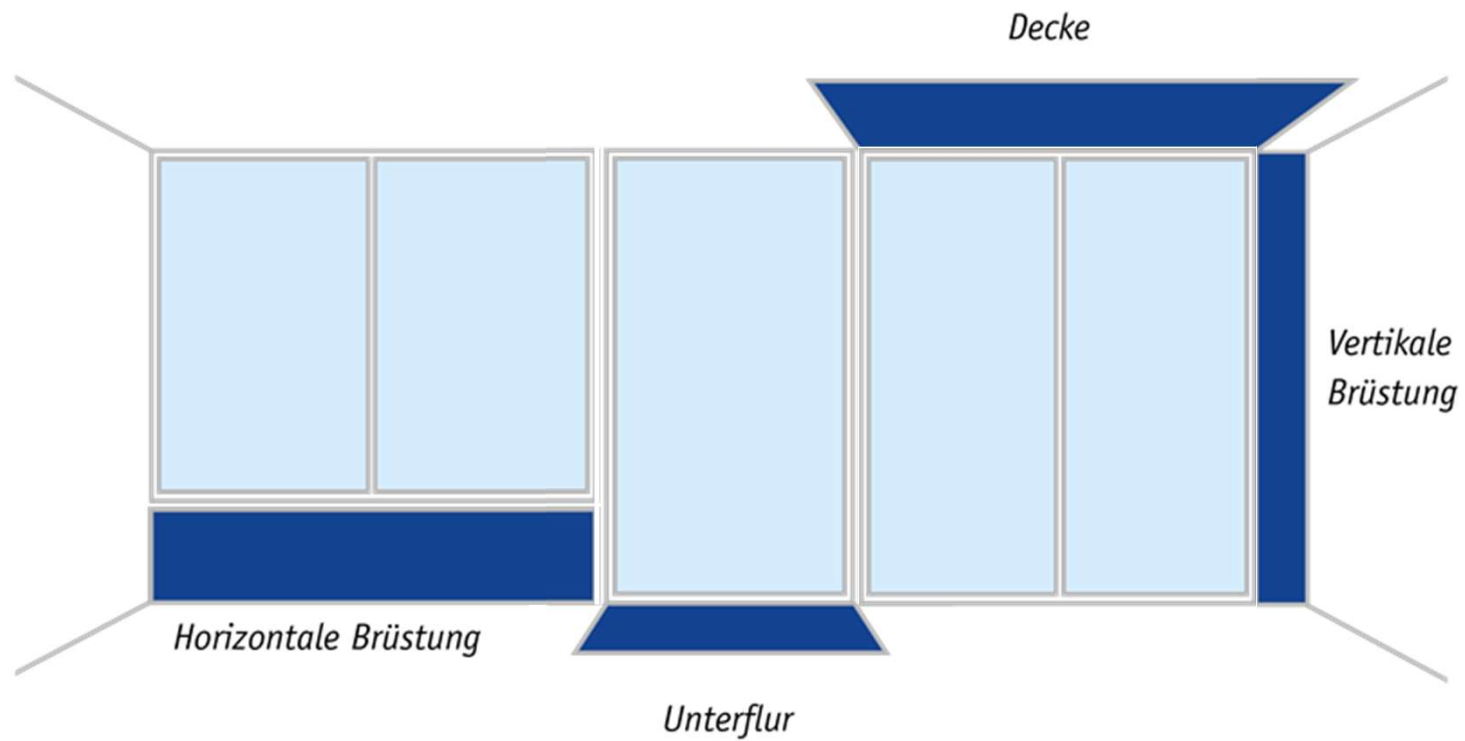
X-Cube compact

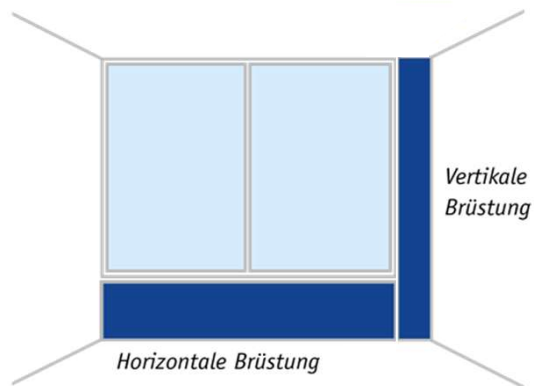
Projekt Walting
X-TAIRMINAL zur Anzeige und Bedienung

[illegible]

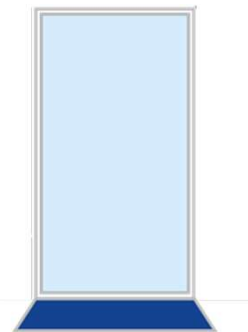
ModBus IP / Serialline Master Slave

Funktion dezentrale Lüftungsgeräte

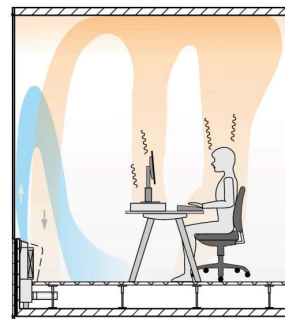




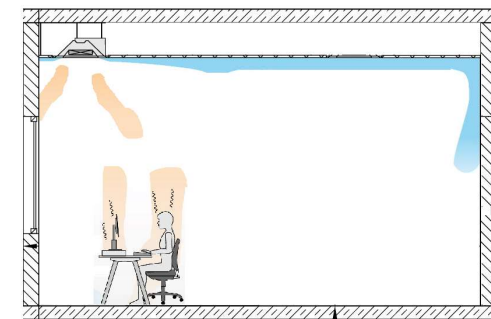
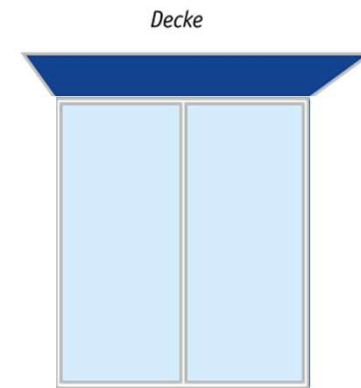
Quellluft



Unterflur

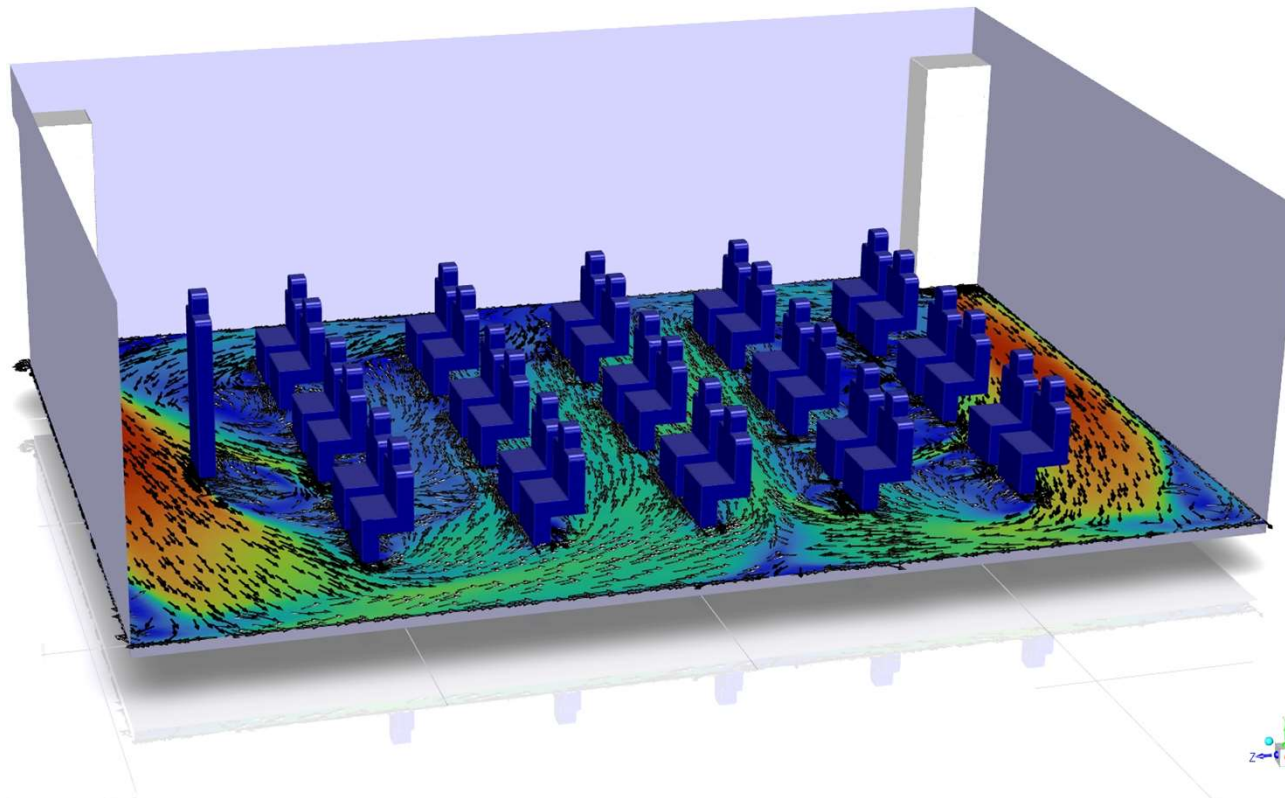


Misch-Quellluft



Mischluft

Was ist bei der Luftführung wichtig?



Optische Analyse



Messtechnische Analyse

Volumenstrom	700 m³/h	class / DR
T Raum	24,0 °C	A< 10
T Zuluft	21,9 °C	B< 20
dT	-2,1 K	C< 30
		C>

Höhe über Fußboden	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m
2,50 m	0,082 m/s 38 % 23,6 °C 5,3 %			
2,10 m	0,071 m/s 52 % 23,4 °C 4,4 %			
1,80 m	0,089 m/s 43 % 23,4 °C 6,5 %	0,087 m/s 60 % 23,6 °C 6,9 %	0,089 m/s 43 % 23,4 °C 6,5 %	0,096 m/s 41 % 23,6 °C 7,0 %
1,10 m	0,087 m/s 39 % 23,4 °C 6,0 %	0,118 m/s 35 % 23,5 °C 9,3 %	0,117 m/s 37 % 23,3 °C 9,5 %	0,137 m/s 31 % 23,6 °C 10,8 %
0,80 m	0,084 m/s 38 % 23,4 °C 5,6 %			
0,50 m	0,075 m/s 27 % 23,4 °C 4,1 %			
0,10 m	< 0,07 m/s	< 0,07 m/s	< 0,07 m/s	0,089 m/s 52 % 23,5 °C 6,8 %
	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m
	Abstand vom Gerät			

Temperatur,
Luftgeschwindigkeit und
Turbulenzgrad werden an
unterschiedlichen Stellen
bestimmt

- Ermittlung der
Behaglichkeitsklassen
- Einsatzempfehlungen
- Optimale Lösung für jeden
Anwendungsfall

Was ist bei der Luftführung wichtig?

Empfehlung zu Luftführung in Schulklassen



Bei Quellluftsystemen mindestens zwei Einbringposition vorsehen



Mischluftsystem wenn es nur eine Einbringposition gibt

Vorsicht vor irreführenden Schallangaben

Schallangabe	Beispiel
Schallleistungspegel	43 dB(A)
Schalldruckpegel bei X dB Raumdämpfung	35 dB(A) bei 8 dB Raumdämpfung
Schalldruckpegel	15 dB(A)
Schalldruckpegel in 1m Entfernung (DIN EN 11203)	27 dB(A) in 1m Entfernung (DIN EN 11203)

Einzigste Angabe die wirklich die Emission beschreibt

gänglich & bewährt im Hinblick auf Anforderungen aus ASR o.Ä. → Rückrechnemöglichkeit zum Schallleistungspegel

Nicht aussagekräftig. Da Raum nicht definiert kann hier alles stehen! Angabe Nutzlos!

In der Regel wird das Freifeld betrachtet. Dann ergeben sich 16 dB Differenz zur Schallleistung.

Alles Angaben bezogen auf die gleiche Schallquelle

Was heißt das für Schalllüftungsgeräte

35 dB(A)

Schalldruckpegel sind in
Klassenräumen einzuhalten
ASR, VDI 2081

Annahme 8 dB
Raumdämpfung

43 dB(A)

Schalleistungspegel darf ein Gerät dann
im Nennbetriebspunkt dann nicht
überschreiten

27 dB(A)

Schalldruckpegel in 1m Entfernung (DIN
EN ISO 11203 (Freifeld)) darf ein Gerät
dann im Nennbetriebspunkt nicht
überschreiten

Was sind die wichtigsten Aspekte bei der Regelung?

Die wichtigsten Regelungsfeatures

- Lokale Bedarfsregelung (Luftqualität, Temperatur, Feuchte usw.)
- 100% Außenluftbetrieb möglich
- durch Nutzer oder GLT einstellbare Raumtemperaturregelung
- Nachtlüftungsoption
- freie Kühlung
- Pausenlüftung / Spül- oder Booststufe
- Aufschaltung auf GLT möglich
- Funktionsüberwachung

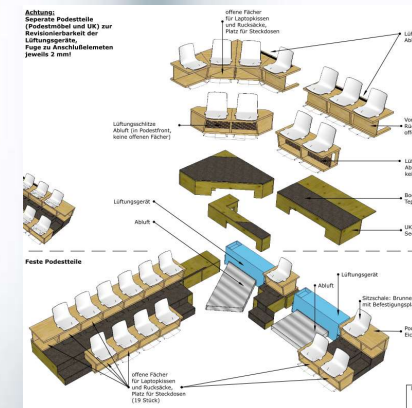
Konzepte dezentrale Lüftungstechnik

Nachhaltigste Lösung sind maschinelle Lüftungssysteme

TROX® TECHNIK
The art of handling air

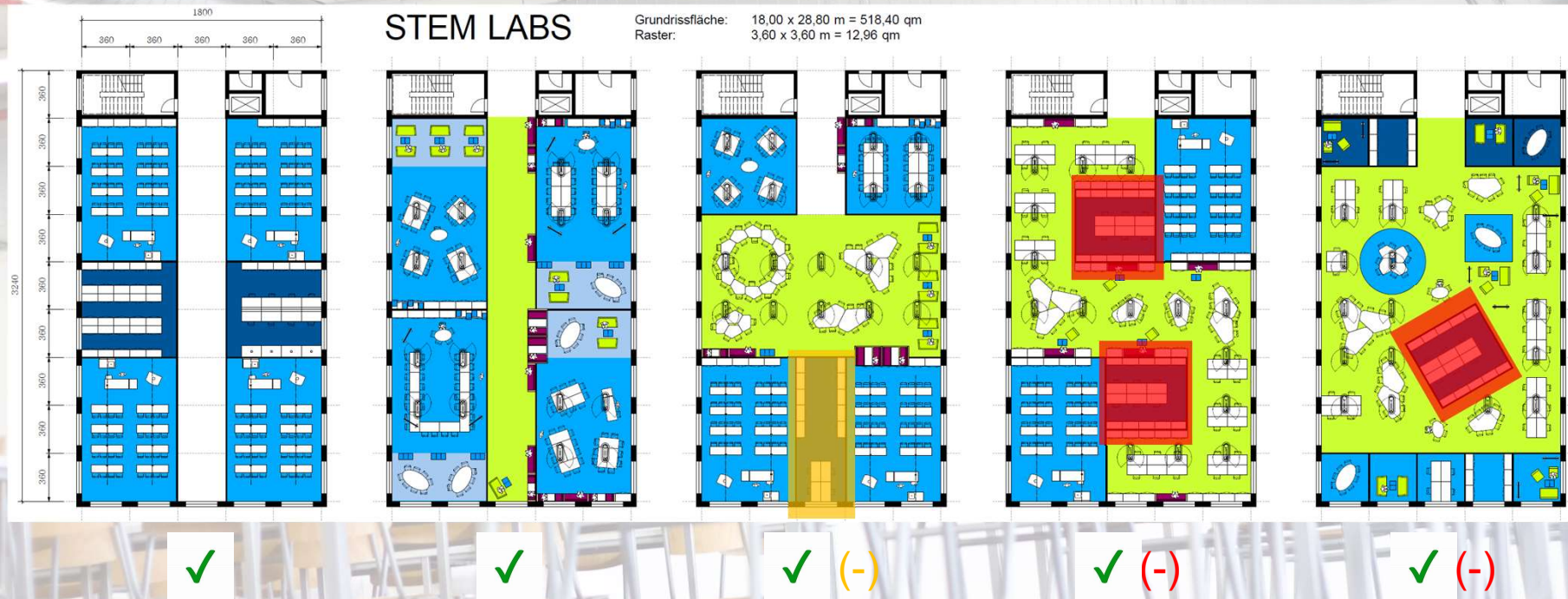


Nachhaltigste Lösung sind maschinelle Lüftungssysteme

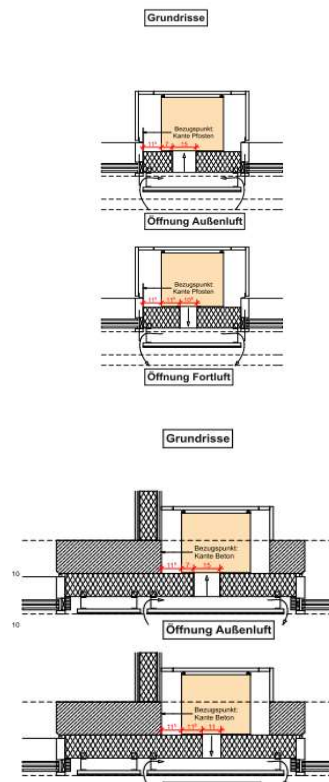
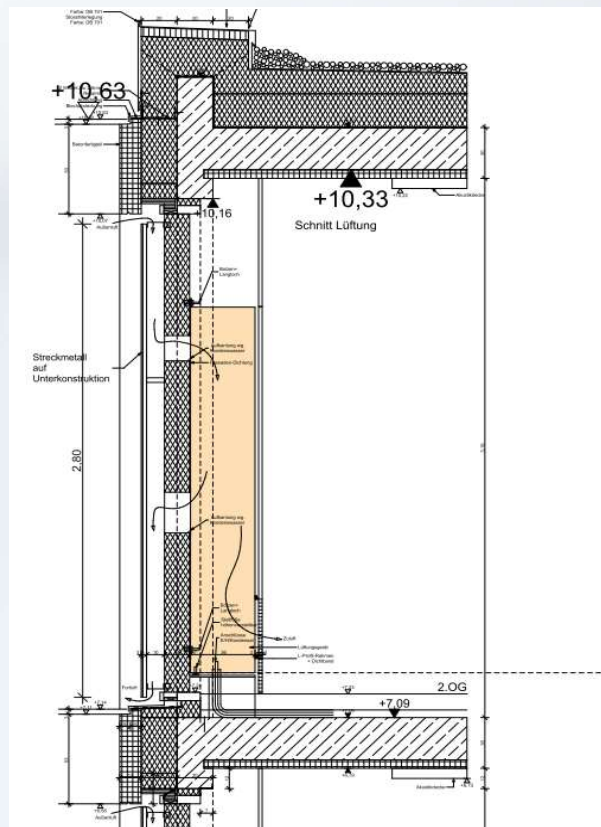


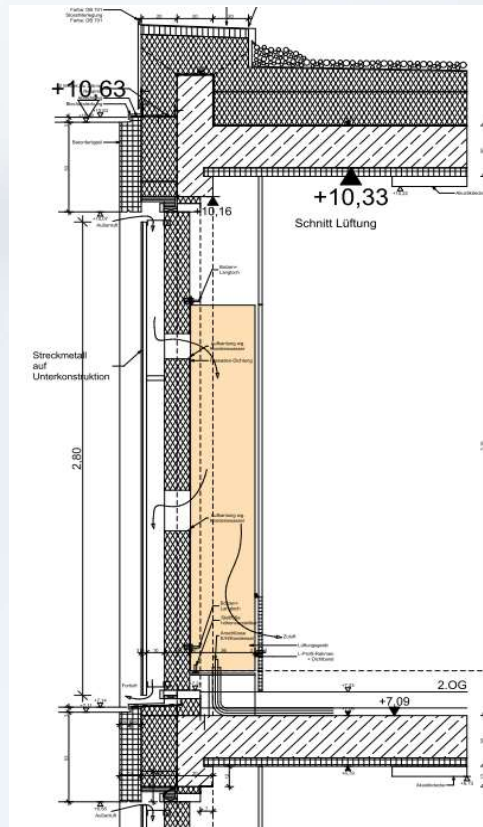
Realisierung mit dezentral möglich?

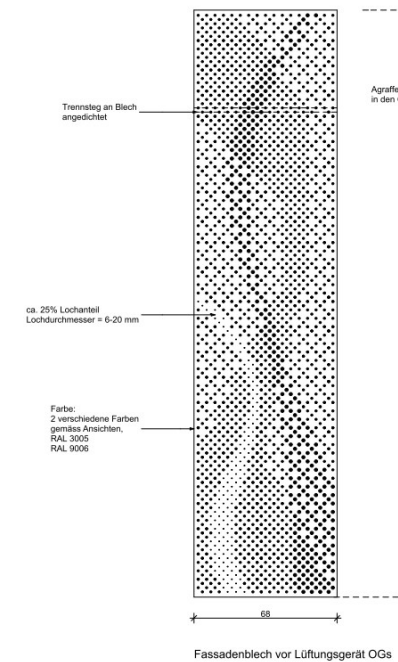
Zonierungskonzepte



Quelle: Hohenloher



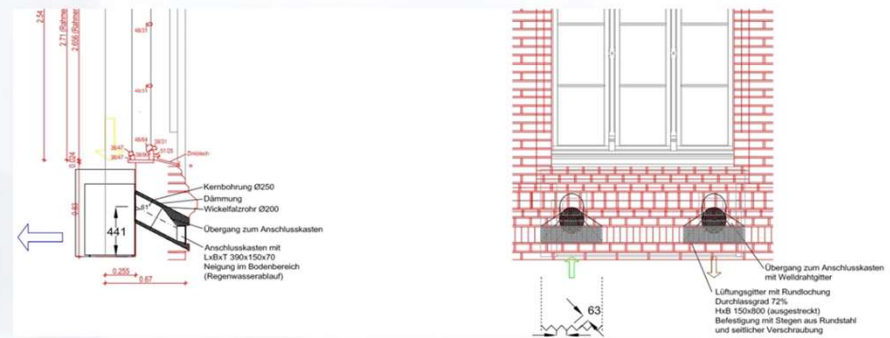


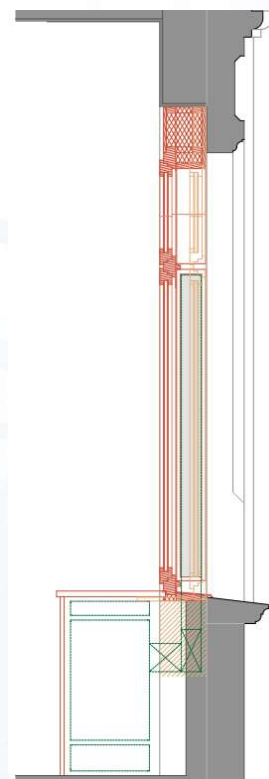
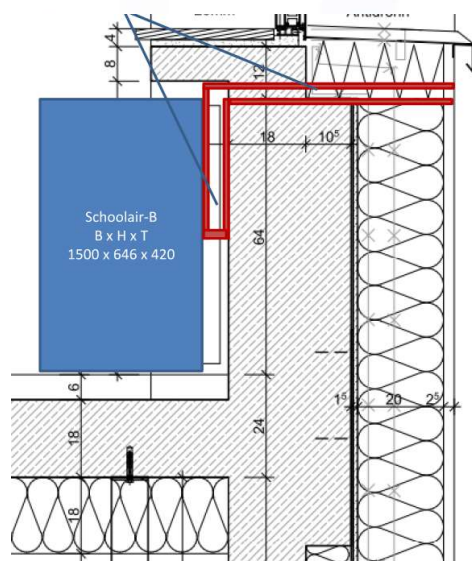


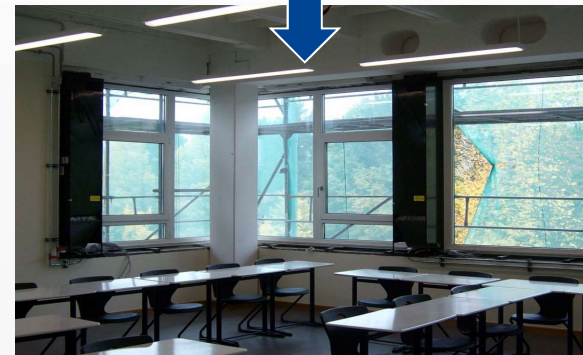
ANSICHT FASSADENBLECH
M 1:20















• BERSCHNEIDER
• BERSCHNEIDER
• ARCHITEKTEN BDA
• INNENARCHITEKTEN



BERSCHNEIDER
+ BERSCHNEIDER
ARCHITEKTEN BDA
+ INNENARCHITEKTEN





Magnetwand



Copyright by Squareone GmbH

Holzlamellen



Copyright by Squareone GmbH

Konzept 3 - Mehrwert



Entscheidungshilfe PRO dezentrale Lüftungsgeräte

Zentral oder dezentral?

Zentral oder dezentral? ALT oder NEU?



Zentral oder dezentral? ALT oder NEU?

