



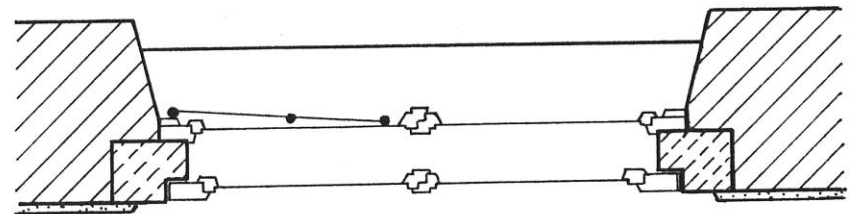
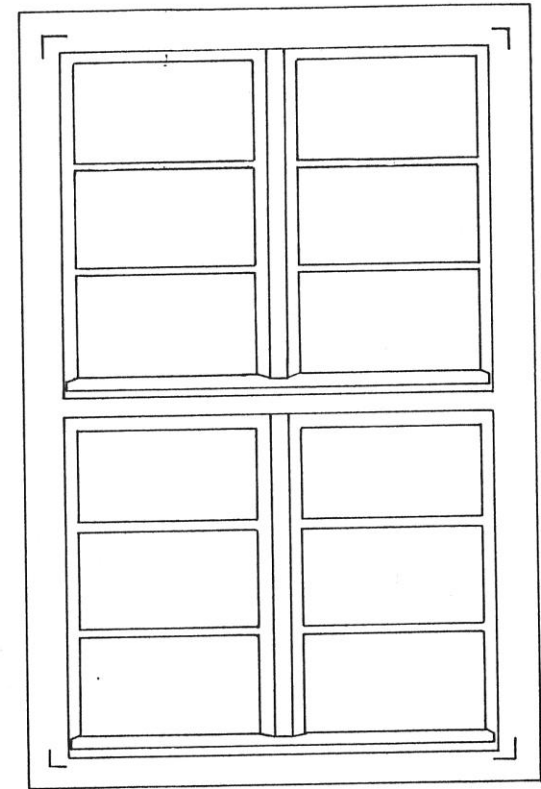
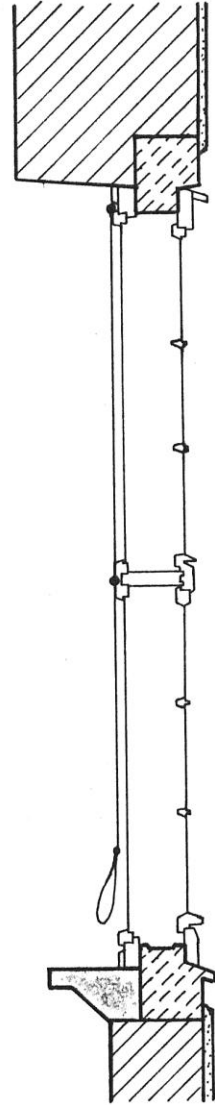
B.A.U. für ökologische Planer und Gäste
04.12.2015, 17:00 - B.A.U. GESCHÄFTSSTELLE, Alte
Schule, Eiswerderstraße 13, 13585 Berlin-Spandau

Auswirkung der thermischen Sanierung der Gebäudehülle auf die Tageslichtnutzung in Gebäuden.

Roman Alexander Jakobiak
jakobiak@daylighting.de

daylighting.de

Kastenfenster



Window, old and new



Sanierung - Vergleich des alten mit dem neuen Kastenfenster



Während das Fenster im Bestand von Innen am Fensteranschlag befestigt war, wurde das im Rahmen der energetischen Sanierung eingebaute neue Fenster zwischen den Anschlägen montiert. Hierdurch ging umlaufend ein etwa 12 cm breiter Streifen an Glasfläche verloren. Das Tageslichtniveau wurde dadurch erheblich vermindert.





“Rostlaube” nach Sanierung.



“Rostlaube”; 1967 -1973 by Georges Candilis, Alexis Josic and Shadrach Woods. Zustand vor Sanierung.



Bei der Sanierung der denkmalgeschützten "Rostlaube" der FU-Berlin wurden die Proportionen der Fassade beibehalten, so dass die Glasflächen nicht reduziert wurden.

Zuordnung der Gütekriterien der **Tageslicht**-Beleuchtung

• **Wohlbefinden**

- Sichtverbindung ins Freie
- Helligkeit
- Besonnung

DIN 5034-1 : 2011-07

Tageslicht in Innenräumen –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen

• **Sehen**

- Beleuchtungsstärke
- Blendungsbegrenzung
- Farbwiedergabe

DIN EN 12464-1 : 2011-08

Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten -
Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen

• **Energieeffizienz**

- relative Nutzbelichtung
- solare Wärmequellen
- Energiebedarf für Beleuchtung

DIN V 18599-4 : 2011-12

Energetische Bewertung von Gebäuden –
Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung

Zuordnung der Gütekriterien der **Tageslicht**-Beleuchtung

- **Gestaltung**

- räumliche Gleichmäßigkeit
- Leuchtdichteverteilung, Lichtrichtung, Schattigkeit
- Farbtemperatur