	Zentral	dezentral
Zusätzlich benötigte Flächen	Ja	Teil integriert
Brandschutzmaßnahmen	Ja	Nein
Telefonieschallübertragung	In Abhängigkeit der Raumanordnung und Kanalführung	nein
Zusätzlicher umbauter Raum (Schächte usw.)	Ja, zum Teil notwendig	i.d.R. nein
Zusätzlich notwendige Architekturleistungen	zum Teil	Ja (raumseitig)
Planungsaufwand / Gewerkeschnittstellen	Mittel bis hoch	Gering / klar definiert / hohes Vorfertigungsmaß
Wartungsaufwand	In Abhängigkeit der Anlagenausführung	Gering, allerdings mehrfach notwendig
Energiebedarf (inkl. Leckagen Kanalnetz)	Mittel bis hoch	Gering
Luftleistung(en)	In Abhängigkeit der zu erbringenden Leistungen	u.U. mehrere Geräte pro Raum notwendig
Raumdurchspülung	unbegrenzt	Physikalische Grenzen müssen beachtet werden
Bedarfsgeregelter Betrieb	Ja	Ja

dezentral = CO2 freundlich !

	dezentrale Lüftungstechnik	Bewertung in Bezug CO2-freundlich
zusätzlich benötigte Flächen	i.d.R. nein, zum Teil integriert	keine Technikflächen, weniger umbauter Raum oder zusätzlich nutzbare Flächen, weniger Materialeinsatz
zusätzlich umbauter Raum (Schächte, abgehängte Decken usw.)	i.d.R. nein	weniger Materialeinsatz (Rohstoffknappheit ...)
zusätzlich notwendige Architekturleistungen	ja (raumseitig), an Fassade nein oder nur teilweise	minimaler Aufwand für Verkleidung, Fassade ohne Mehraufwand, keine zusätzlichen statischen Anforderungen
Planungsaufwand / Gewerkeschnittstellen	gering / klar definiert / hohes Vorfertigungsmaß	Baufortschritt kann beschleunigt werden; Nutzer kann das Gebäude eher beziehen
Wartungsaufwand	gering, allerdings mehrfach notwendig (stichpunktartig)	hauseigenes, sachkundiges Personal kann die Arbeiten durchführen – keine An- und Abfahrten von externen Firmen
Energiebedarf	sehr gering; kürzeste Luftwege; WRG	keine Leckagen, 230 V, WRG, Energieeinsparung
Luftleistung(en)	abgestimmt auf Raumnutzung und Größe, sowie Personenbelegung mit maximaler Planungsflexibilität	auf Nutzung abgestimmt, keine Überdimensionierung, Energieeinsparung
Raumdurchspülung	gegeben unter Einhaltung physikalischer Grenzen	mit wenig Energieeinsatz max. Luftqualität nur im Betrieb wenn erforderlich, über Raumnutzer beeinflussbar –
bedarfsgeregelter Betrieb	ja (AUL-Betrieb, Nachtlüftung, freie Kühlung, Boost usw.)	Nutzerzufriedenheit, weniger Krankheitsraten



**Lernen in guter
Luftqualität – eine
Selbstverständlichkeit!**

Innovative Verglasungen

OKALUX Glastechnik GmbH



©Sergio Guerra

Innovative Verglasungen

Lösungen für den Schulbau

1. Unternehmen

- Historie
- Profil
- Leitbild

2. Tageslichtnutzung

- Tageslicht
- Energie
- Gesundheit
- Ästhetik

3. Lösungen

- Lamellen
- Kapillare
- Vakuumisolierpanele

4. Referenzen

- Lamellen
- Kapillaren



Historie von OKALUX als Isolierglashersteller

Weg zur Transparenten Wärmedämmung

- Gegründet von Spinnerei Heinrich Otto KG
- Entwicklung einer synthetischen Hohlfaser
- Für textile Gewebe ungeeignet
- Lichtstreuende und wärmedämmende Kapillarplatte

Entwicklung zum Isolierglashersteller

- Verwendung als Zwischenschicht im Isolierglas
- Namensgebung im Mai 1965

Otto KApillar LUX (Licht) → **OKALUX**

- Seit 2020 Tochterunternehmen der Glas Trösch AG



Philosophie

Leitbild

“Wir streben danach die Manufaktur für innovative, funktionale und ästhetische Isolierglaslösungen zu werden, indem wir Tageslichtnutzung, Energieeffizienz und Nutzerkomfort optimal zusammenbringen .”

INNOVATION. FUNKTION. DESIGN.

Innovative Verglasungen

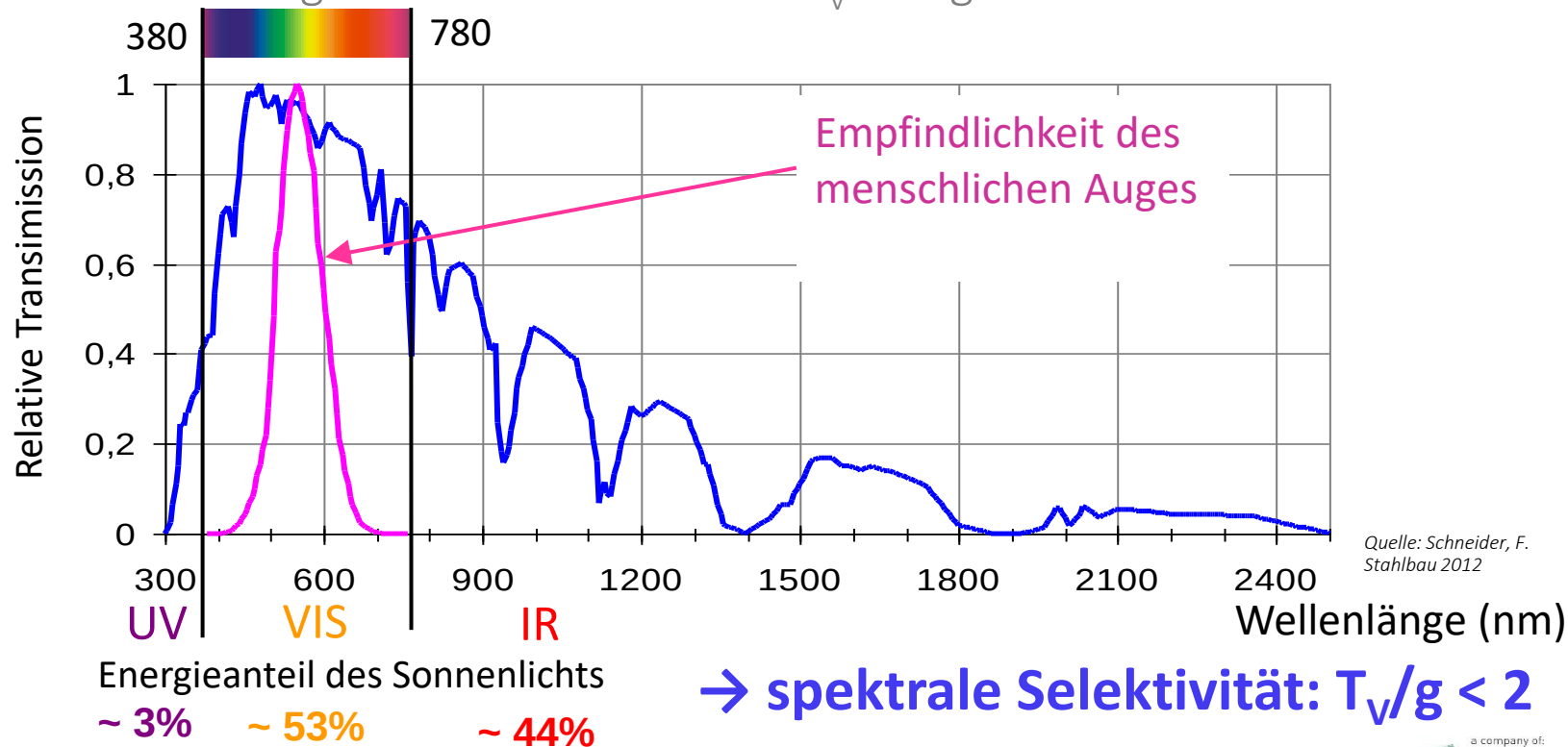


Tageslichtnutzung?!



Tageslicht – Lichttransmission und Augenwahrnehmung

Zusammenhang - visuelle Transmission T_v und g-Wert

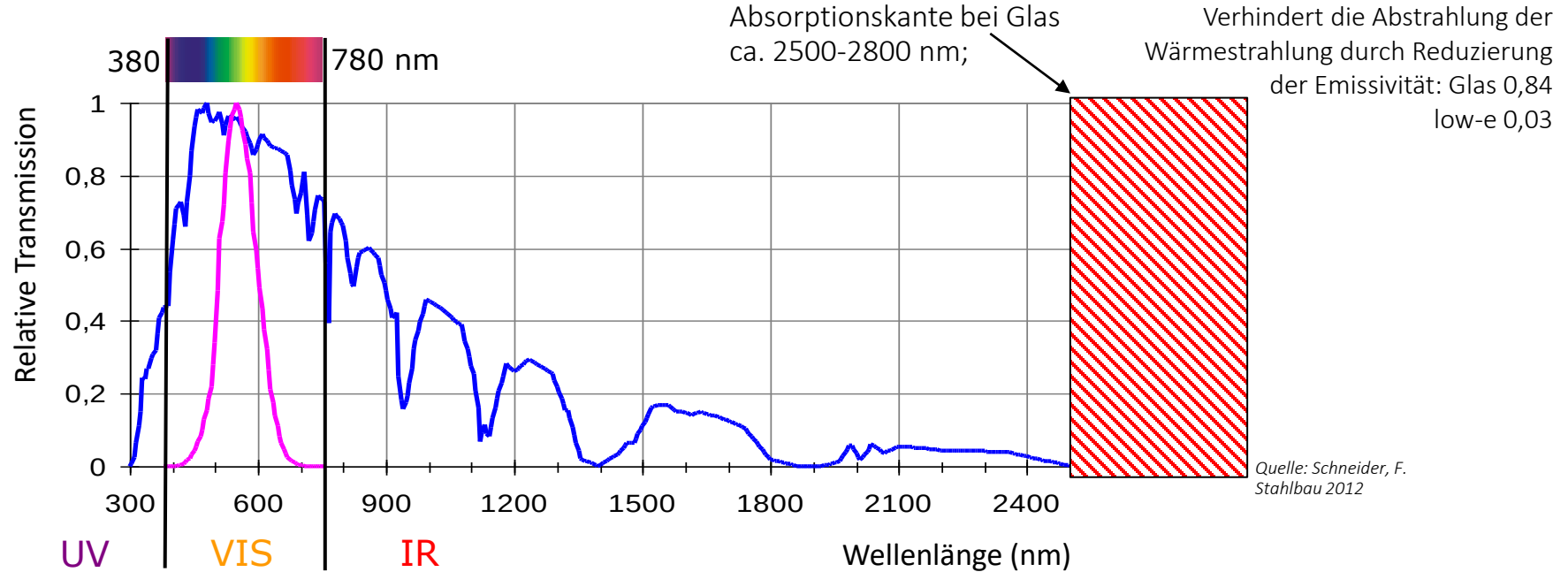


Quelle: Schneider, F.
Stahlbau 2012



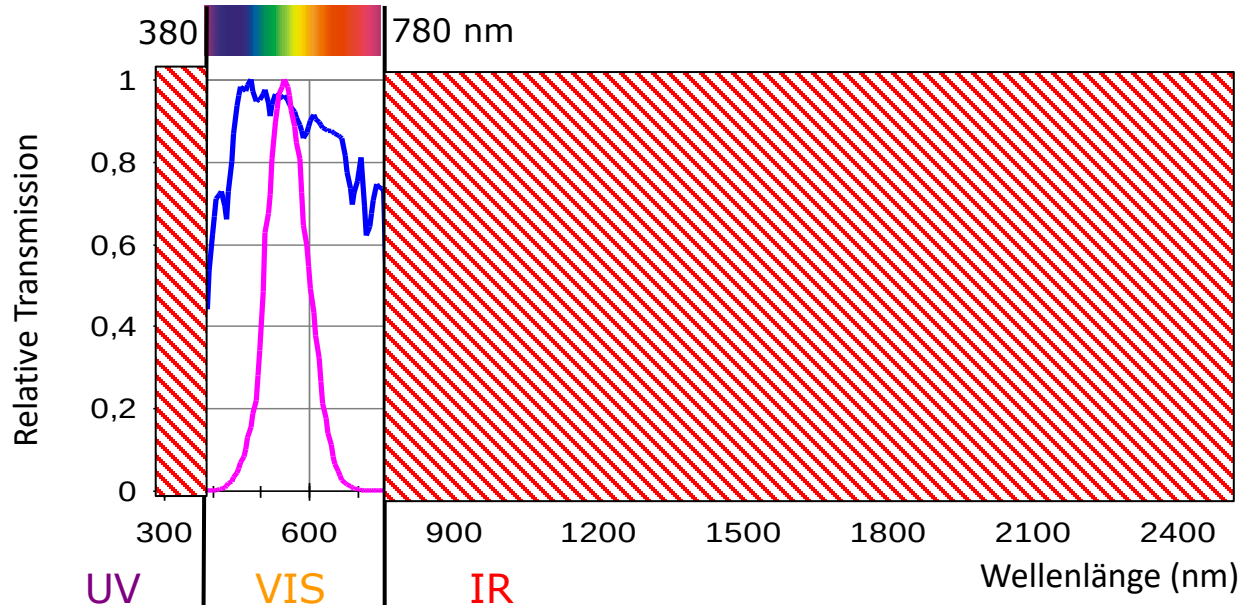
Funktion Wärmeschutzbeschichtung low-e

Reduzierung des Wärmeübergangskoeffizienten (U-Wert)



Funktion kombinierte Sonnen-Wärmeschutzbeschichtung

Reduzierung des Gesamtenergiedurchlassgrades (g-Wert) und des U-Wertes



Quelle: Schneider, F.
Stahlbau 2012

Sonnenschutzbeschichtung:

- Reduzierung des solaren Energieeintrags in den Raum
- Verhinderung der Transmission außerhalb des sichtbaren Bereichs

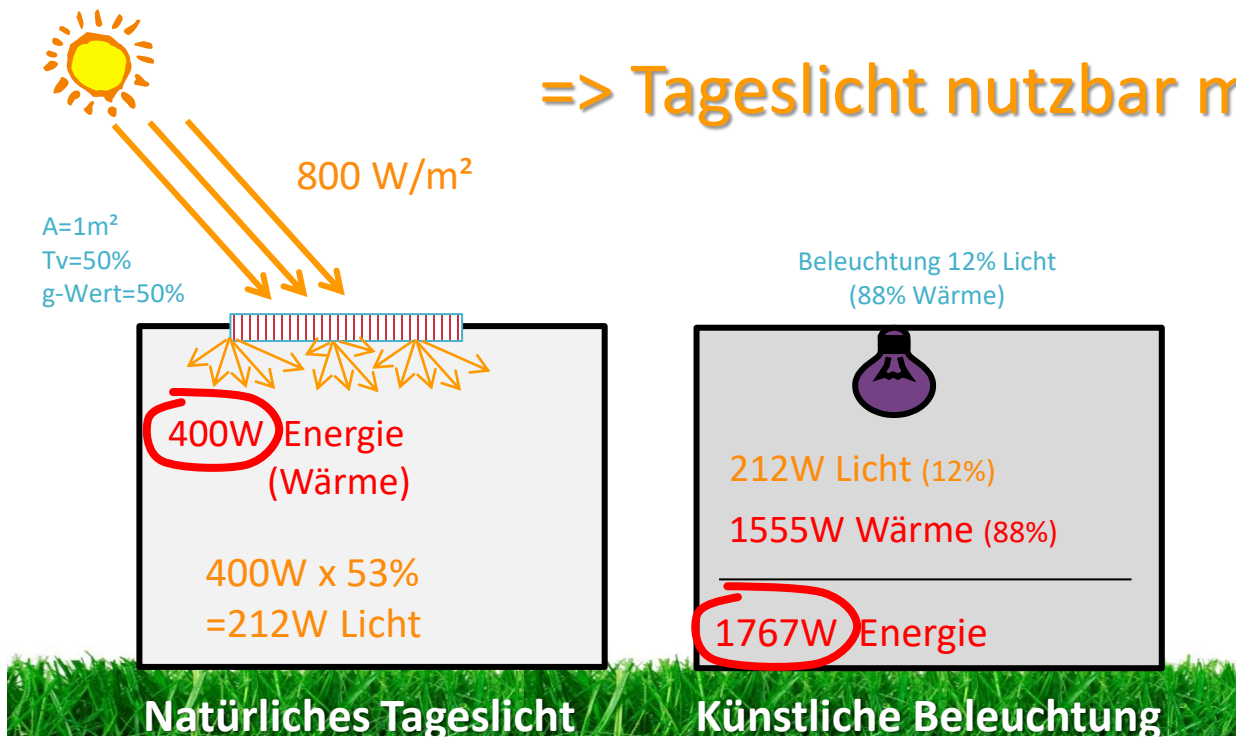
Wärmeschutzbeschichtung:

- Verhindert das Abstrahlen der Wärmestrahlung im Glas
- Reduzierung der Emissivität auf 3% gegenüber 84% von Glas

Tageslicht - Energie

Energetischer Vergleich Tageslicht und Energie

=> Tageslicht nutzbar machen!



Tageslicht – Nutzerkomfort - Gesundheit

Auswirkungen auf den Menschen

- Fördert die Gesundheit
- Beugt Krankheiten vor
- Steigert Konzentrationsfähigkeit
- Steigert Produktivität
- Reduziert (Augen-)Ermüdung
- Steigert Wohlbefinden
- Auswirkungen auf Kaufverhalten
- Stellt die „Innere Uhr“
- Regelt Biorhythmus

=> Tageslicht nutzbar machen!



Daylighting in Schools

*An Investigation into the Relationship Between
Daylighting and Human Performance*

Detailed Report

August 20, 1999

Submitted to:
George Loisos
The Pacific Gas and Electric Company
on behalf of the
California Board for Energy Efficiency Third Party Program

Submitted by:

Legal Notice

This report was prepared by Pacific Gas and Electric Company and funded by California utility customers under the auspices of the California Public Utilities Commission.

Neither PG&E nor any of its employees and agents:

(1) makes any written or oral warranty, expressed or implied, regarding this report, including but not limited to those concerning merchantability or fitness for a particular purpose.

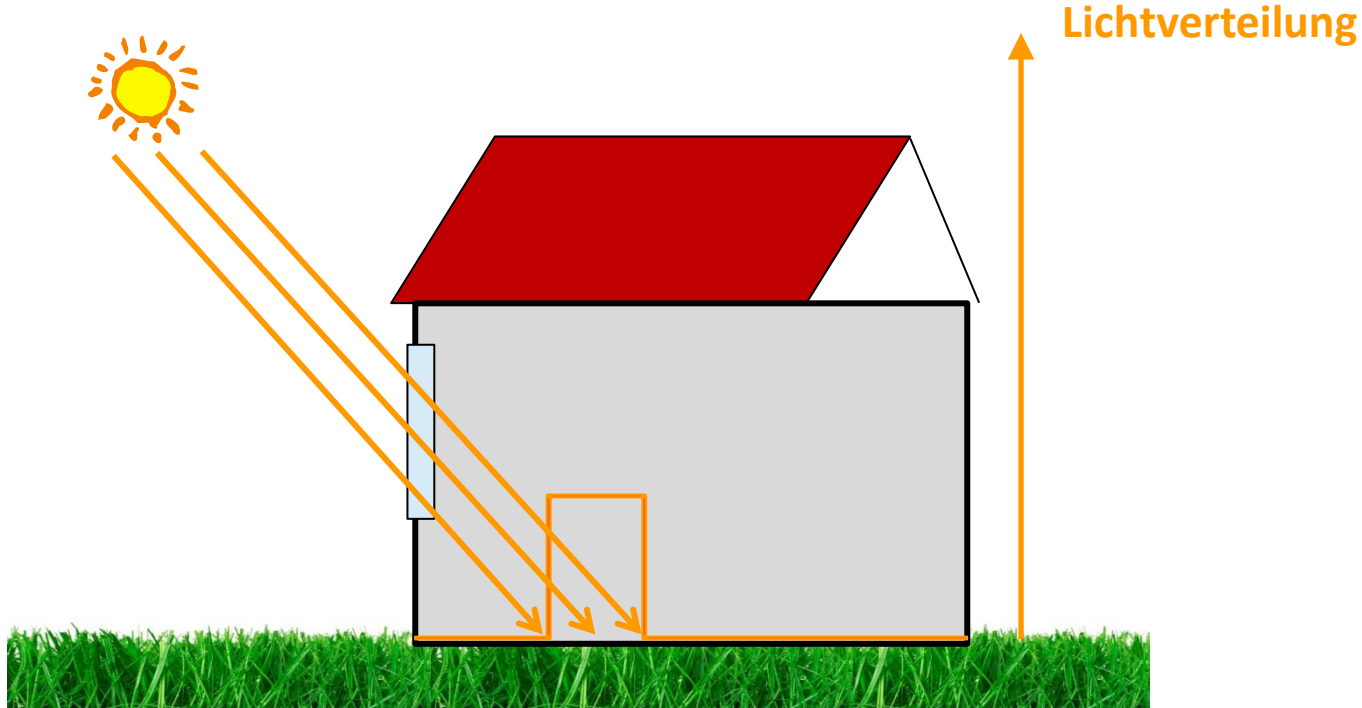
© 1999 by Pacific Gas and Electric Company. All rights reserved.

Ergebnis:

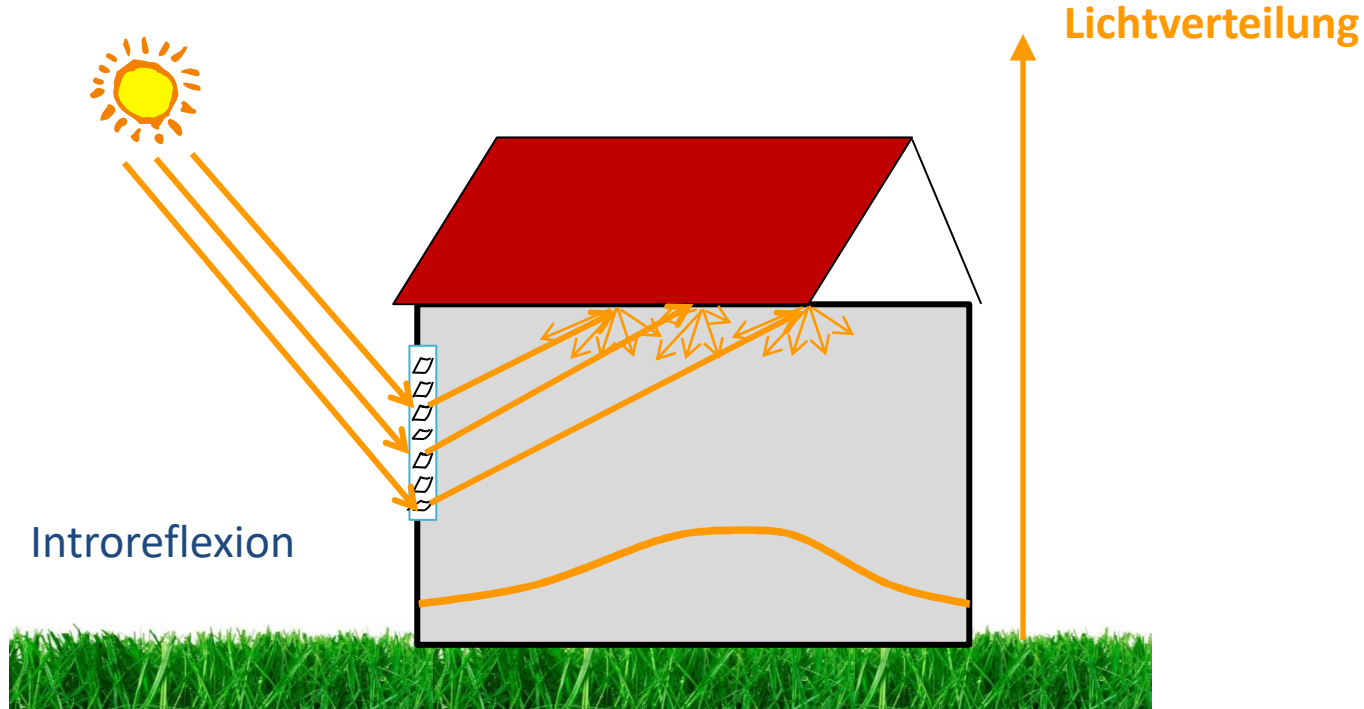
*„Statistisch signifikanter Zusammenhang
zwischen dem Vorhandensein von Tageslicht
und besseren schulischen Testergebnissen“*



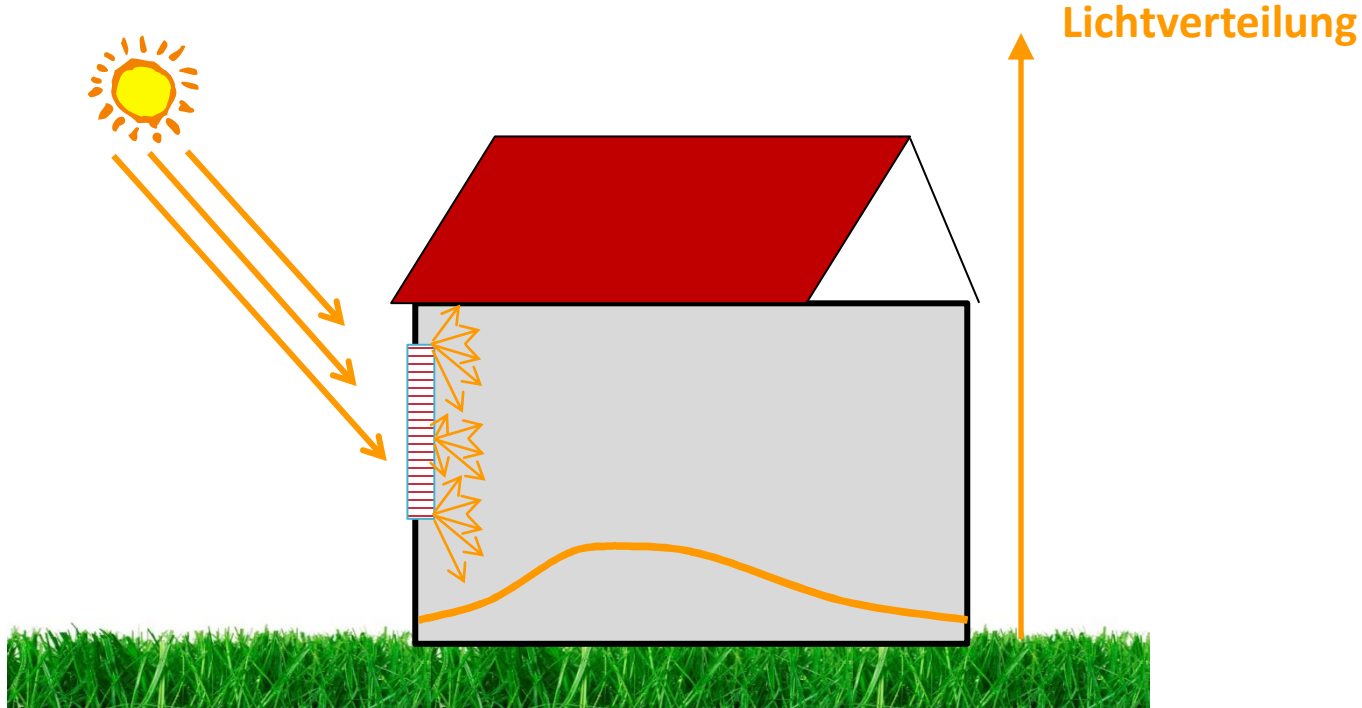
Tageslicht nutzbar machen: Klarglas



Tageslicht nutzbar machen: Lichtumlenkung nach innen



Tageslicht nutzbar machen: Lichtstreuung



Attribute an die Verglasung

Leitbild

- *Lichtlenkung*
- *Lichtstreuung*
- *Energie*
- *Lichtspiel - Ästhetik*

INNOVATION. FUNKTION. DESIGN.

Innovative Verglasungen



Nutzung des Scheibenzwischenraums zur Erweiterung der Funktion in Kombination mit Sonnen- und Wärmeschutz

PRODUKTPARTE 1 LAMELLEN

Winkelabhängiges Tageslicht
und Energietransmission.

Effektive Tageslichtnutzung
und Sonnenschutz.

PRODUKTPARTE 2 KAPILLARE

Hervorragende Lichtstreuung.

Variable Licht- und
Energiedurchlässigkeit.

Perfekter
Farbwiedergabeindex.

PRODUKTPARTE 3 DESIGN

Funktionalität und Design.

Individuelle
Gestaltungsmöglichkeiten.

Schutz sensibler Materialien.

PRODUKTPARTE 4 SONSTIGE

Individuelle projektspezifische
technische Entwicklungen und
Lösungen.

Lösungen - Schulbau



Schulbau – Lichtlenkung und Lichtstreuung

Einsatzmöglichkeiten der Lamellen und Kapillaren

- *Klassenräume insbesondere in Oberlichtern*
- *Bibliotheken*
- *Sporthallen*
- *Aulen*
- *Treppenhäuser*
- *Atrien*

INNOVATION. FUNKTION. DESIGN.

Innovative Verglasungen



Lichtlenkung Lamellen

Produkt Portfolio

Produktlinie - Lamellen



OKASOLAR 3D

DACH



OKASOLAR S

DACH



OKASOLAR P

FASSADE/INTERIOR



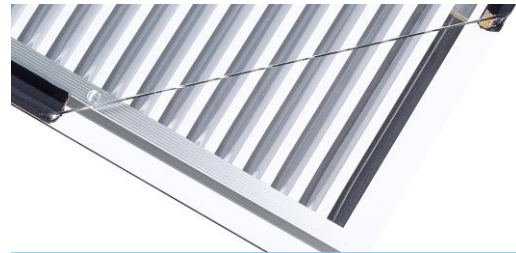
OKASOLAR F U

FASSADE/INTERIOR



OKASOLAR F O

FASSADE/INTERIOR

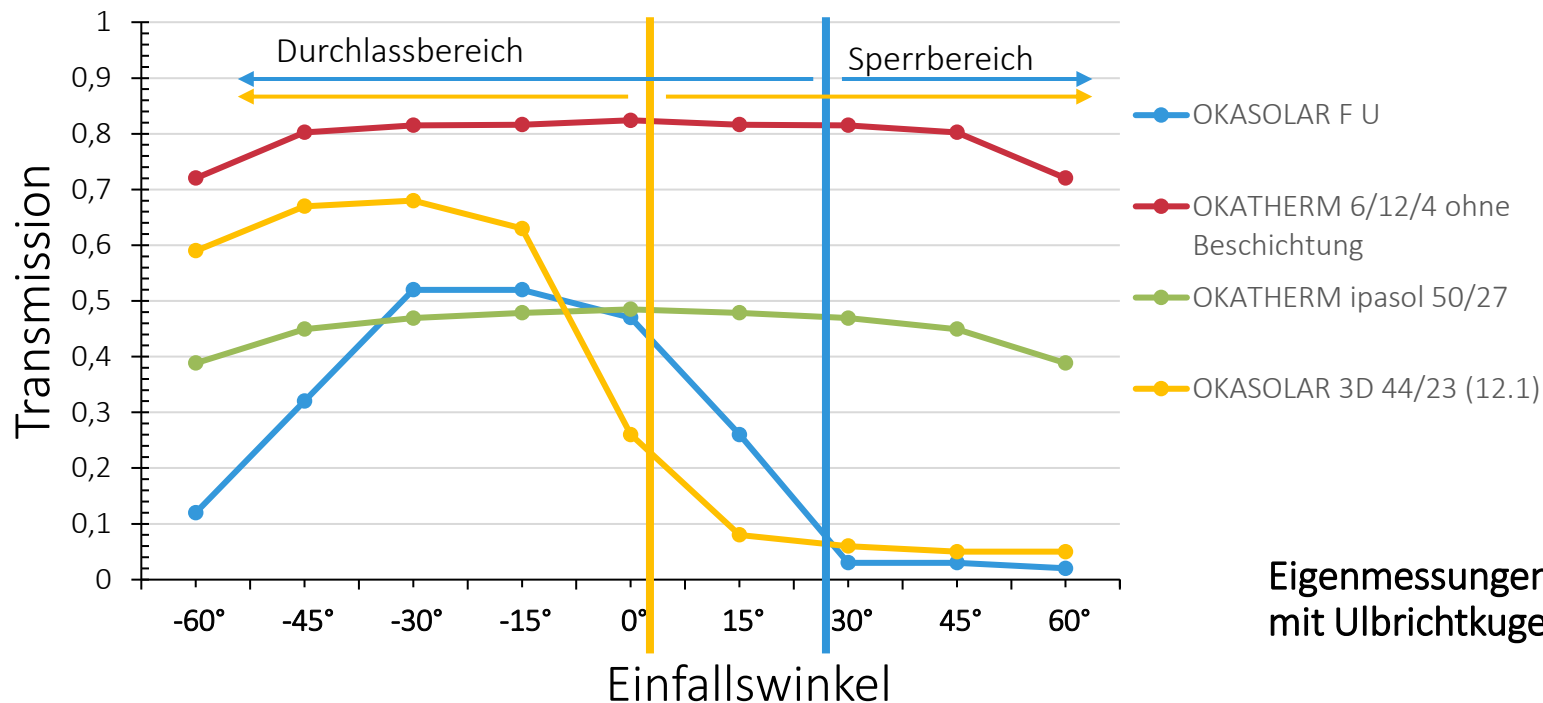


OKASOLAR W

FASSADE/INTERIOR

Winkelselektiver Sonnenschutz - Funktionsweise

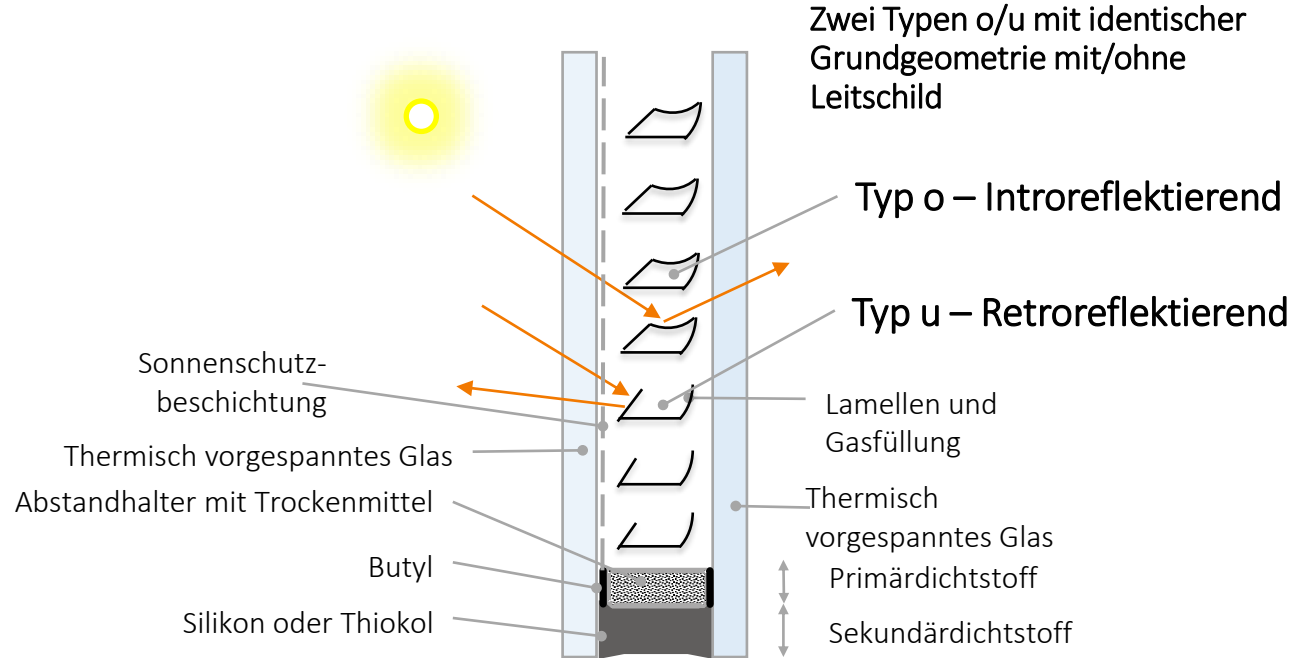
Vergleich Lamellensysteme mit Klarglas/Sonnenschutzverglasung



Eigenmessungen
mit Ulbrichtkugel

OKASOLAR F - Winkelselektiver Sonnenschutz

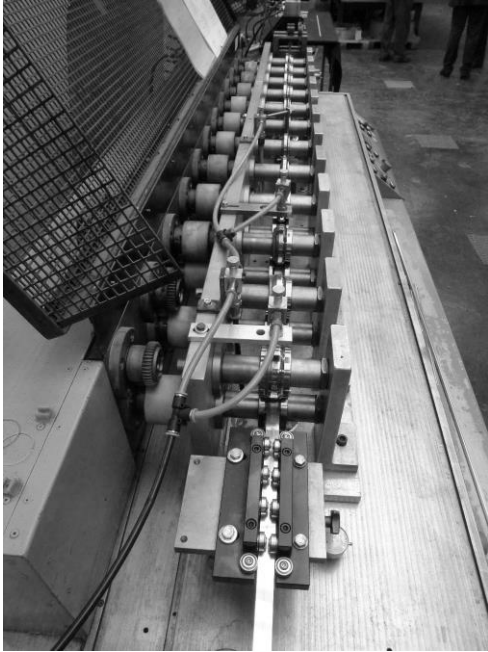
Aluminiumplattierte Stahllamelle im Anwendungsbereich - Fassade



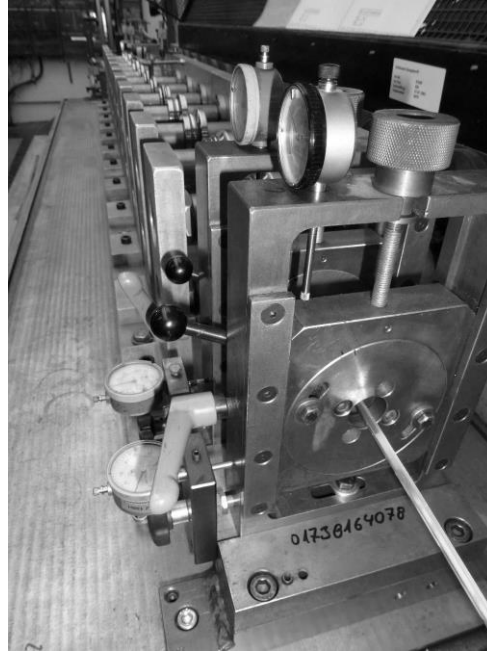
OKASOLAR - Herstellung

Rollformprozess vom Bandmaterial

Bandeinlauf

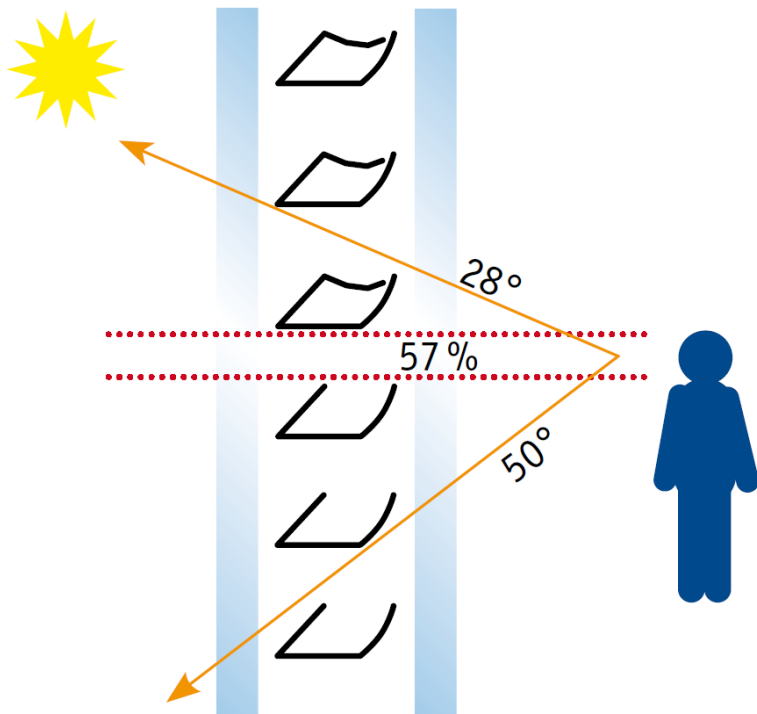


Bandauslauf

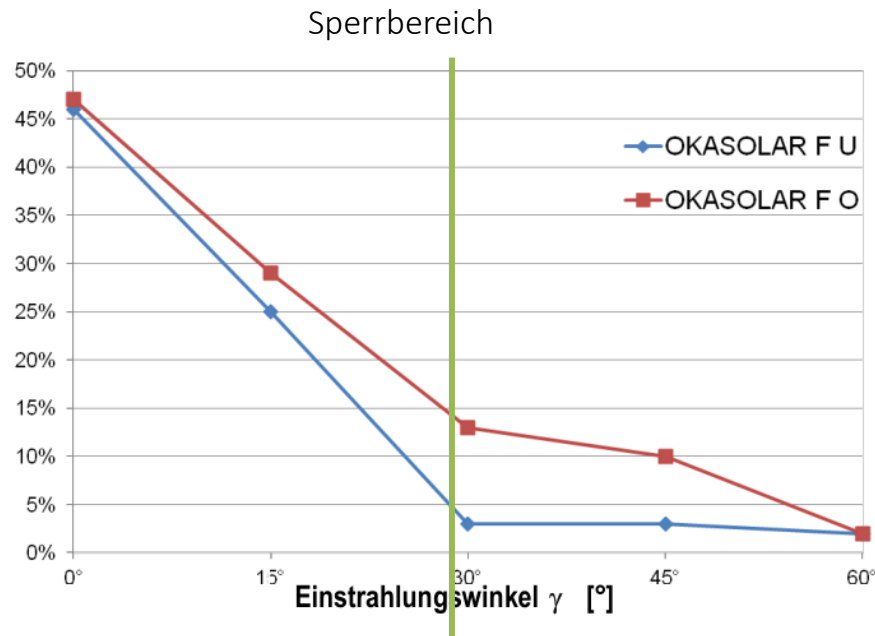


OKASOLAR F – Winkelselektiver Sonnenschutz

Durchsicht – Lichttransmission – Sperrbereich



Lichttransmissionsgrad Tv nach DIN EN 410

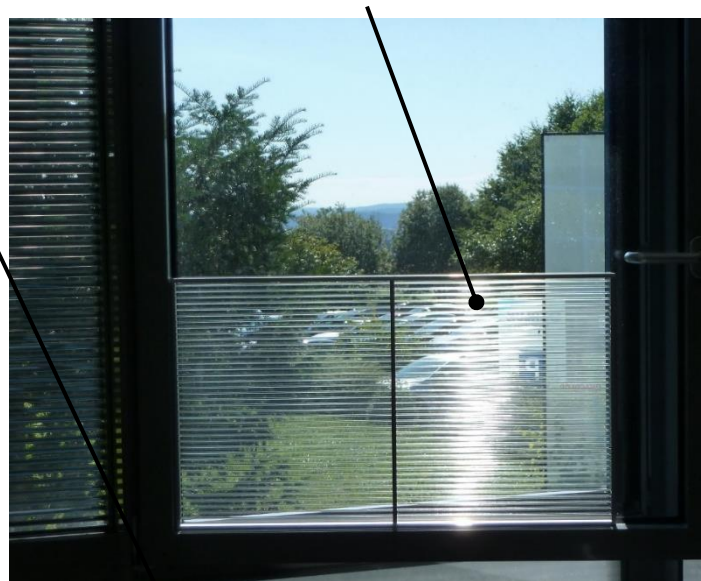


OKASOLAR F – Winkelselektiver Sonnenschutz

Introreflektion (Typ o) – Retroreflektion (Typ u)



Bei hohem Reflektionsgrad der Lamelle, Rückflexion an äußerer Glasscheibe 4-7%



Typ o - Introreflektion Zusätzlicher Blendschutz Übergang Typ o/u Typ u - Retroreflektion

OKASOLAR F – Funktionsweise

Tageslichtsimulation

Klarglas



OKASOLAR F o/u



ClearStream International
Products Ltd.

OKASOLAR F – Winkelselektiver Sonnenschutz für Fassaden

Technische Werte und Eigenschaften

- Leistungsstarker Sonnenschutz
- Partielle Durchsicht
- Indirekte Beleuchtung durch Tageslichtlenkung zur Raumdecke

Anwendungsbereiche:

- Klassenräume insbesondere bei Oberlichtern
- Bibliotheken
- Aulen und Mensen
- Sporthallen - Tribüne

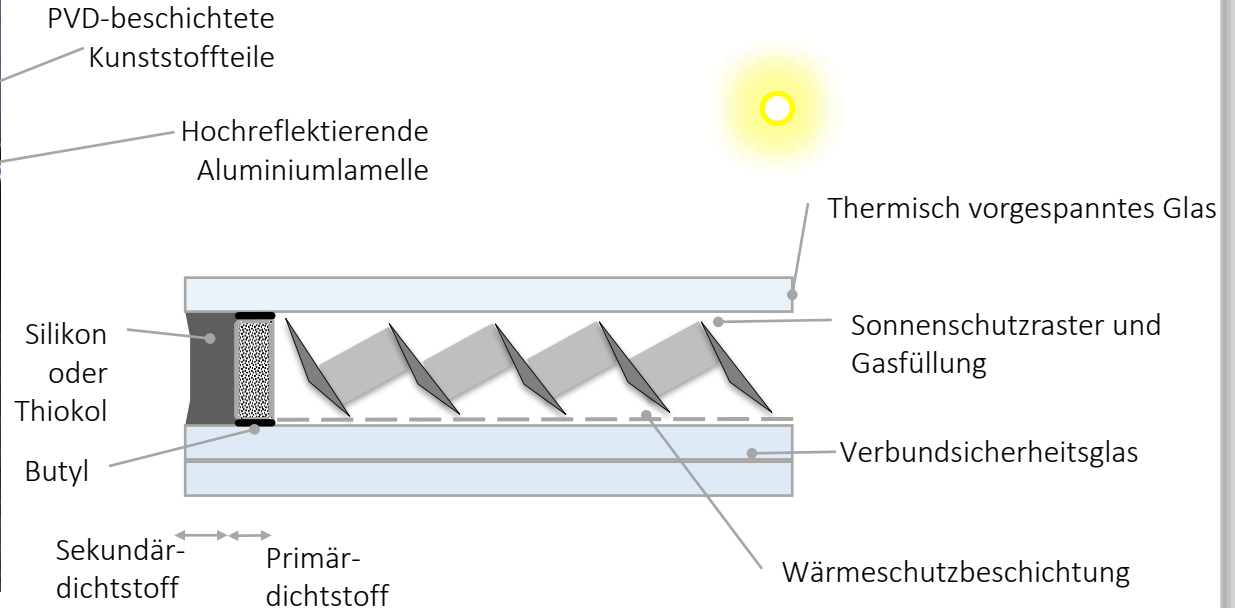
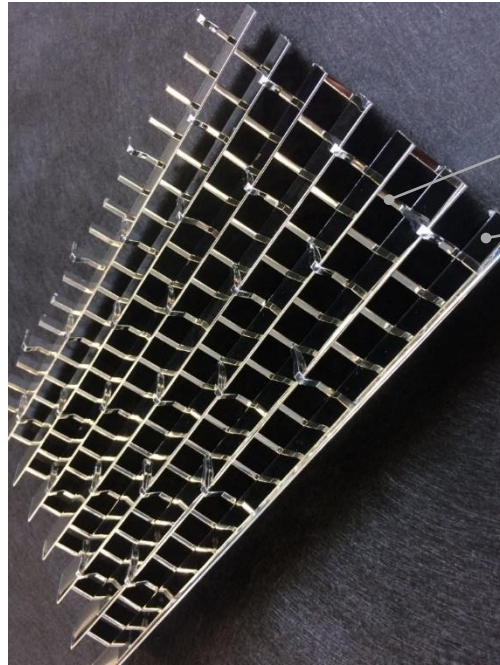
Typ OKASOLAR	Funktionsschicht	T_v % min. ¹⁾	T_v % max. ²⁾	g -Wert % min. ¹⁾	g -Wert % max. ²⁾	U_g -Wert [W/(m²K)] SZR 16 mm/10 mm		
						Krypton	Argon	Luft
2-fach ISO - F O 2-fach ISO - F U	Wärmeschutz	2 2	48 47	18 18	46 55	1,1	1,7	2,1
2-fach ISO - F O 2-fach ISO - F U	Sonnenschutz	2 2	37 37	14 14	31 31	1,1	1,7	2,1
3-fach ISO - F O 3-fach ISO - F U	Wärmeschutz	2 2	43 42	11 11	35 35	0,6	0,9	1,2
3-fach ISO - F O 3-fach ISO - F U	Sonnenschutz	2 2	37 37	9 9	24 25	0,6	0,9	1,1

¹⁾ bei Einfallswinkel $\gamma = 60^\circ$

²⁾ bei Einfallswinkel $\gamma = 0^\circ$ (senkrecht zur Glasoberfläche)

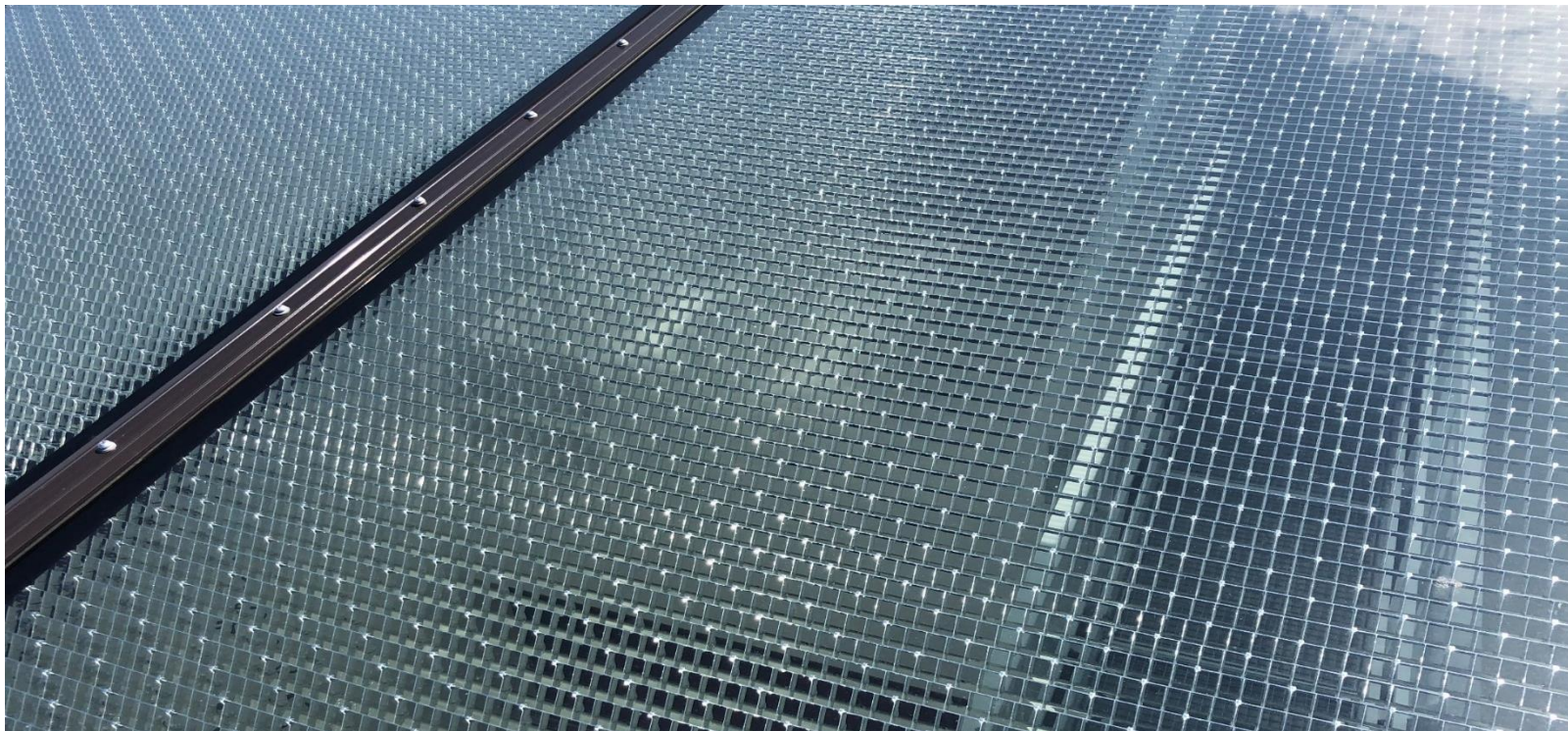
OKASOLAR 3D - Dreidimensionales Sonnenschutzraster

Aluminiumlamelle und PVD-beschichtete Kunststoffteile im Anwendungsbereich - Dach



OKASOLAR 3D – Dreidimensionales Sonnenschutzraster

Sicht von außen nach Süden



OKASOLAR 3D – Dreidimensionales Sonnenschutzraster

Sicht nach Norden von innen



Eigenschaften

- Hervorragender g-Wert ca. 12%
- 85% Öffnung nach Norden
- Außenbezug
- Hohe Lichtgleichmäßigkeit

OKASOLAR 3D – Funktionsweise im Solardiagramm

Überlagerung beider Richtungen – Hauptlamelle und senkrechte Stege

Einbau

Projekt:

Ort: München

Koordinate: 48,2 ° nördl. Breite

Orientierung: 180 ° S

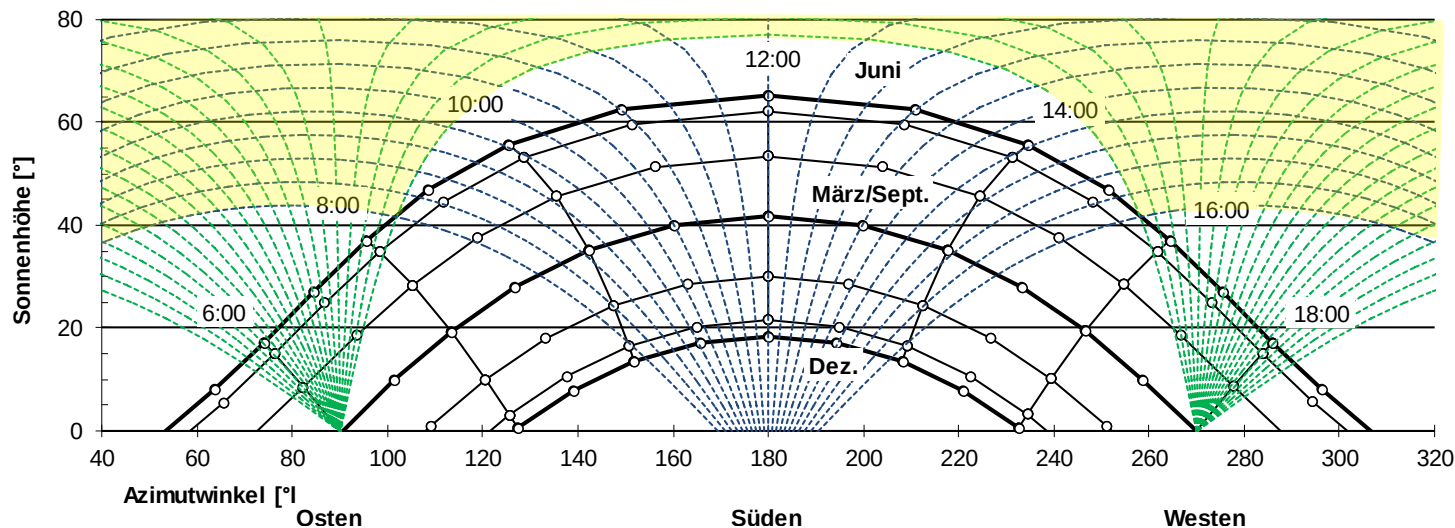
Neigung: 10 ° (senkrecht = 90°)

Verglasung

Produkt: OKASOLAR 3D 44/23 III

Drehung: 180 °

Direkte Transmission in das
Rauminnere nur möglich –
Schnittpunkt gelbe Fläche mit
schwarzen Sonnenhöhenlinien



OKASOLAR 3D – Perfektes Sonnenschutzraster für Dächer

Technische Werte und Eigenschaften

- Ganzjährige Verschattung
- Geringer g-Wert
- Hohe Selektivität T_v/g : >2,3
- Hohe Lichtgleichmäßigkeit (Norden offen)
- Außenbezug

Anwendungsbereiche:

- Atrien
- Treppenhäuser
- Flure
- Bibliotheken
- Aulen
- Sporthallen

Typ OKASOLAR 3D 44/23	T_v direkt %			T_v diffus %	g-Wert %			U_g -Wert [W/(m²K)] SZR 24 mm		
	Sperrbe- reich	Durch- lass- bereich	senk- recht		Sperrbe- reich	Mittel Sperrb.	senk- recht	Krypton	Argon	Luft
2-fach ISO	4-8	70	20	27	8-19	10	37	1,4	1,6	2,0
3-fach Iso	4-7	60	20	23	7-14	10	23	0,7	0,8	1,1

Lichtstreuung Kapillare

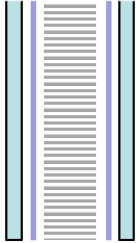
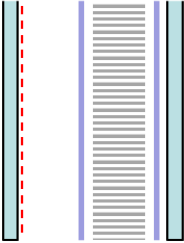
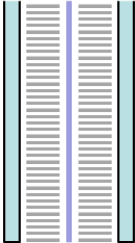
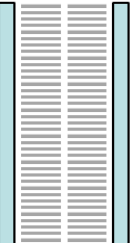
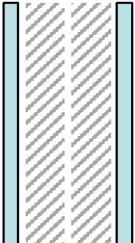
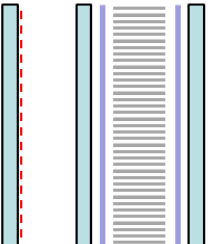
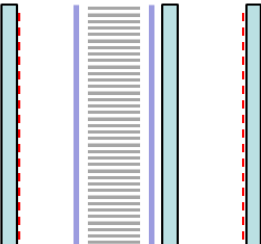
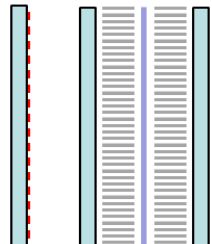
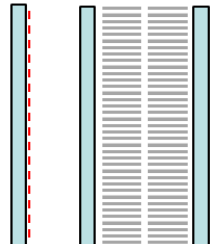
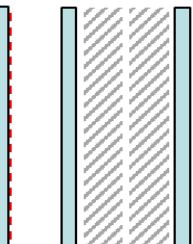
Kapillare

Lichtstreuung und transparente Wärmedämmung



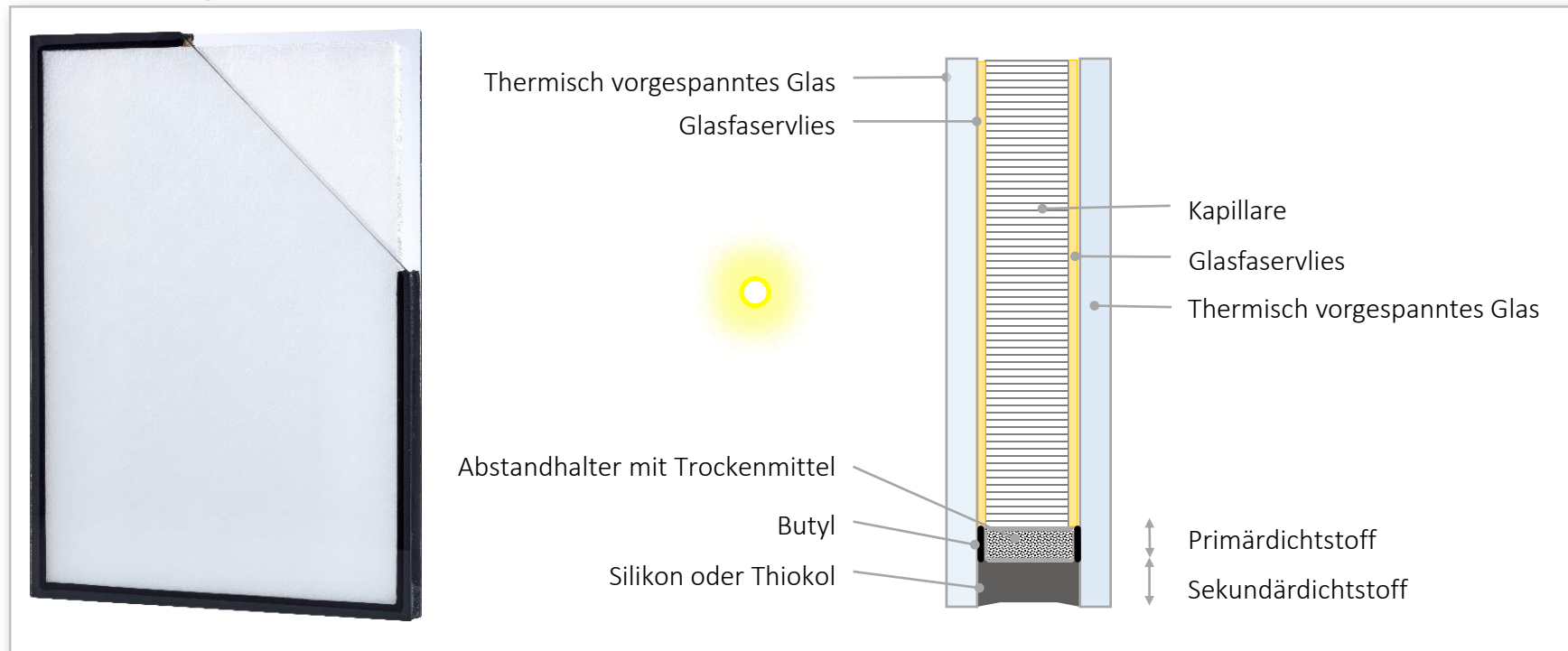
OKALUX und KAPILUX

Übersicht der verschiedenen Aufbauten mit Kapillaren und Glasfaservliesen

	OKALUX	OKALUX+	OKALUX EVO	KAPILUX T KAPILUX W	KAPILUX WS
2-fach	 $U = 2,7 - 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 $U = 1,5 - 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 $U = 2,0 - 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 $U = 1,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 $U = 1,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
3-fach	 $U = 1,2 - 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 $U = 0,9 - 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 $U = 1,2 - 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 $U = 1,2 - 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 $U = 1,2 - 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

OKALUX – Lichtstreuende Kapillare mit Glasfaservliesen

Anwendungsbereich – Fassade und Dach



Kapillarprodukte

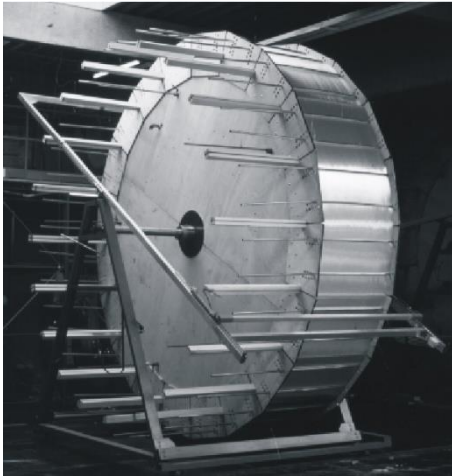
Basisprodukte



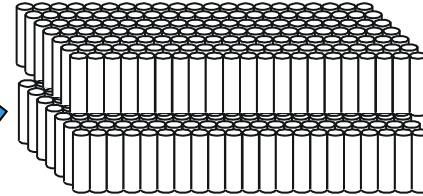
Herstellung Kapillarmaterial aus PMMA

1. Extrusion der Kapillare durch Spinndüse

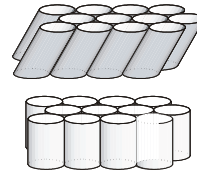
2. Aufwickeln der Kapillare



3. Schneiden der Kapillarplatte



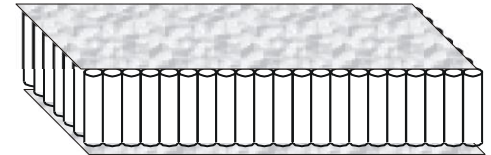
4. Einbaufertige Kapillarplatten



KAPIPANE

Durchmesser ca. 2,5 - 3,0 mm

Kaschieren mit Glasfaservlies



OKAPANE

Durchmesser ca. 2,5 - 3,0 mm

Kapillare – Transparente Wärmedämmung

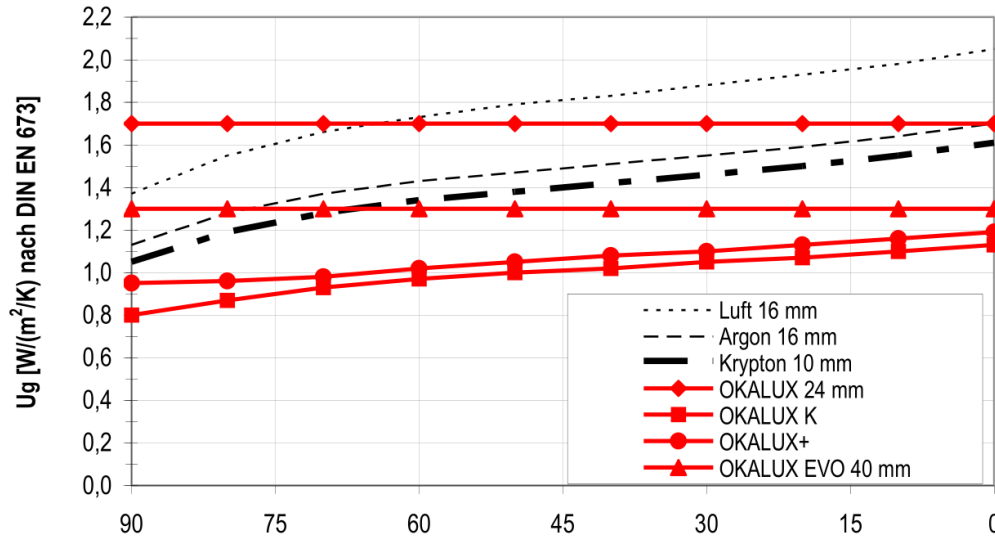


Verhindert Konvektion!



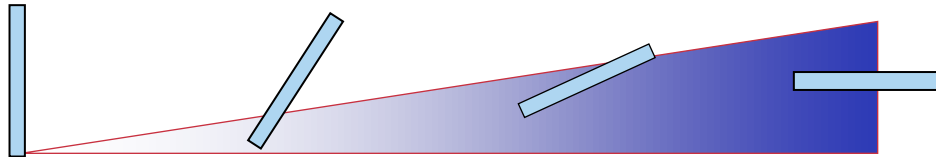
Kapillare – Transparente Wärmedämmung

Wärmedämmung U-Werte in Abhängigkeit der Einbauneigung



OKALUX/Kapillare verhindern die Konvektion, daher keine Vergrößerung des U-Wertes bei geneigtem Einbau

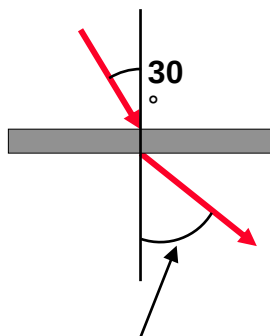
Konvektion



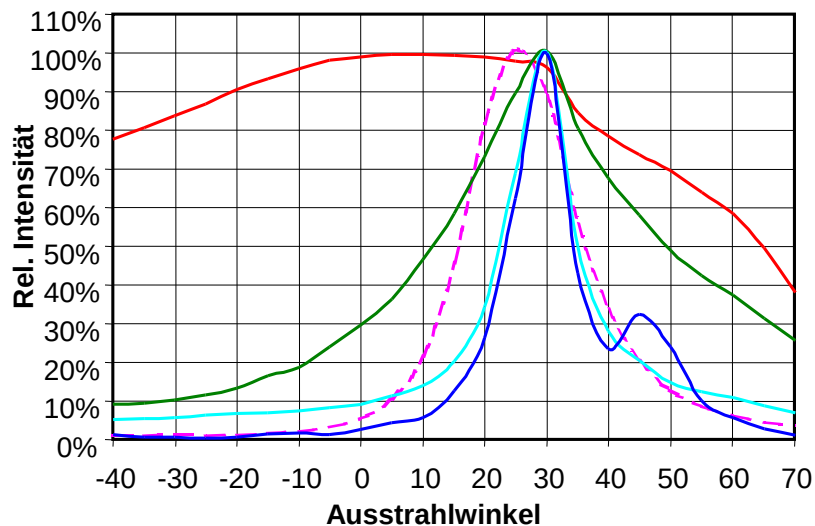
Lichtstreuung unterschiedlicher Materialien

Sehr gute Streuung durch Tiefe der Kapillarstruktur

Einstrahlwinkel 30°



Ausstrahlwinkel



— OKALUX
— Siebdruck a

— sandgestrahlt
— Siebdruck b

— VSG weiß



Tageslichtsimulation mit OKALUX in der Fassade



OKALUX – Lichtstreuendes Isolierglas

Technische Werte und Eigenschaften

- Optimal gleichmäßige Lichtabgabe in den Raum
- Helligkeitsunterschiede innen wahrnehmbar:
Sonne oder bedeckter Himmel
- Lichttransmission und g-Wert nach Anforderung:
Kombination von Kapillaren + Glasfaservliese
- $T_{v,direkt}$: < 45 % und $T_{v,diffus}$: < 35 %
- Ug-Wert: > 1,3 W/(m²K)
- Sicht- und Blendschutz
- Sehr gute Farbwiedergabe

Anwendungsbereiche:

- Atrien
- Treppenhäuser
- Flure
- Bibliotheken
- Aulen
- Sporthallen
- Oberlichter in Klassenräumen

Design - Funktion Vakuumisolierpanel

OKALUX HPI - Wirkungsweise

Niedrige U-Werte – Reifbildung außen

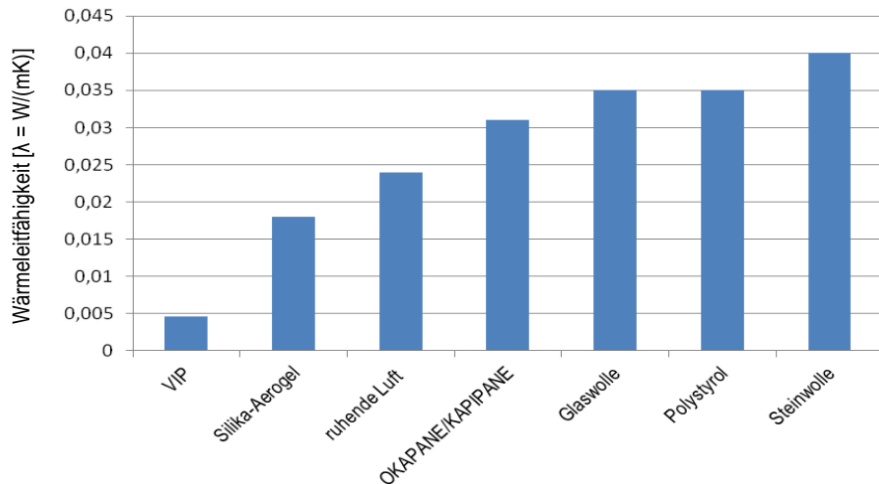


Defektes VIP Modul – keine Reifbildung möglich, da Außenscheibe aufgrund des höheren U-Wertes nicht kalt genug

©Andreas Maier, TU Darmstadt

OKALUX HPI - Eigenschaften

Vergleich Wärmeleitfähigkeit und U-Werte



Anwendungen für Fassaden:

- Brüstungen
- Decken- bzw. Unterzugbereich
- Reduzierung des U-Wertes der Fassade

Typ – Dicke des HPI	Ug-Wert [(W/m²K)]
Okalux HPI 20mm	0,23
Okalux HPI 30mm	0,15
Okalux HPI 40mm	0,11

Eigenschaften:

- Hervorragende Wärmedämmung
- Geringe Isolationsstärke, schlanke Aufbauten
- Individuelle Gestaltungsmöglichkeiten
- Einheitliches Aussehen der gesamten Fassade möglich

Solar-Diagramm

Einbau

Projekt: ...

Ort: München

Koordinate: 48,2 ° nördl. Breite

Orientierung: 180 ° S

Neigung: 0 ° (senkrecht = 90°)

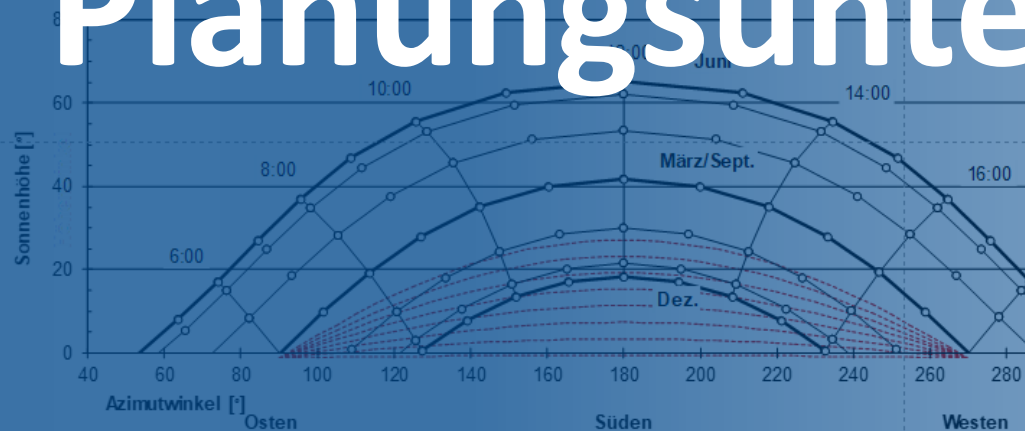
Verglasung

Produkt: OKASOLAR F U/O I

Drehung: 0 °

Typnr.: 6

Planungsunterstützung



Legende:
 schwarze durchgezogene Linien: Sonnenbahnen für einen Tag des Monats, senkrecht dazu die Tageszeitlinien gemäß Solarzeit (Abweichung v. Uhrzeit vor Ort, s. Anlage)
 gestrichelte Schraffur: Durchsichtsbereich, in diese Richtungen ist eine Durchsicht (bei OKASOLAR partiell) durch die Verglasung möglich
 Überlappung von Sonnenbahn und Durchsichtsbereich: hier kann die Sonne durch die Verglasung scheinen (bei OKASOLAR partiell)

Aufbau (von außen) - Build-up (from outside)

Basismaterial - basic materials	Änderungen - change (mm)	Dreh.	WdK	WdK	#
(F6): Silverstar EN2plus T	Float	6	n	23	166667
8 mm Argon					
F4	Float Design	6	n	2,36	250000
4 mm Argon					
10 mm Float Design	Float Design	10	n	2,36	250000
0,76 klar					
Luft					

Strahlungsdaten (ca.)

Definition	Solar/optical properties (approx.)
Lichttransmission, gerichtete Einstr. (T_v)	34% DIN EN 410 light transmittance for beam incidence
Lichttransmission, diffuse Einstr.	18% DIN EN 410 light transmittance for diffuse incidence
Lichtreflexion gerichtet/gerichtet	12% DIN EN 410 specular light reflectance
Solartransmission, gerichtete Einstr. (T_s)	21% DIN EN 410 solar transmittance for beam incidence
Solarabsorption, gerichtete Einstr.	11% DIN EN 410 solar transmittance for diffuse incidence
Solarreflexion gerichtet/gerichtet	35% DIN EN 410 solar absorbance for beam incidence
Gesamtenergiedurchlaßgrad (g)	24% DIN EN 410 specular solar reflectance
g, diffuse Einstr.	29% DIN EN 410 total solar energy trans. (TSET, SHGC)
	18% TSET for diffuse incidence

Abgeleitete Größen

Definition	Related properties
Abminderungsfaktor ($FC=g/g_{ref}$)	49% DIN 4108-2, $g_{ref} = 60\%$
Durchlaßfaktor $b = g / 0,8$	37% VDI 2078
	34% FEMP (2004) shading coefficient, $SC = g / 0,87$
	24% FEMP (2004) shading coeff. short wave, $SC_{SW} = T_s / 0,87$
	9,7% FEMP (2004) shading coeff., long wave $SC_{LW} = SC - SC_{SW}$
	34% GANA (1997) shading coefficient, $SC = g / 0,86$

Wärmedurchgang (ca.)

U-Wert [$W/(m^2K)$]	Thermal transmittance (approx.)
1,1 DIN EN 673	U-value [$W/(m^2K)$]
0,19 DIN EN 673	U-value [$Btu/(hr ft^2 °F)$]

OKALUX Planungsunterstützung

Unterstützung für Architekten, Bauphysiker und Tageslichtplaner

- Individuelle Beratung durch unseren Außendienst oder die Technikabteilung
- Infotexte für alle Produkte mit technischen Werten von Standardtypen, Maximalabmessung und weiteren Planungshinweisen zum Herunterladen
- Ausschreibungstexte zum Herunterladen
- Solare und visuelle Strahlungseigenschaften für individuelle Glasaufbauten sowie deren Wärmedurchgangskoeffizienten (T_{vis} , T_{sol} , T_{diff} , g-Wert, U-Wert)
- Ansichtsmuster im handlichen DIN A4 Format
- BSDF Dateien (Bidirectional Scattering Distribution Function) verschiedener Produkte für die winkelselektive Tageslichtsimulation mit Radiance

A photograph of a modern building with a glass facade and a cantilevered upper floor, situated next to a body of water. The building's reflection is visible in the water. The word "REFERENZEN" is overlaid in large white letters.

REFERENZEN

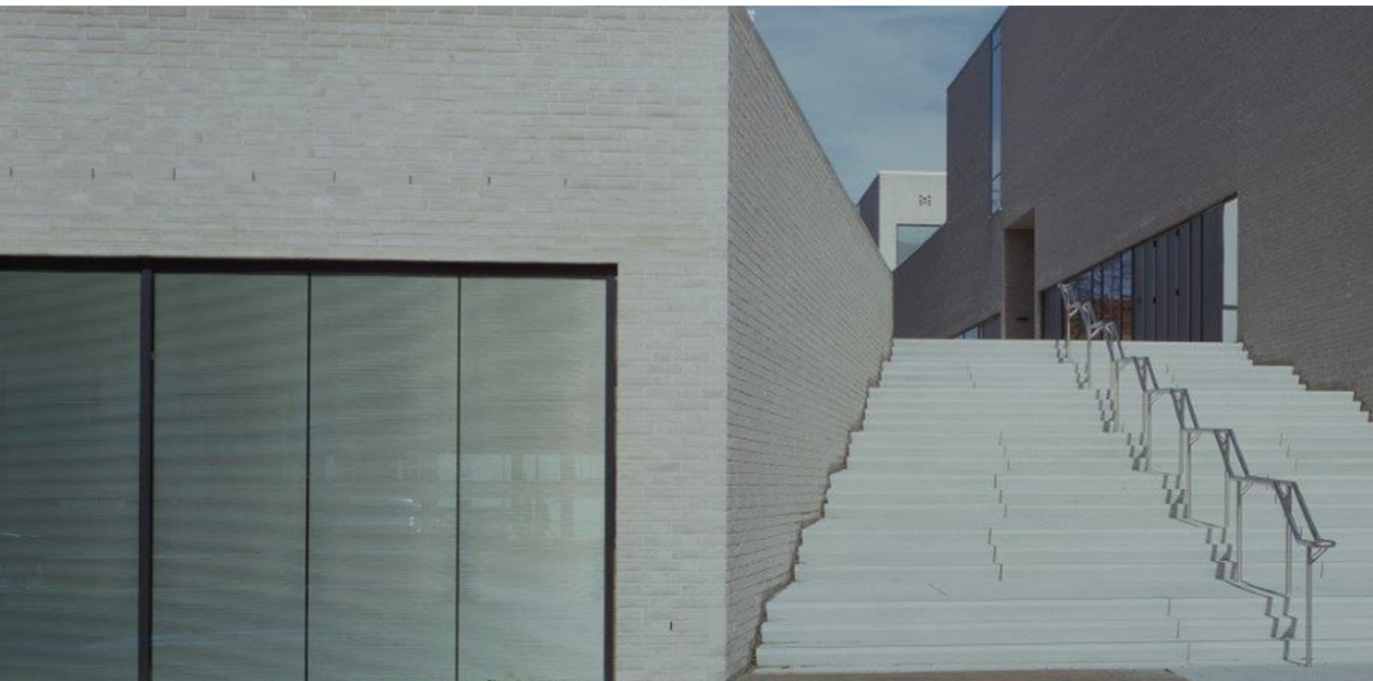
© Klaus Fröhlich

Lamellen

Referenzen

Referenzen

Lamellen – OKASOLAR F



Berufsbildungs- zentrum

Mölln | Deutschland

OKASOLAR F

746 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2020

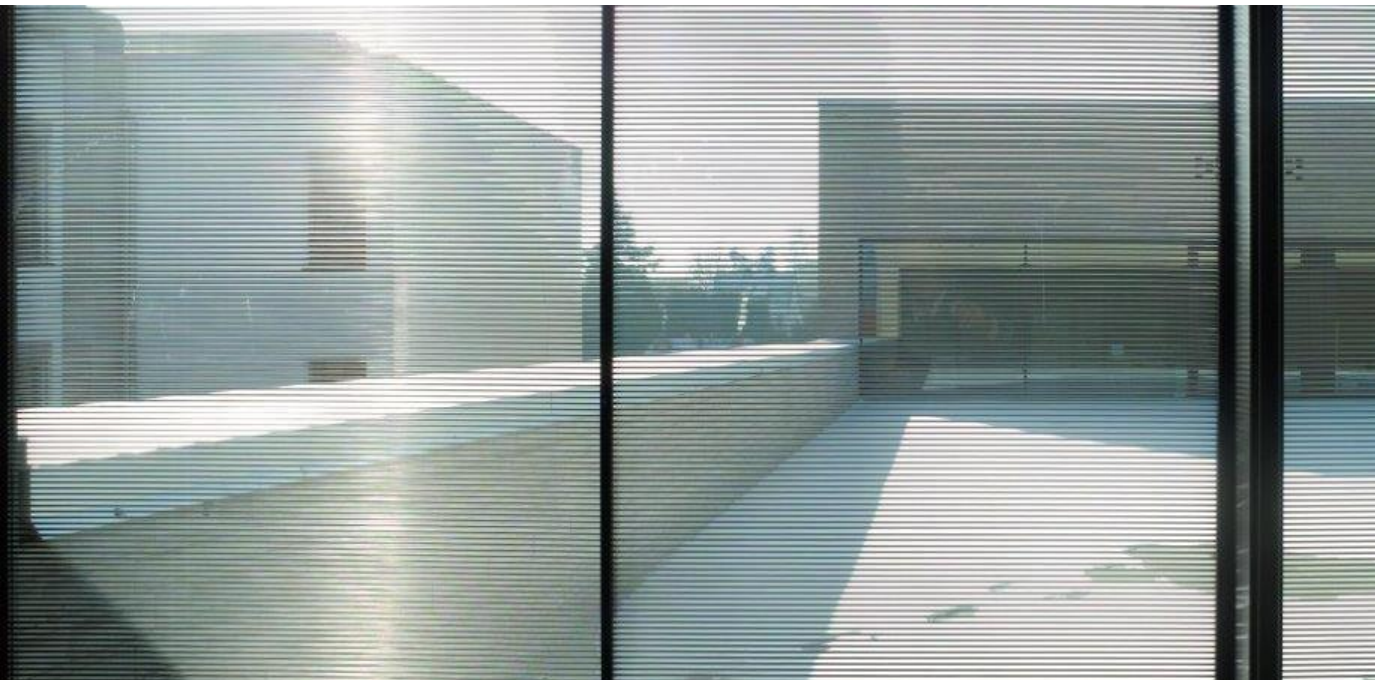
Architekt: Eisfeld Engel
Architekten

Ausführung: H. O. Schluter
GmbH



Referenzen

Lamellen – OKASOLAR F



Berufsbildungs- zentrum

Mölln | Deutschland

OKASOLAR F

746 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2020

Architekt: Eisfeld Engel
Architekten

Ausführung: H. O. Schluter
GmbH



Referenzen

Lamellen – OKASOLAR 3D



Grundschule Ravensburger Ring

München | Deutschland

OKASOLAR 3D

38 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2020

Architekt: Schwinde Architekten
Partnerschaft

Ausführung: Neumayr High-
Tech Fassaden GmbH



Referenzen

Lamellen – OKASOLAR 3D



Grundschule Ravensburger Ring

München | Deutschland

OKASOLAR 3D

38 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2020

Architekt: Schwinde Architekten
Partnerschaft

Ausführung: Neumayr High-
Tech Fassaden GmbH





Referenzen

Lamellen – OKASOLAR 3D

Grundschule Ravensburger Ring

München | Deutschland

OKASOLAR 3D

38 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2020

Architekt: Schwinde Architekten
Partnerschaft

Ausführung: Neumayr High-
Tech Fassaden GmbH

© Eckhart Marthaus

Innovative Verglasungen



Referenzen

Lamellen – OKASOLAR S



Hochschule für Bildende Künste

Dresden | Deutschland

OKASOLAR S

107 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2007

Architekt: CODE UNIQUE
Architekten

Ausführung: Freund Metallbau
GmbH



Referenzen

Lamellen – OKASOLAR S



Hochschule für Bildende Künste

Dresden | Deutschland

OKASOLAR S

107 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2007

Architekt: CODE UNIQUE
Architekten

Ausführung: Freund Metallbau
GmbH



Referenzen

Lamellen– OKASOLAR F



Staatliches Seminar für Didaktik und Lehrerbildung

Ludwigsburg | Deutschland

OKASOLAR F

109 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2015

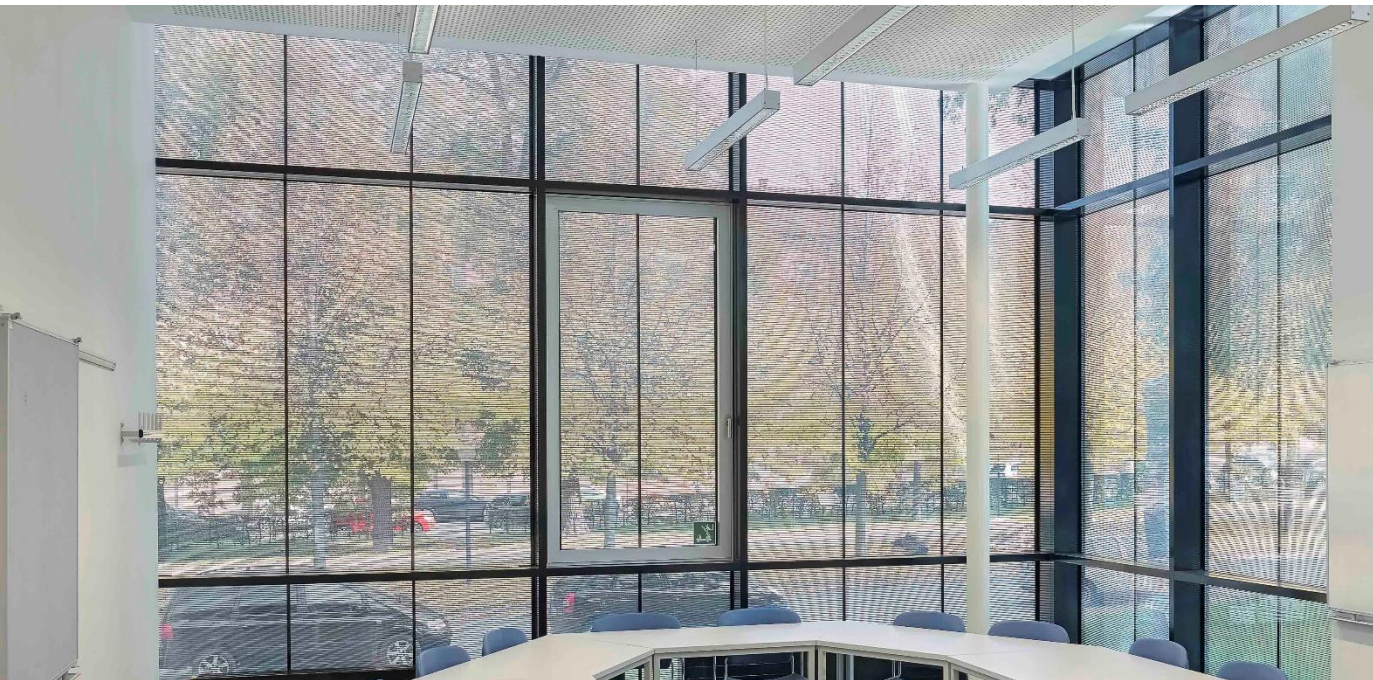
Architekt: müller . Architekten

Ausführung: Schollglas GmbH



Referenzen

Lamellen – OKASOLAR F



Staatliches Seminar für Didaktik und Lehrerbildung

Ludwigsburg | Deutschland

OKASOLAR F

109 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2015

Architekt: müller . Architekten

Ausführung: Schollglas GmbH

© Achim Birnbaum



Referenzen

Lamellen – OKASOLAR



Plusenergie Grundschule Niederheide

Hohen Neuendorf | Deutschland

OKASOLAR

108 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2011

Architekt: IBUS Architekten und
Ingenieure GbR

Ausführung: HoffmannGlas
GmbH & Co. KG



Referenzen

Lamellen – OKASOLAR



Plusenergie Grundschule Niederheide

Hohen Neuendorf | Deutschland

OKASOLAR

108 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2011

Architekt: IBUS Architekten und
Ingenieure GbR

Ausführung: HoffmannGlas
GmbH & Co. KG

Innovative Verglasungen





Referenzen

Lamellen – OKASOLAR

Plusenergie Grundschule Niederheide

Hohen Neuendorf | Deutschland

OKASOLAR
108 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2011

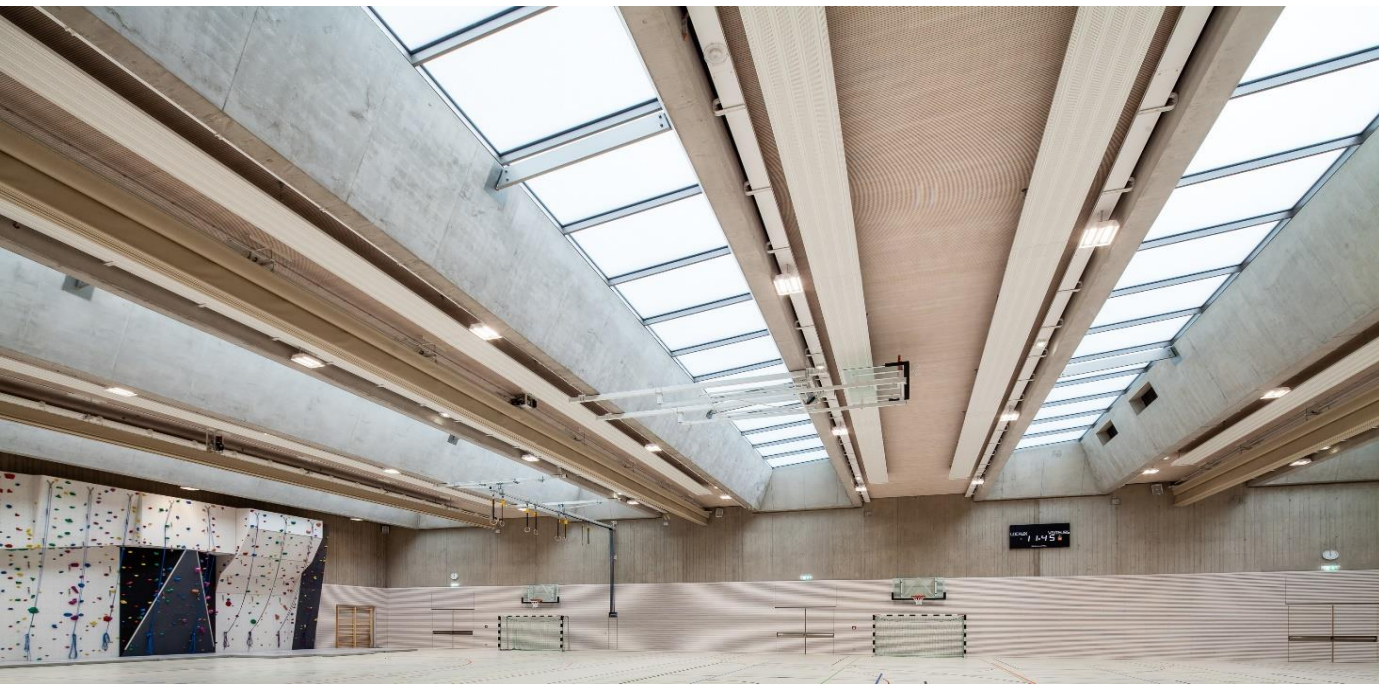
Architekt: IBUS Architekten und
Ingenieure GbR

Ausführung: HoffmannGlas
GmbH & Co. KG



Referenzen

Lamellen – Okasolar 3d



LESC - Lycée

Clervaux | Luxemburg

Okasolar 3d

725 m²

Produktgruppe - Lamellen

Fertigstellung: 2016

Architekt: Jonas Architectes

Kapillare

Referenzen

Referenzen

OKAGEL vergleichbar mit OKALUX/Kapillare



Plusenergie Grundschule Niederheide

Hohen Neuendorf | Deutschland

OKAGEL
180 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2011

Architekt: IBUS Architekten und
Ingenieure GbR

Ausführung: HoffmannGlas
GmbH & Co. KG



Referenzen

OKAGEL vergleichbar mit OKALUX/Kapillare



Plusenergie Grundschule Niederheide

Hohen Neuendorf | Deutschland

OKAGEL
180 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2011

Architekt: IBUS Architekten und
Ingenieure GbR

Ausführung: HoffmannGlas
GmbH & Co. KG



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Sportzentrum

Überlingen | Deutschland

OKALUX K

205 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2020

Architekt: Wulf Architekten
GmbH

Ausführung: Metallbau Weber
GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Sportzentrum

Überlingen | Deutschland

OKALUX K

205 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2020

Architekt: Wulf Architekten
GmbH

Ausführung: Metallbau Weber
GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Zweifach- Sporthalle Gymnasium

Nordhorn | Deutschland

OKALUX K
125 m²

Produktgruppe – Kapillare

Fertigstellung: 2012

Architekt: Architektur GmbH
Potgeter + Werning

Ausführung: Trimborn
Metallbau GmbH

© Architektur GmbH Potgeter + Werning



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Zweifach- Sporthalle Gymnasium

Nordhorn | Deutschland

OKALUX K
125 m²

Produktgruppe – Kapillare

Fertigstellung: 2012

Architekt: Architektur GmbH
Potgeter + Werning

Ausführung: Trimborn
Metallbau GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



“Glückauf-Halle”

Peißenberg | Deutschland

OKALUX K

172 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2014

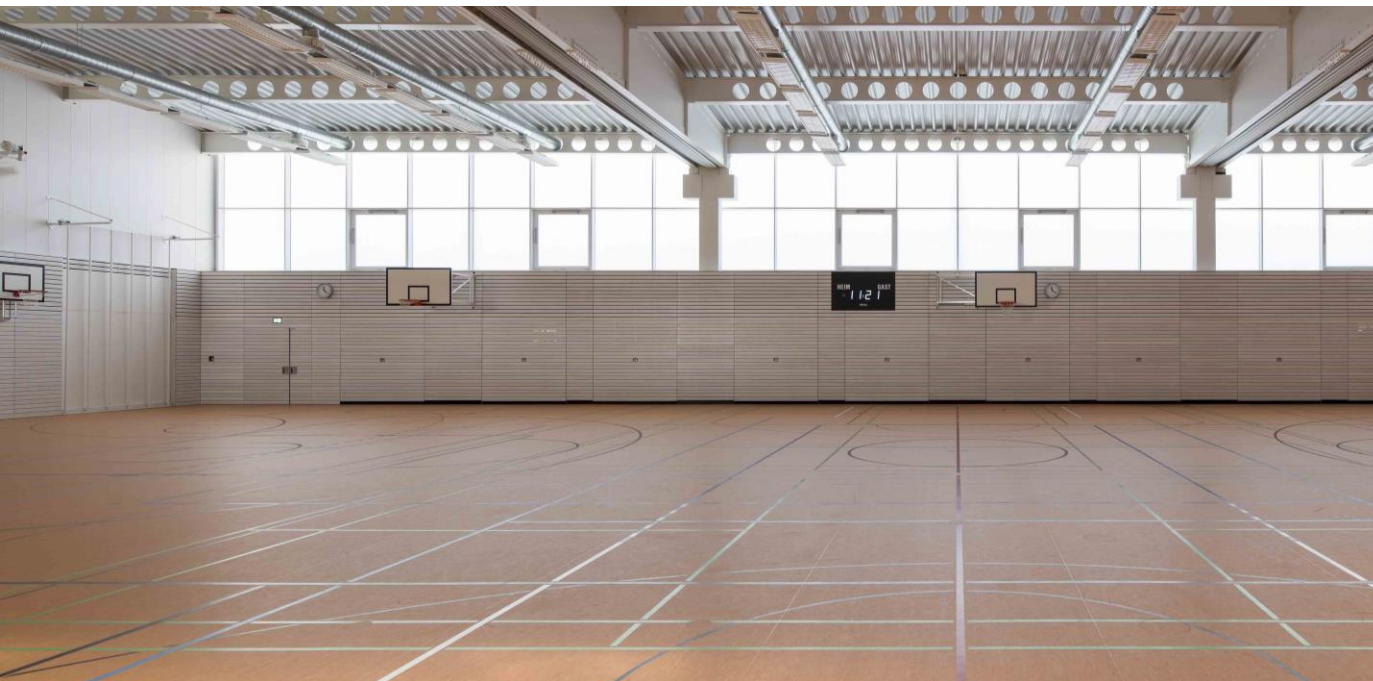
Architekt: Haindl + Kollegen
GmbH

Ausführung: GBW Brandschutz-
glas Wied GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



“Glückauf-Halle”

Peißenberg | Deutschland

OKALUX K

172 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2014

Architekt: Haindl + Kollegen
GmbH

Ausführung: GBW Brandschutz-
glas Wied GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Sporthalle Neumatt

Strengelbach | Schweiz

OKALUX K
522 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2015

Architekt: Camenzind
Evolution Ltd.

Ausführung: Flachglas
Schweiz AG



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Sporthalle Neumatt

Strengelbach | Schweiz

OKALUX K
522 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2015

Architekt: Camenzind
Evolution Ltd.

Ausführung: Flachglas
Schweiz AG



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Schulsporthalle

Ormalingen | Schweiz

OKALUX K

277 m²

Produktgruppe – Kapillare

Fertigstellung: 2017

Architekten: GUTSCHI LENZIN
SCHENKER
Architekten AG

Ausführung: Flachglas
Wikon AG



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Schulsporthalle

Ormingen | Schweiz

OKALUX K

277 m²

Produktgruppe – Kapillare

Fertigstellung: 2017

Architekten: GUTSCHI LENZIN
SCHENKER
Architekten AG

Ausführung: Flachglas
Wikon AG



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Hans-Joachim- Brandenburg- Halle

Herzebrock-Clarholz | Deutschland

OKALUX K

420 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2010

Architekt: werk 9 architekten +
ingenieure GmbH

Ausführung: Brügge Metallbau
GmbH & Co.KG



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Hans-Joachim- Brandenburg- Halle

Herzebrock-Clarholz | Deutschland

OKALUX K

420 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2010

Architekt: werk 9 architekten +
ingenieure GmbH

Ausführung: Brügge Metallbau
GmbH & Co.KG



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Dreifach-Sporthalle Hersbruck

Hersbruck | Deutschland

OKALUX K

405 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2011

Architekt: Architekturbüro Klaus
Thiemann

Ausführung: VORNDRAN
Metallbau

Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Dreifach-Sporthalle Hersbruck

Hersbruck | Deutschland

OKALUX K

405 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2011

Architekt: Architekturbüro Klaus
Thiemann

Ausführung: VORNDRAN
Metallbau



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Drei-Feld-Sporthalle mit Geräteturnhalle

Bühl | Deutschland

OKALUX K
979 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2012

Architekt: Löweneck + Schöfer
Architekten GmbH

Ausführung: Radeburger
Fensterbau GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Drei-Feld- Sporthalle mit Geräteturnhalle

Bühl | Deutschland

OKALUX K
979 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2012

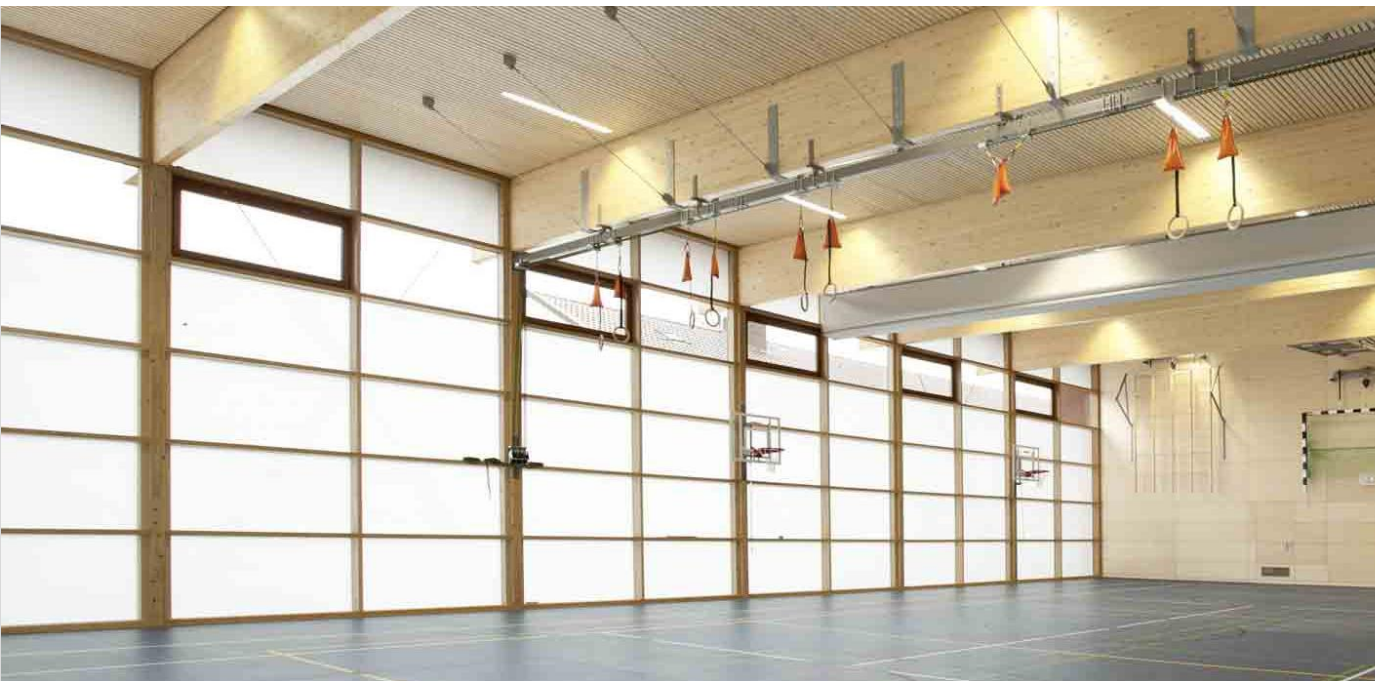
Architekt: Löweneck + Schöfer
Architekten GmbH

Ausführung: Radeburger
Fensterbau GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX K



Sporthalle

Halle-Hörste | Deutschland

OKALUX K

141 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2011

Architekt: Daum Architekten
BDA

Ausführung: Tischlerei Temme
GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX+



Sporthalle Lise-Meitner-Gesamtschule

Köln | Deutschland

OKALUX+
318 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2014

Architekt: Architektur *
Ingenieurbüro
Billstein

Ausführung: Noll GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX+



Sporthalle Lise- Meitner- Gesamtschule

Köln | Deutschland

OKALUX+
318 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2014

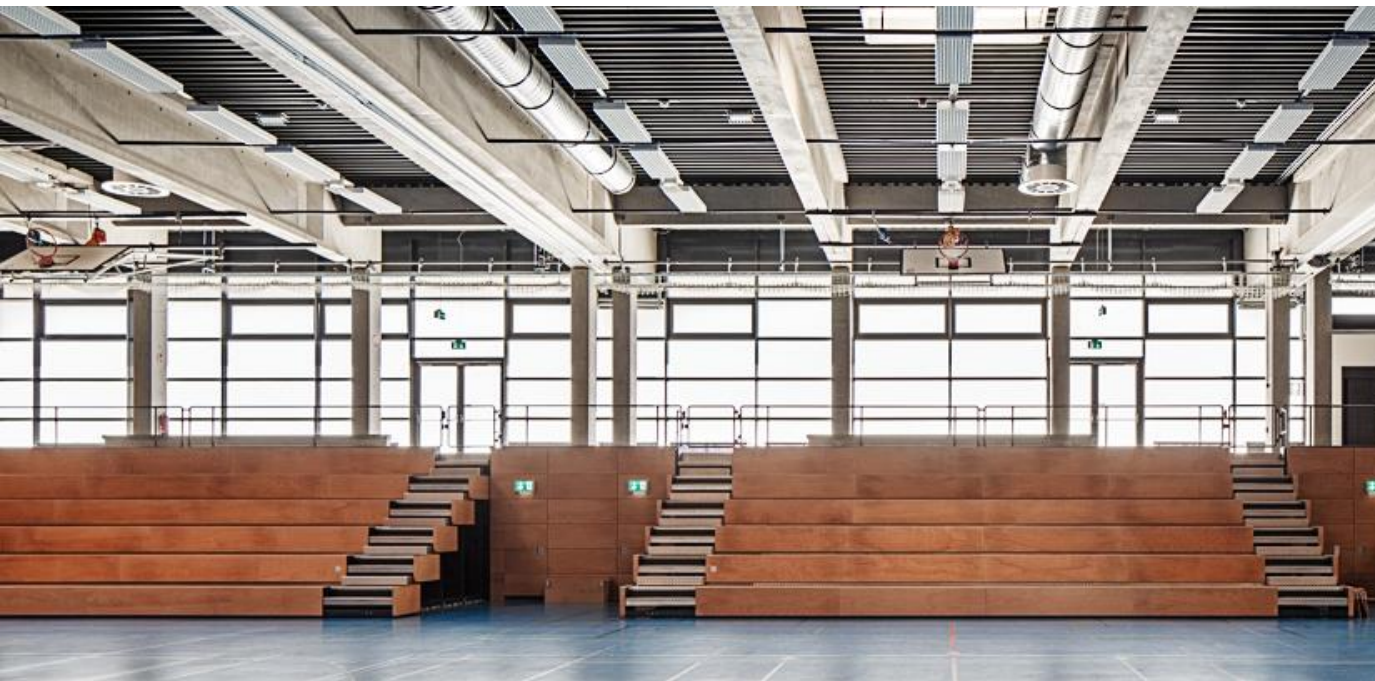
Architekt: Architektur *
Ingenieurbüro
Billstein

Ausführung: Noll GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX+



Sporthalle Lise-Meitner-Gesamtschule

Köln | Deutschland

OKALUX+
318 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2014

Architekt: Architektur *
Ingenieurbüro
Billstein

Ausführung: Noll GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX+



Mittellandhalle Barleben

Barleben | Deutschland

OKALUX+
143 m²

Produktgruppe – Kapillare

Fertigstellung: 2011

Architekt: pbr Planungsbüro
Rohling AG,
Architekten
und Ingenieure

Ausführung: Hoffmann Glas
GmbH & Co. KG

© Gemeinde Barleben



Referenzen

Kapillare – OKALUX+



Mittellandhalle Barleben

Barleben | Deutschland

OKALUX+
143 m²

Produktgruppe – Kapillare

Fertigstellung: 2011

Architekt: pbr Planungsbüro
Rohling AG,
Architekten
und Ingenieure

Ausführung: Hoffmann Glas
GmbH & Co. KG

©Gemeinde Barleben



Referenzen

Kapillare – OKALUX+ | KAPILUX T



Sport- und Mehrzweckhalle

Bautzen | Deutschland

OKALUX+ | KAPILUX T

132 m² | 68 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2010

Architekt: Bauplanung Bautzen
GmbH

Ausführung: Schollglas Technik
GmbH



Referenzen

Kapillare – OKALUX+ | KAPILUX T



Sport- und Mehrzweckhalle

Bautzen | Deutschland

OKALUX+ | KAPILUX T

132 m² | 68 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2010

Architekt: Bauplanung Bautzen
GmbH

Ausführung: Schollglas Technik
GmbH



Referenzen

Kapillare – KAPILUX W



Ecole Place

Grand-Saconnex | Schweiz

KAPILUX W

286 m²

Produktgruppe - Kapillare

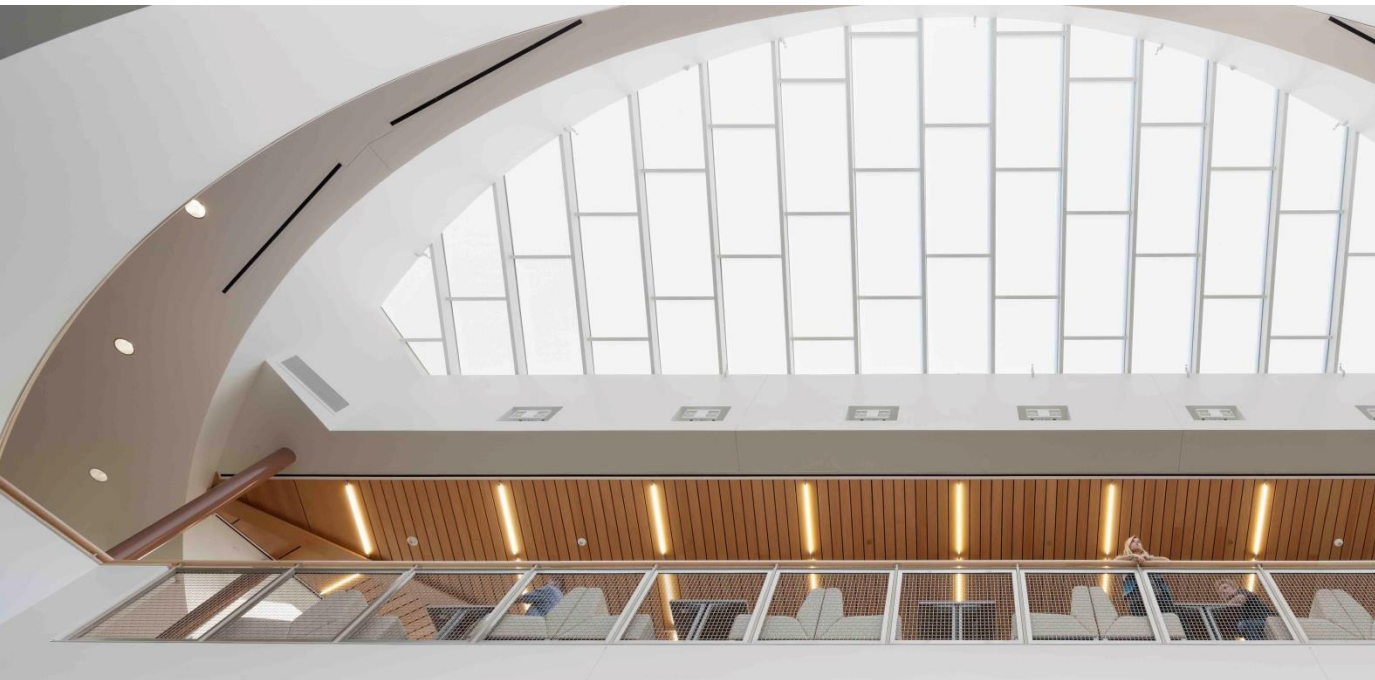
Fertigstellung: 2012

Ausführung: Brandt SA
Construction
métallique



Referenzen

Kapillare – OKALUX+



Oxnard College Library

Oxnard | USA

OKALUX+
252 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2012

Architekt: Paul Murdoch
Architects

Ausführung: Schott North
America



Referenzen

Kapillare – OKALUX+



Oxnard College Library

Oxnard | USA

OKALUX+
252 m²

Produktgruppe - Kapillare

Fertigstellung: 2012

Architekt: Paul Murdoch
Architects

Ausführung: Schott North
America



KONTAKT- INFORMATIONEN

FR-St.Etienne-Cité du Design-Okasolar W | Okasolar S

©Eric Staudenmaier Photography

Kontaktinformation

Kontaktperson

Harald Müller

Architektenberatung

Am Jöspershecklein 1
97828 Marktheidenfeld,
Deutschland

Tel. +49 9391 900.232

Mail. hmueller@okalux.de

www.okalux.de



Dr.-Ing. Johannes Franz

Forschung & Entwicklung

Am Jöspershecklein 1
97828 Marktheidenfeld,
Deutschland

Tel. +49 9391 900.242

Mail. jfranz@okalux.de

www.okalux.de



Innovative Verglasungen

OKALUX Glastechnik GmbH



©Sergio Guerra



SSP

„Potential Schulbau – wie Lernen,
Gesundheit und Nachhaltigkeit
zukünftig zusammengehen.“

SSP

Agenda

- 1) Lernen
- 2) Gesundheit
- 3) Nachhaltigkeit
- 4) Fazit

Lernen

SSP

Lernen Gesamtschule Herzebrock



SSP

Lernen

Übergeordnete Aspekte

- Vermitteln und Lernen
- Selbstlernen und digitales Lernen
- Machen, spielerisches Lernen und Entspannen

Lernen Gesamtschule Herzebrock



SSP

Lernen
Gesamtschule Herzebrock



SSP

Lernen
Gesamtschule Krefeld-Oppum

SSP



Lernen Gesamtschule Reinoldi Dortmund



SSP

Lernen Gesamtschule Krefeld-Oppum



SSP

Lernen Gesamtschule Krefeld-Oppum



SSP

Lernen Medienkompetenz 1



Quelle: wdr.de

SSP

Lernen

Medienkompetenz 2



Quelle: lvz.de

SSP

Lernen Schülerpraktikum

Quelle: lin-magdeburg.de

SSP



Lernen Schüler entdecken Technik



Quelle: ausbildung.siemens.com

SSP

Lernen Schüler im Zoo



Quelle: mosbacher-zeitung.de

SSP

Lernen Schulgarten I



Quelle: gartenpraxis.de

SSP

Lernen Schulgarten II



Quelle: dsmalaga.com

SSP

Lernen

Differenzierte Raumangebote



Lernen Mehrwertraum „Forum“



SSP



SSP

Gesundheit

SSP

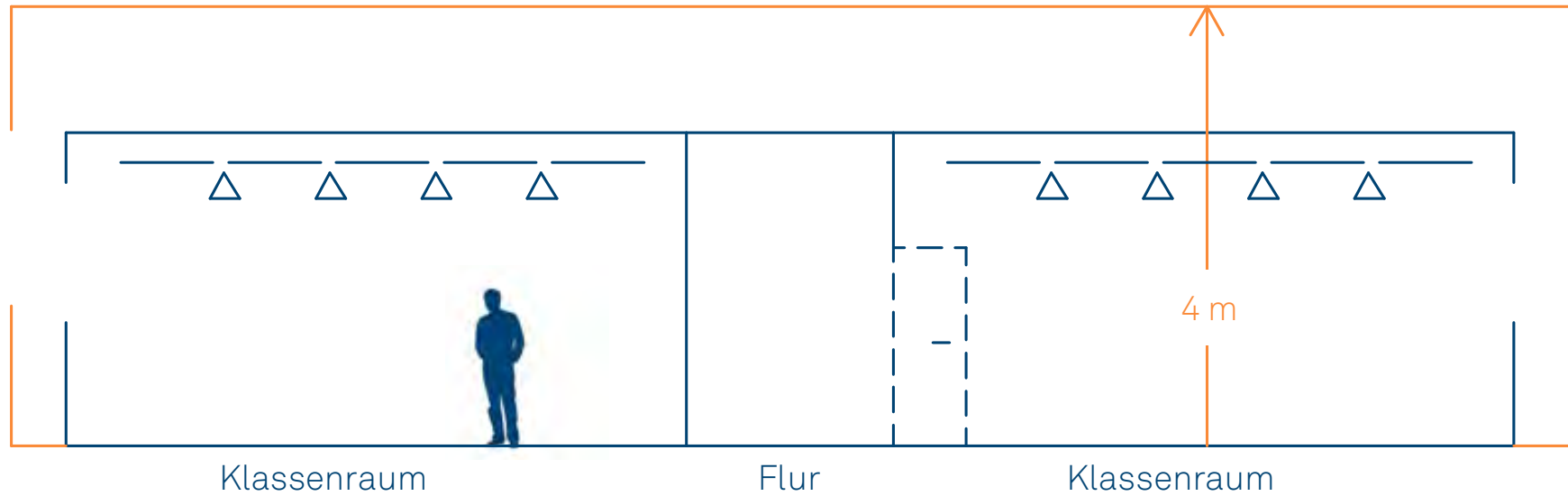
Gesundheit

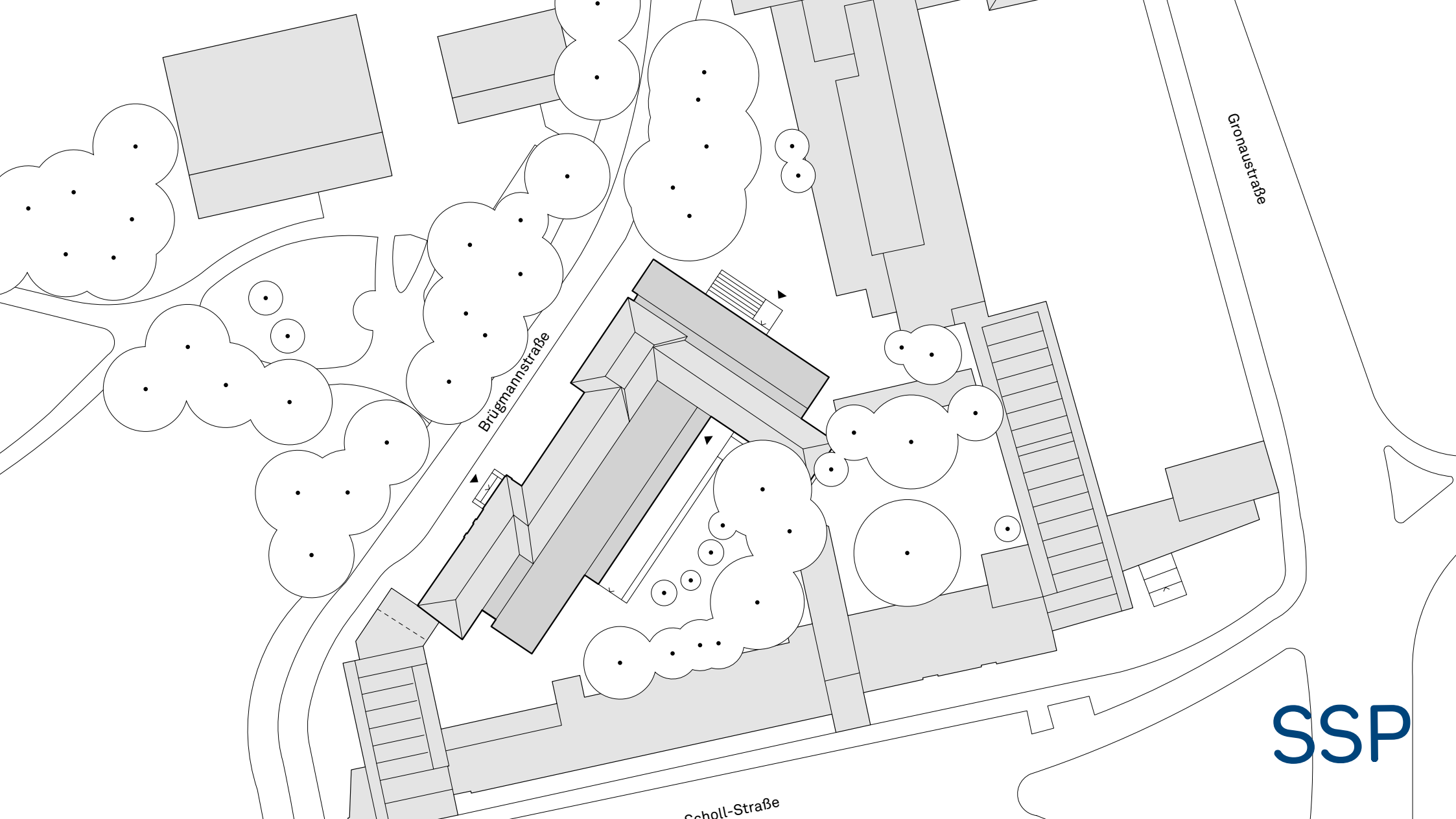
- Raumluf
- Tages- und Kunstlicht
- Raumakustik
- Farben und Materialien
- Ergonomie, Ernährung und körperliche Fitness

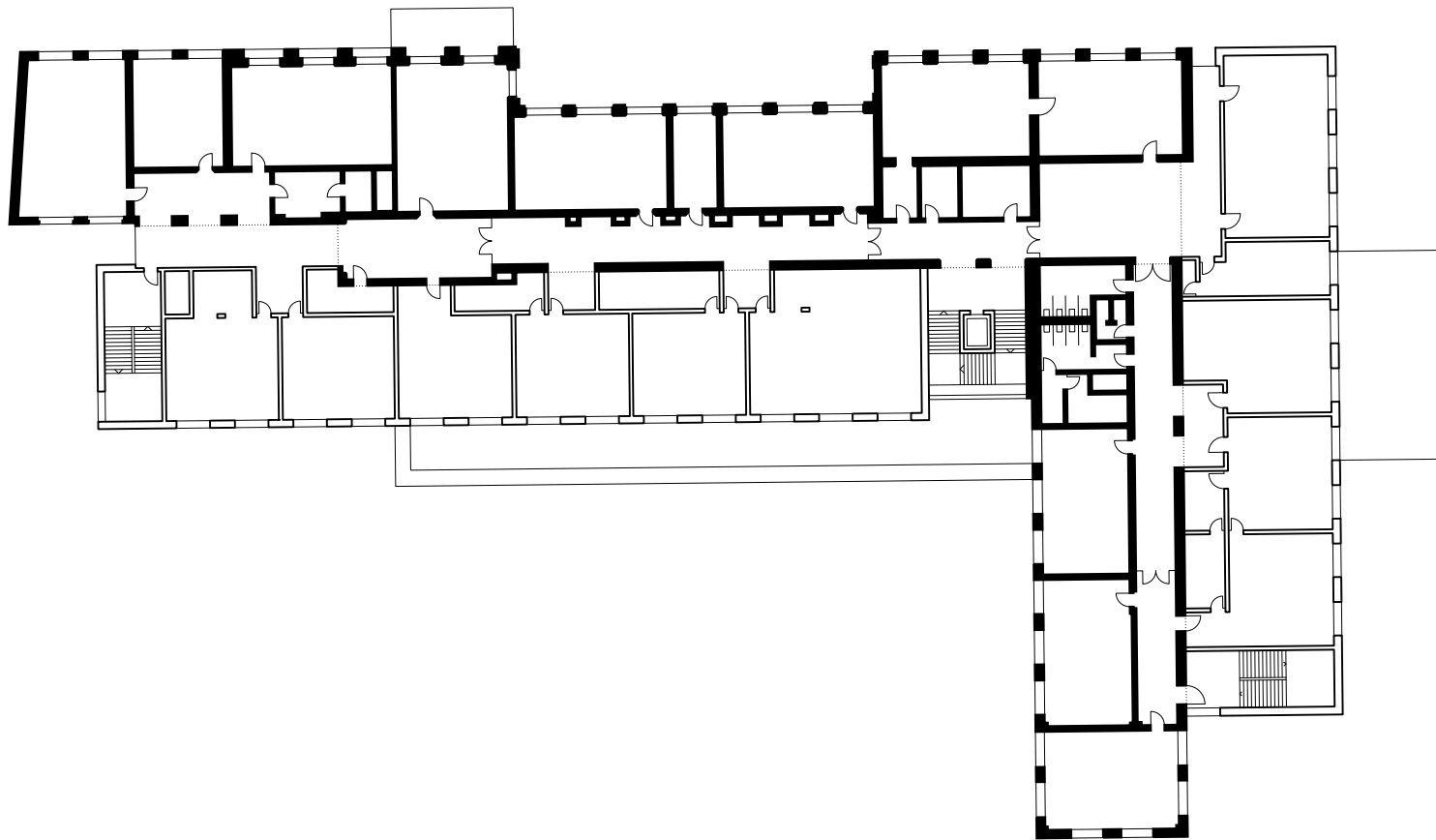
Gesundheit

Raumluft: Raumgröße und -volumen

Neubau



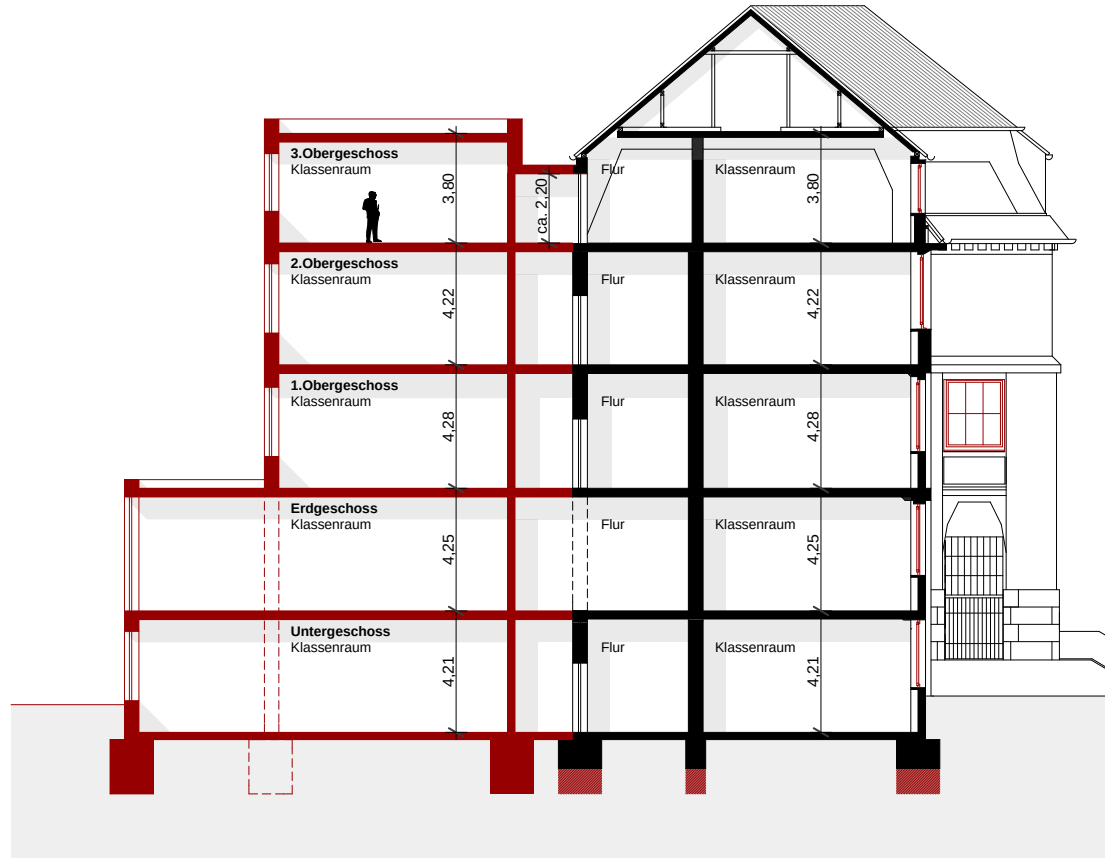




SSP

Gesundheit

Raumluf: Raumgröße und -volumen



Gesundheit Raumluf: Raumgröße und -volumen



SSP

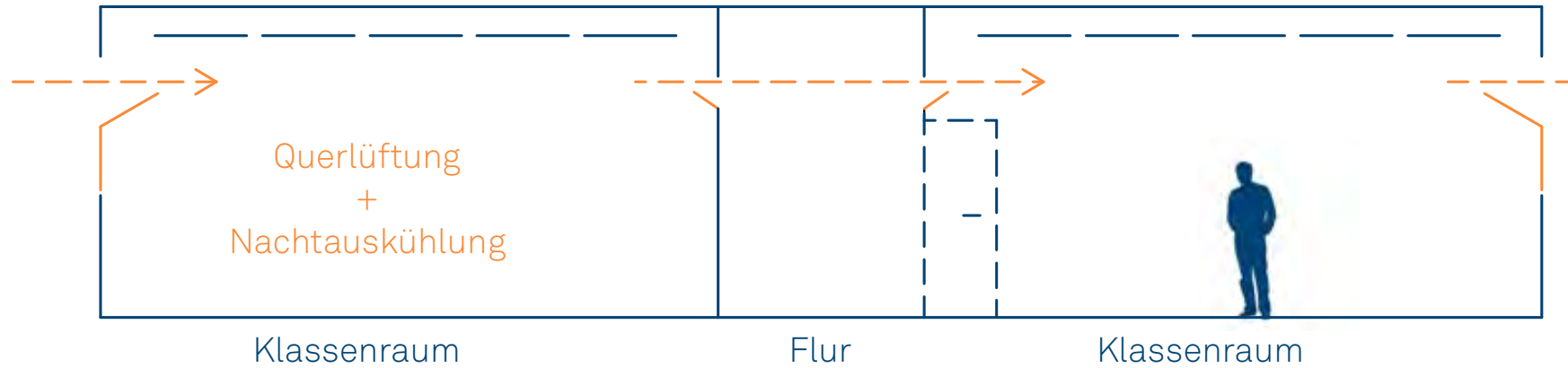
Gesundheit
Raumlüft: Raumgröße und -volumen

SSP



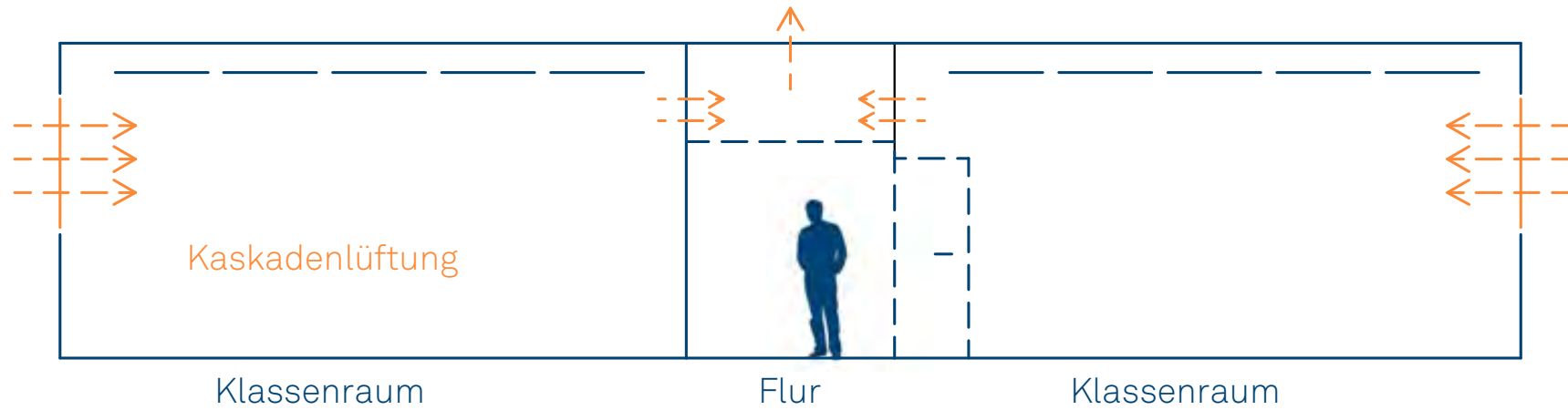
SSP

Gesundheit Querlüftung



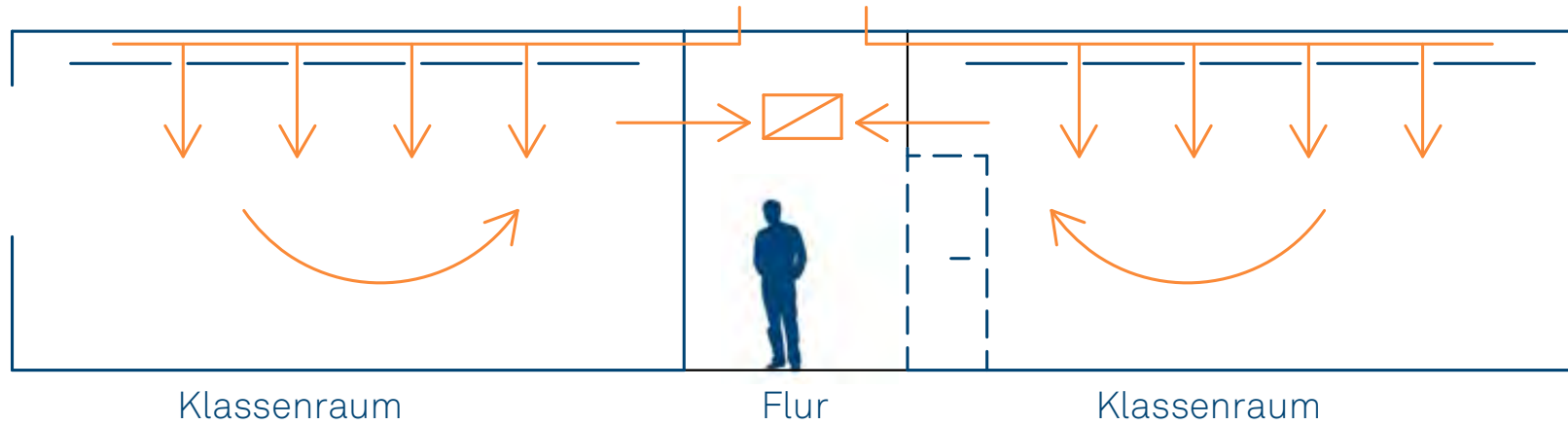
Gesundheit

Kaskadenlüftung



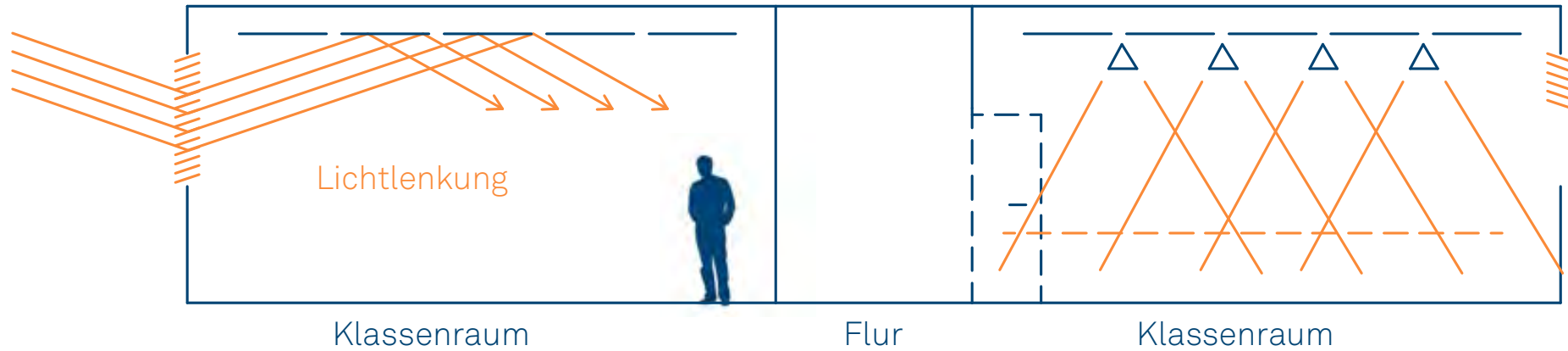
Gesundheit

Mechanische Be- und Entlüftung

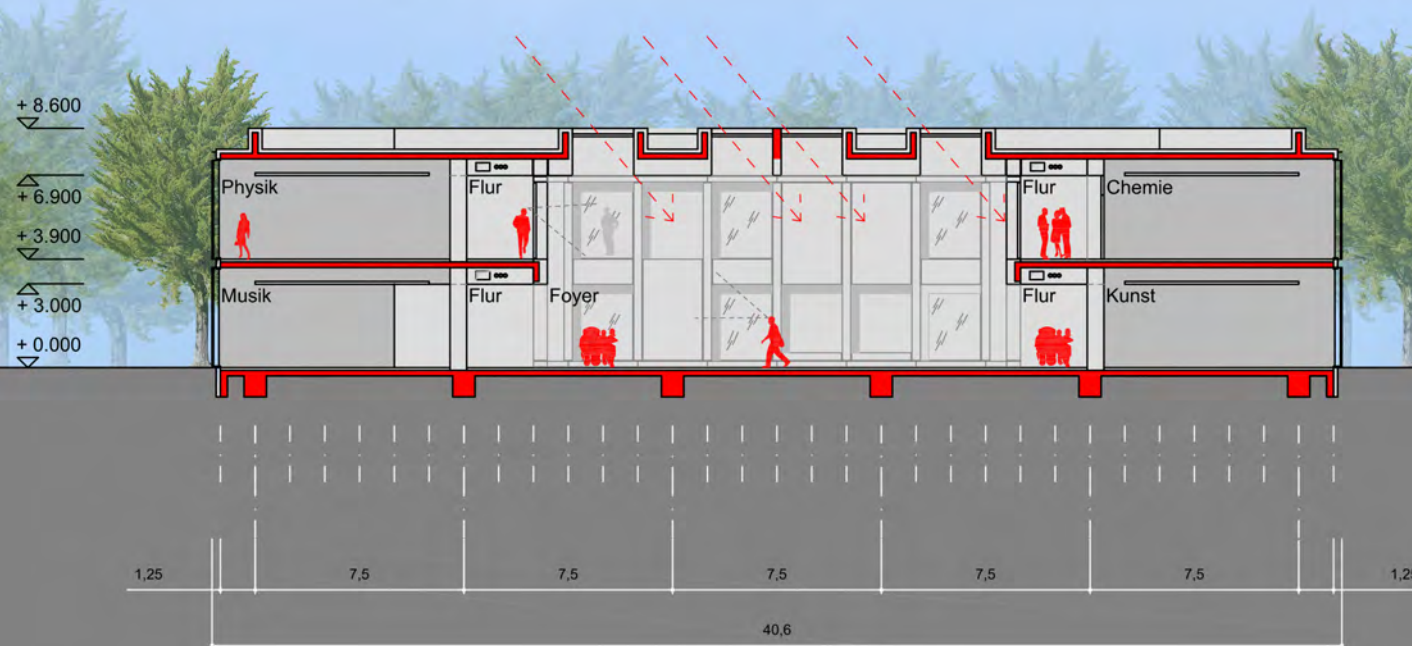


Gesundheit

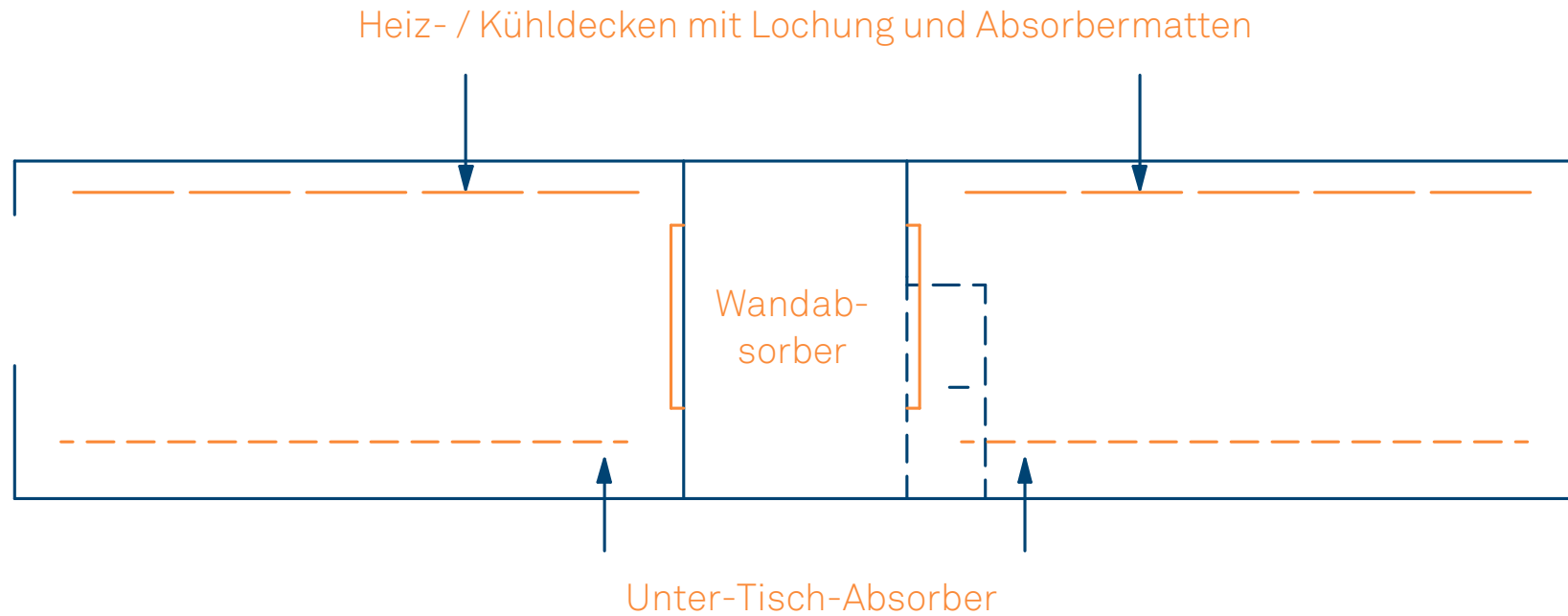
Tages- und Kunstlicht



Gesundheit Tages- und Kunstlicht



Gesundheit Raumakustik



Gesundheit Raumakustik



SSP

Gesundheit
Farben und Materialien



SSP

Gesundheit
Farben und Materialien



SSP

Gesundheit
Farben und Materialien



SSP

Gesundheit Körperliche Fitness



Quelle: [kompan.de](https://www.kompan.de)

SSP

Nachhaltigkeit

SSP

Ausgangslage Nachhaltigkeit

- Ausgangslage
- Grundsätze und Methoden
- Beispiel: Reuse - Reduce - Recycle
- Beispiel: Gebäude und Freiraum als Einheit

Ausgangslage Nachhaltigkeit

SSP



Ausgangslage Nachhaltigkeit

Bauaktivitäten weltweit

- 35 % Energiebedarf
- 50 % Materialverbrauch
- 50 % Abfall
- 50 % Co₂-Emissionen

SSP



Ausgangslage Nachhaltigkeit
Energiebedarf weltweit

10.000 mal so viel Energie
wie Bedarf

SSP

Ausgangslage Nachhaltigkeit Aktuelles Energieproblem

- Verbrennung Öl, Gas und Kohle
- Steigender CO₂-Ausstoß
- Zu geringe Quote regenerative Energie



SSP

Ausgangslage Nachhaltigkeit Materialverbrauch

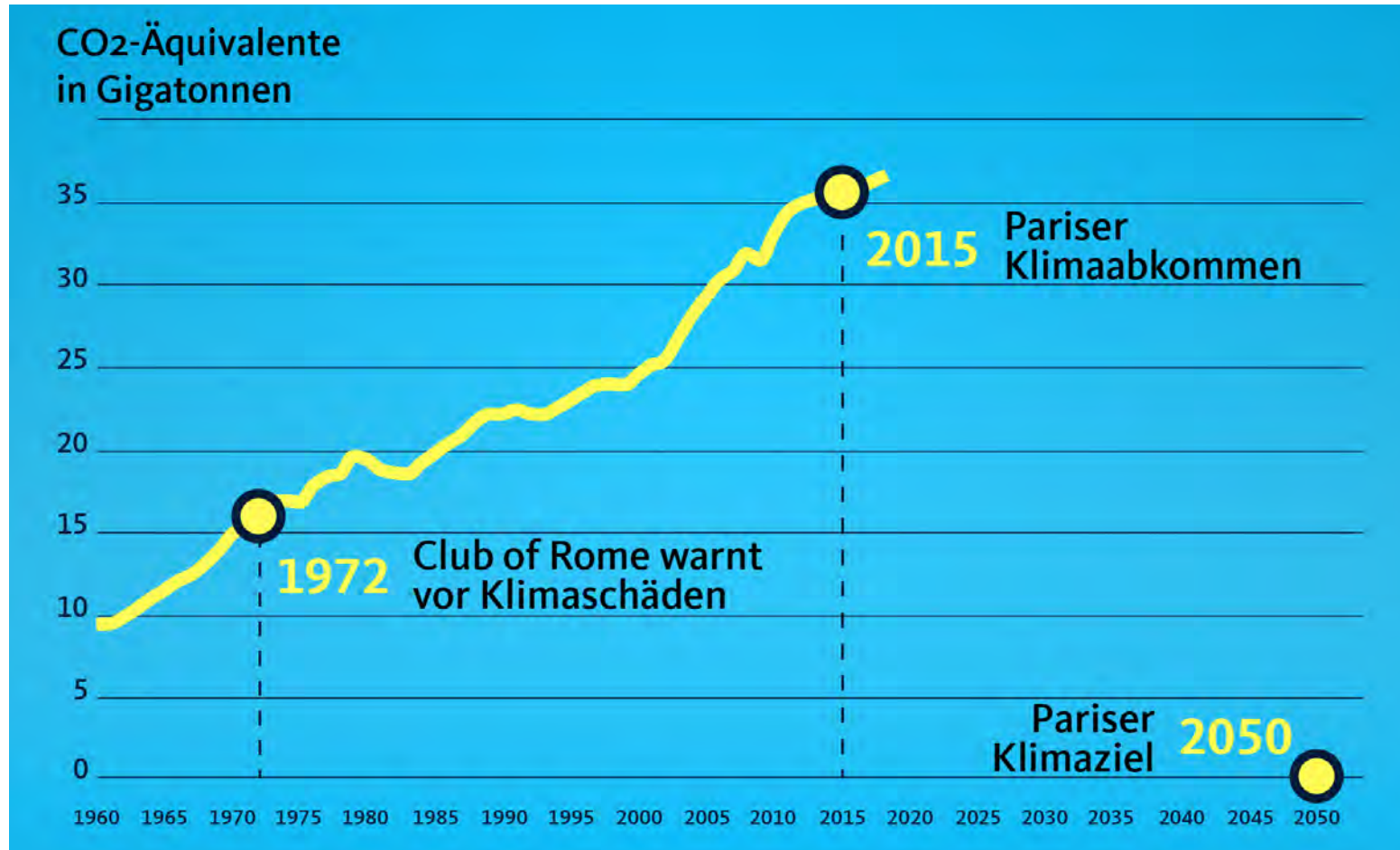
- 100 Milliarden t/a
- 3.200 t/sec
- 2019: 6,3 Mill. Menschen – 76 t/Person
- 2019: EU 430 t/Person

Ausgangslage Nachhaltigkeit Abfall

- 300 t/sec
- Deponien heute schon voll
- immer weitere Wege, 200 km und mehr
- immer mehr Sondermüll

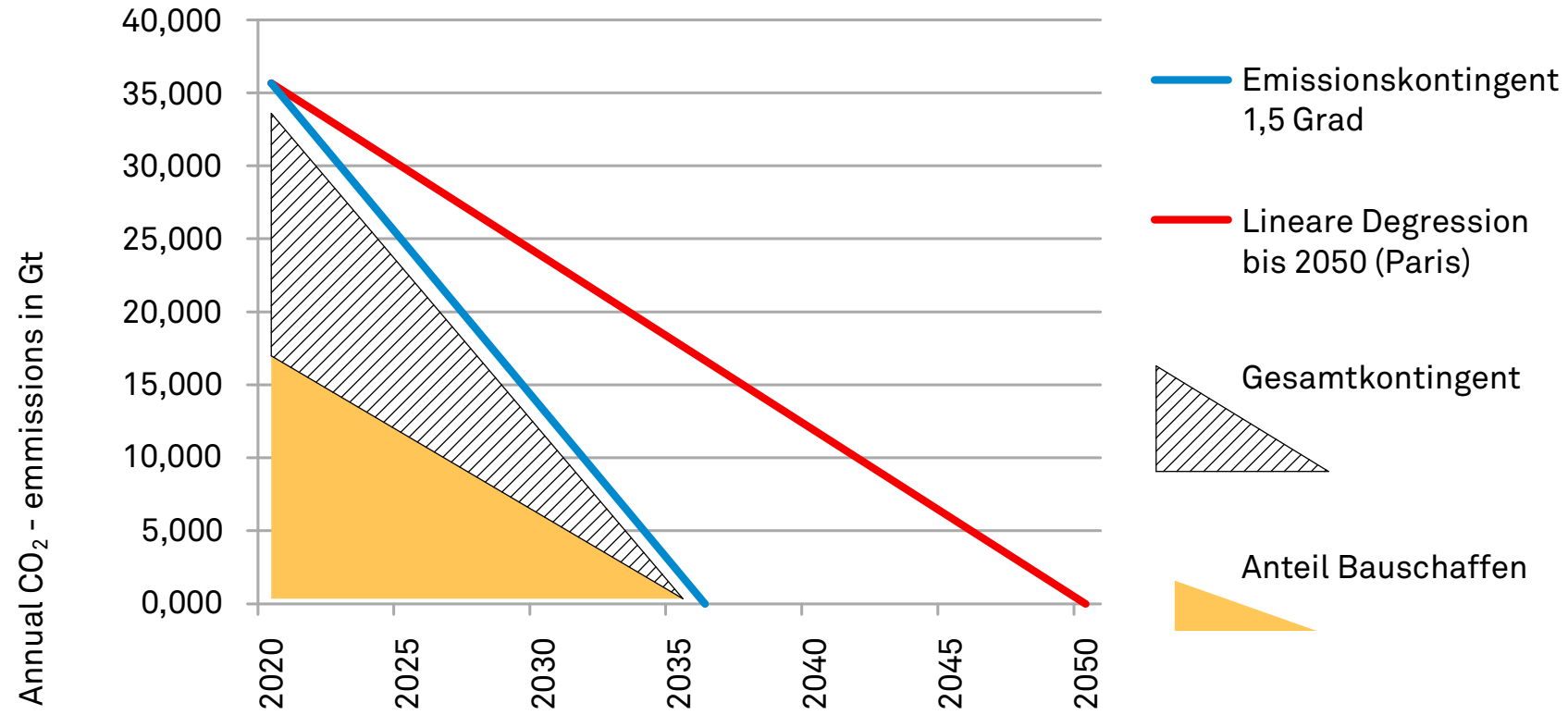
Ausgangslage Nachhaltigkeit

CO₂ - Emissionen | Entwicklung weltweit



Ausgangslage Nachhaltigkeit

CO₂ - Emissionen | Ziele Deutschland



Ausgangslage Nachhaltigkeit

Mega-Herausforderung: Wachstum Erdbbevölkerung



SSP



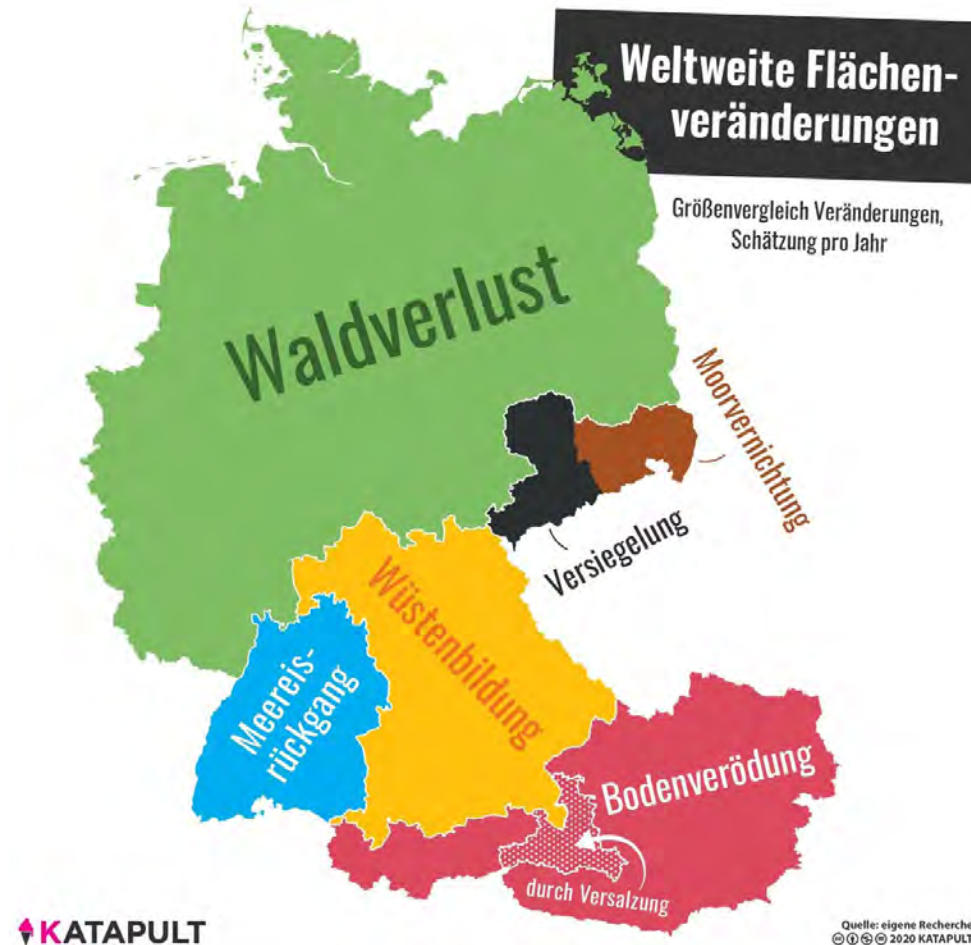
Ausgangslage Nachhaltigkeit Geburten- und Sterberate

- 4,4 Geburten pro Sekunde
- 1,8 Sterbefälle pro Sekunde
- Zuwachs: 2,6 Menschen pro Sekunde

SSP

Ausgangslage Nachhaltigkeit

Flächenveränderung weltweit pro Jahr



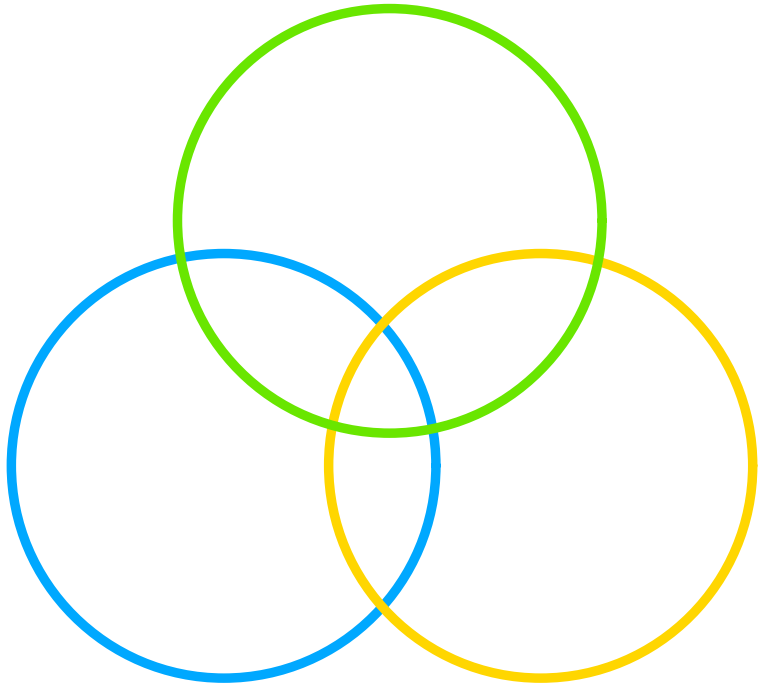
SSP

Ausgangslage Nachhaltigkeit
Zukunftsaufgabe

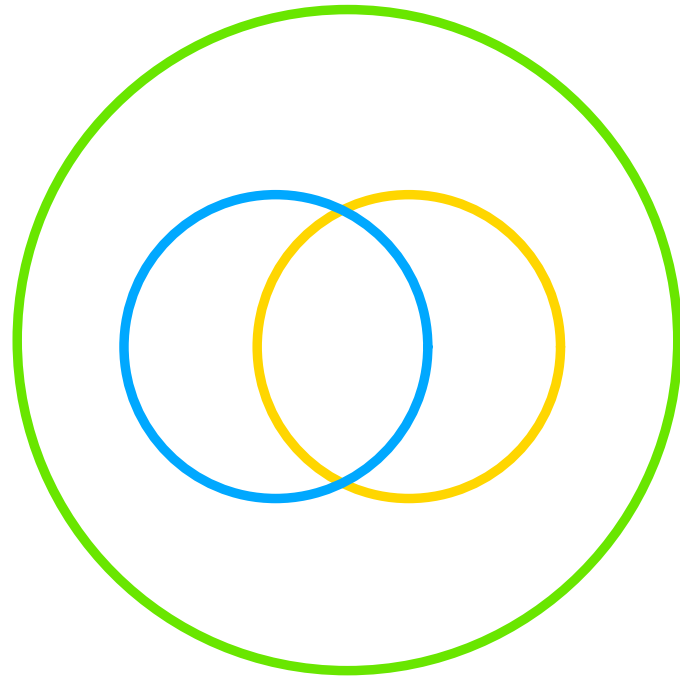
**Für mehr Menschen bauen
mit weniger Material
und Emissionen.**

SSP

Ausgangslage Nachhaltigkeit
Kompletter Wertewandel Nachhaltigkeit



Bisher



Zukünftig

SSP

Grundsätze und Methoden

Methode GreytoGreen



SSP

Flächen -
suffizienz



Flächen-
verbrauch



Quartier I Umfeld
Mobilität



Neubau
Sanierung



Recycling-
fähigkeit



GreytoGreen

Gebäude DNA ©
Nutzungsneutralität



Grundstücks-
flächenverbrauch



Energieintensität
Bauweise



Erneuerbare
Energien



Intelligente
Gebäudehülle



Beleuchtungs-
konzept



Suffizienz Lüftung
nat. Be- + Entlüftung



Suffizienz
Heizung | Kühlung



Regenwasser-
rückhaltung



Ressourcen-
verbrauch



GreytoGreen

Rückstrahl-
verhalten



Versiegelung
Freianlagen



Freiflächen-
begrünung



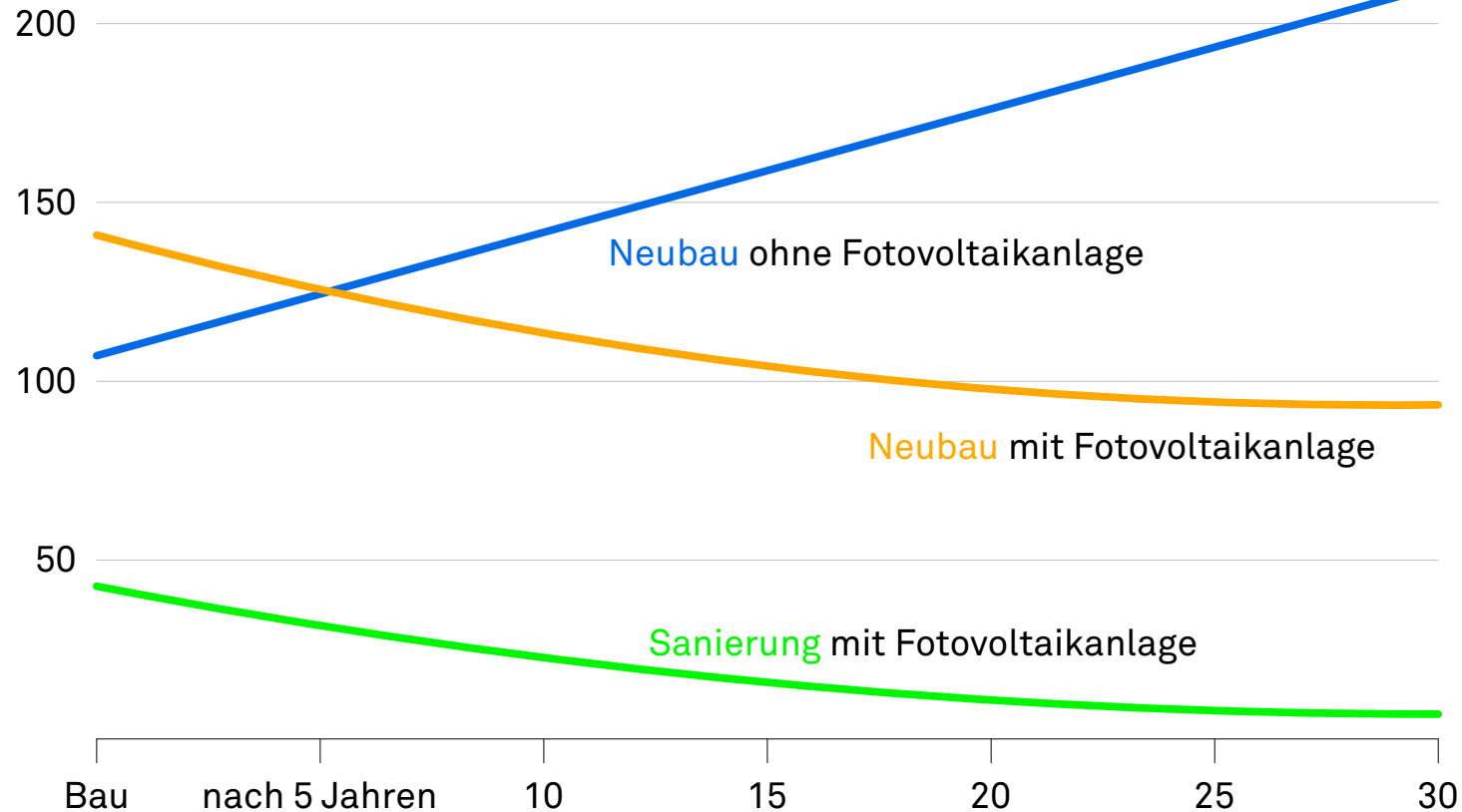
Fassaden-
begrünung



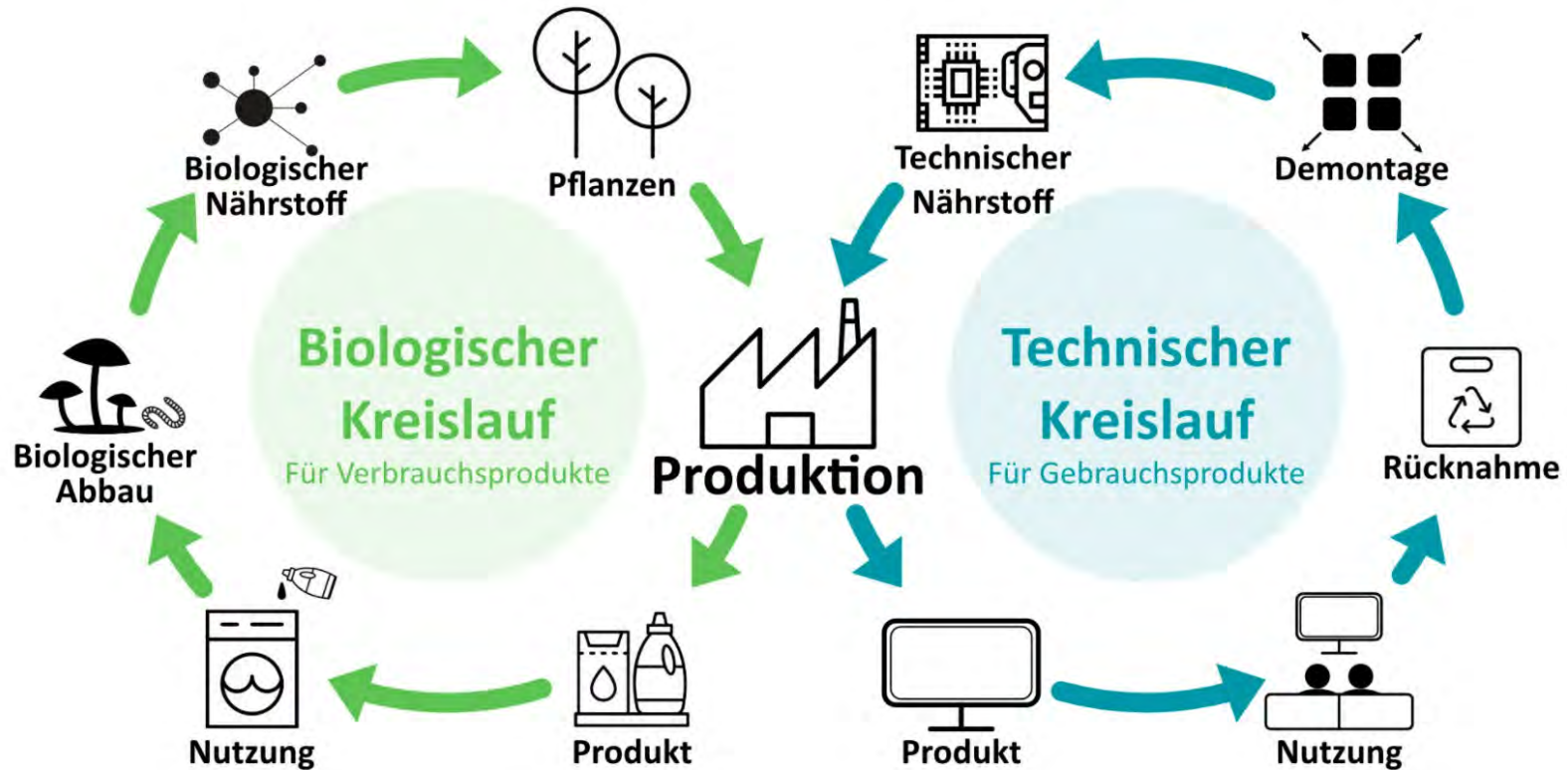
Dach-
begrünung



Grundsätze und Methoden Klimaneutralität



Beispiel Reuse - Reduce - Recycle



Beispiel

Reuse - Reduce - Recycle

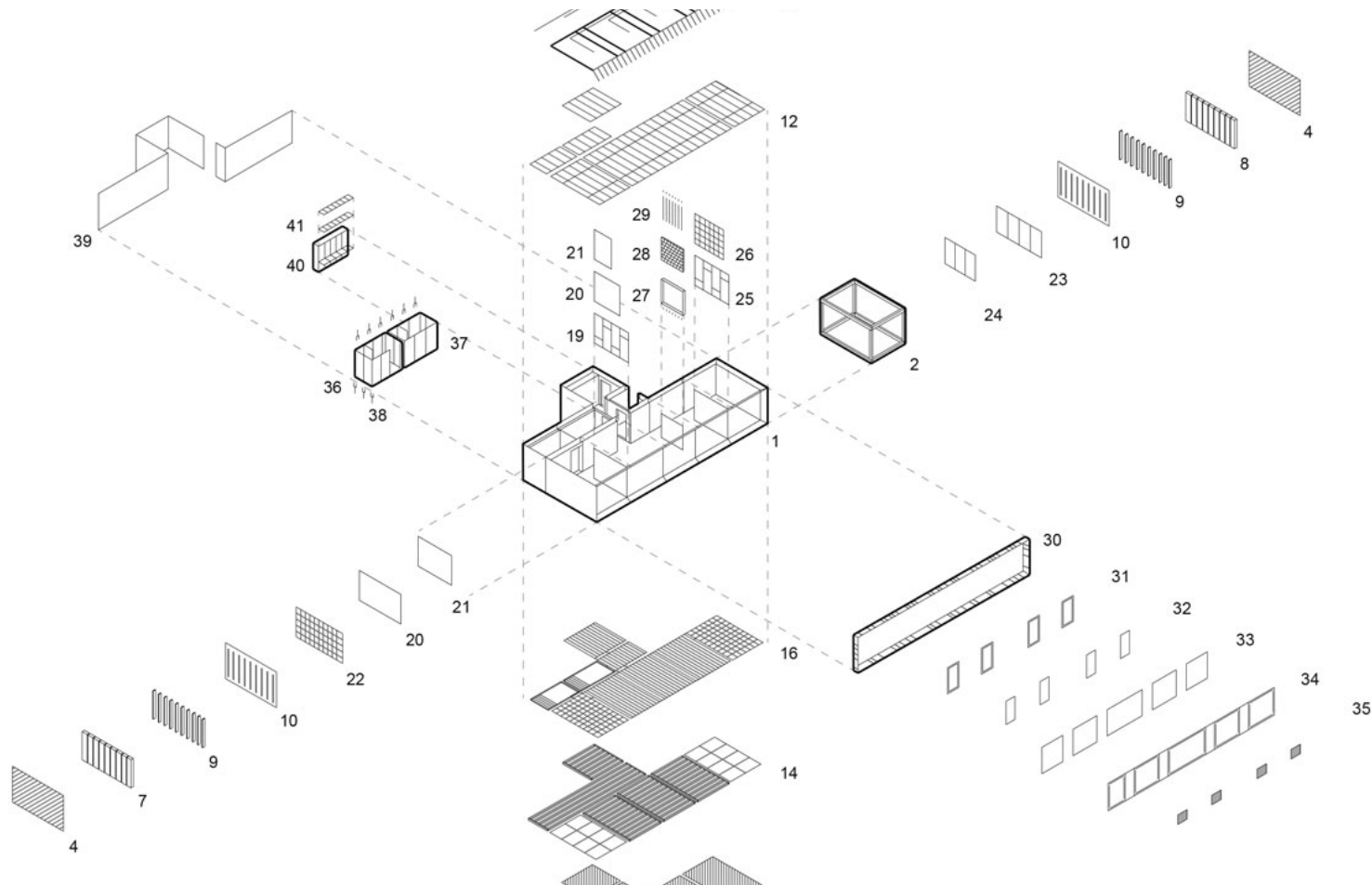
Gebäude nicht als „Abfall“
sondern als „Wertstoff“
begreifen.

SSP

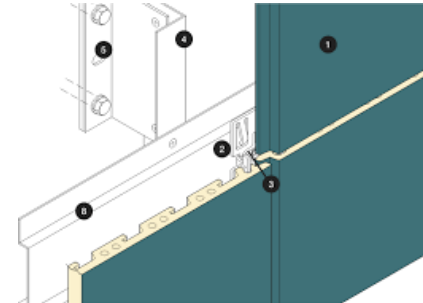
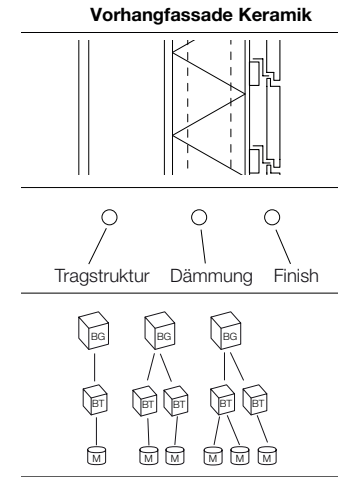
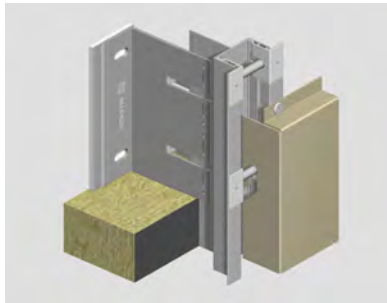
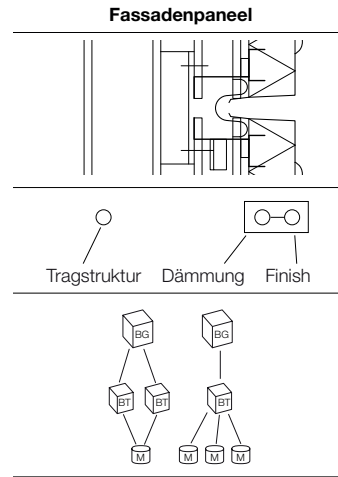
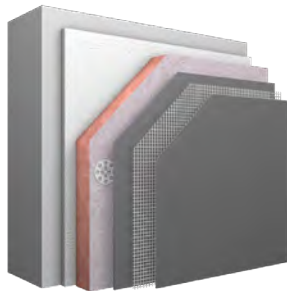
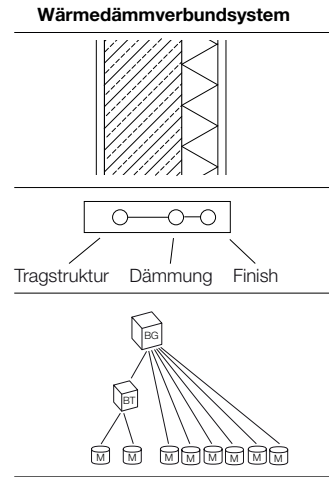
Material und Fügung



Reduce | Nest-Unit Umar | Dübendorf CH | Werner Sobek



Beispiel Reuse - Reduce - Recycle



Beispiel
Reuse - Reduce - Recycle



SSP

Beispiel Reuse - Reduce - Recycle



SSP

Beispiel
Reuse - Reduce - Recycle





SSP

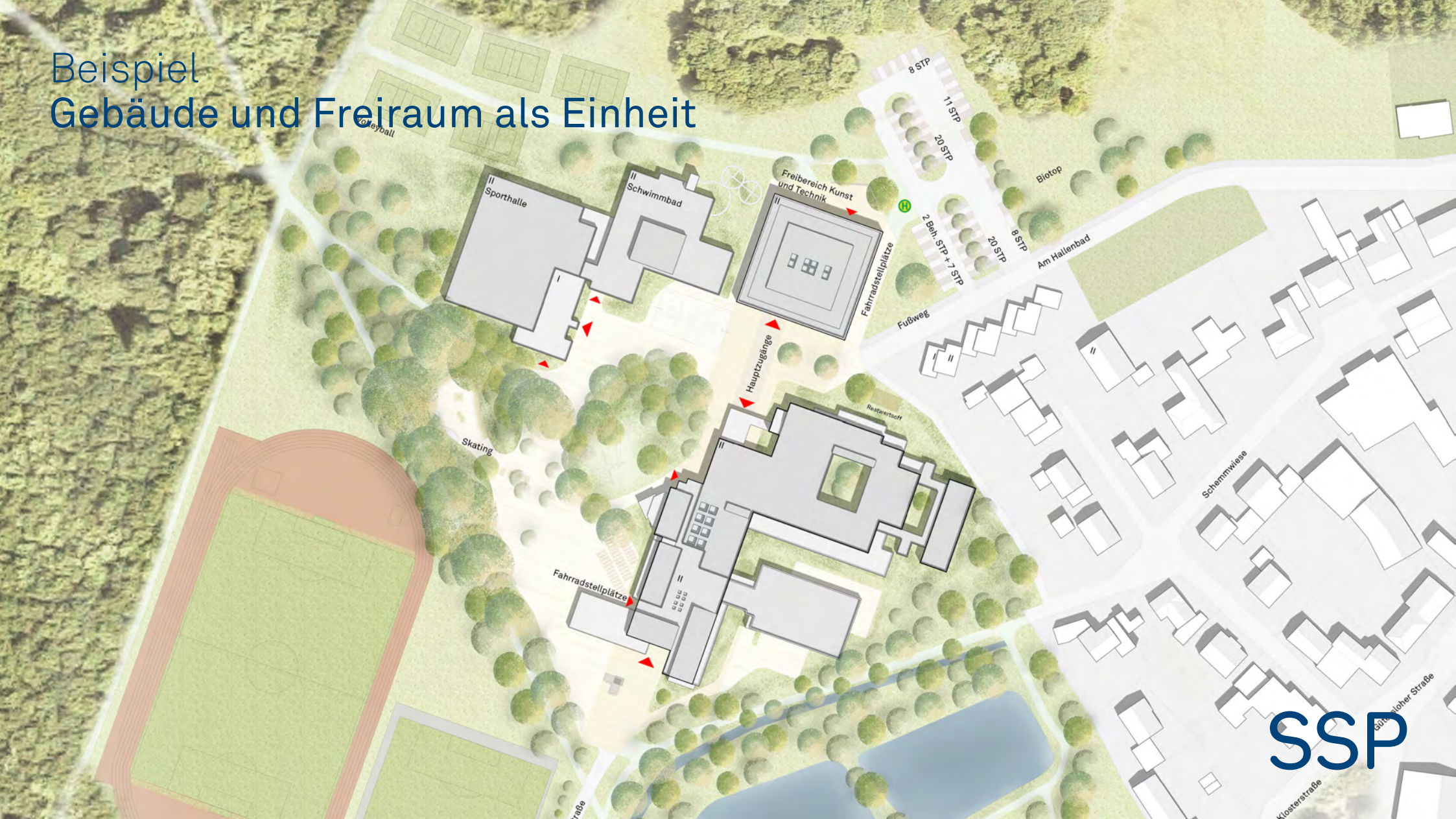


SSP



SSP

Beispiel Gebäude und Freiraum als Einheit





SSP



SSP



SSP

Beispiel Gebäude und Freiraum als Einheit



SSP

Beispiel
Gebäude und Freiraum als Einheit



SSP

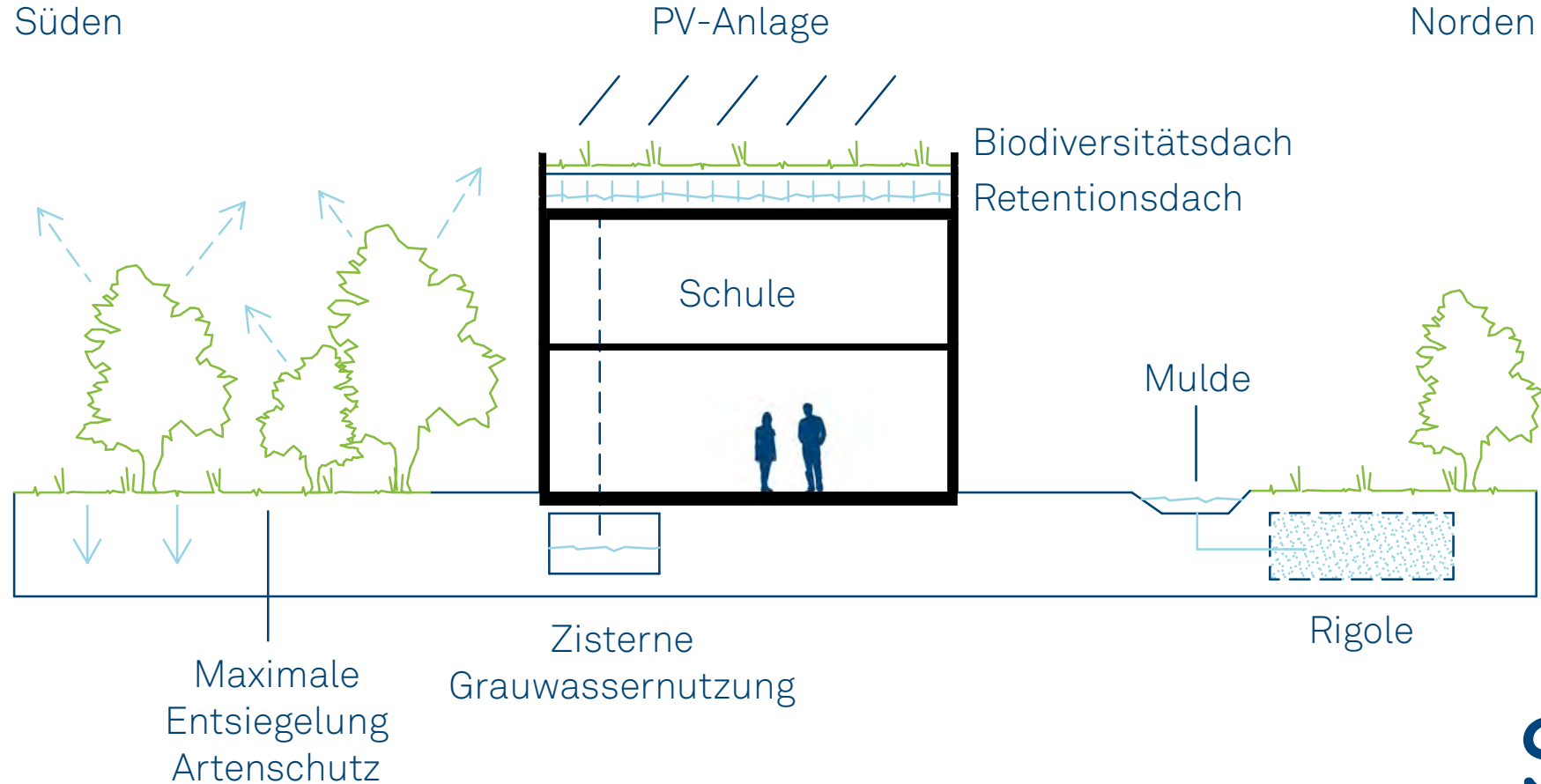
Beispiel
Gebäude und Freiraum als Einheit

SSP



SSP

Beispiel Gebäude und Freiraum als Einheit



Fazit

SSP

Fazit

Lernen

- Differenzierte Lernorte und Raumfolgen
- Hohe Material- und Nutzungsqualität
- Räume für Selbstlernen, Spielen, Musizieren
- Mehrwertraum „Forum“ als Schulmittelpunkt

Fazit

Gesundheit

- Alle Gesundheitsfaktoren baulich integrieren
- Neubau: größere Räume als „Norm“
- Pausen: Bewegung und Entspannung
- Grünräume, Gardening und gesunde Ernährung

Fazit

Nachhaltigkeit

- Gebäude und Freiraum in Wechselwirkung planen
- Sanieren/Ergänzen statt neu bauen
- Klimaneutralität berücksichtigen
- Maximal entsiegeln, begrünen und Artenschutz ermöglichen
- 100 % Regenwasser nutzen (Grundstück als "Schwamm")

The background of the slide is a photograph of a bright blue sky filled with numerous white, fluffy clouds of varying sizes. The clouds are scattered across the frame, with some appearing more prominent than others. The overall tone is bright and airy.

Vielen Dank

SSP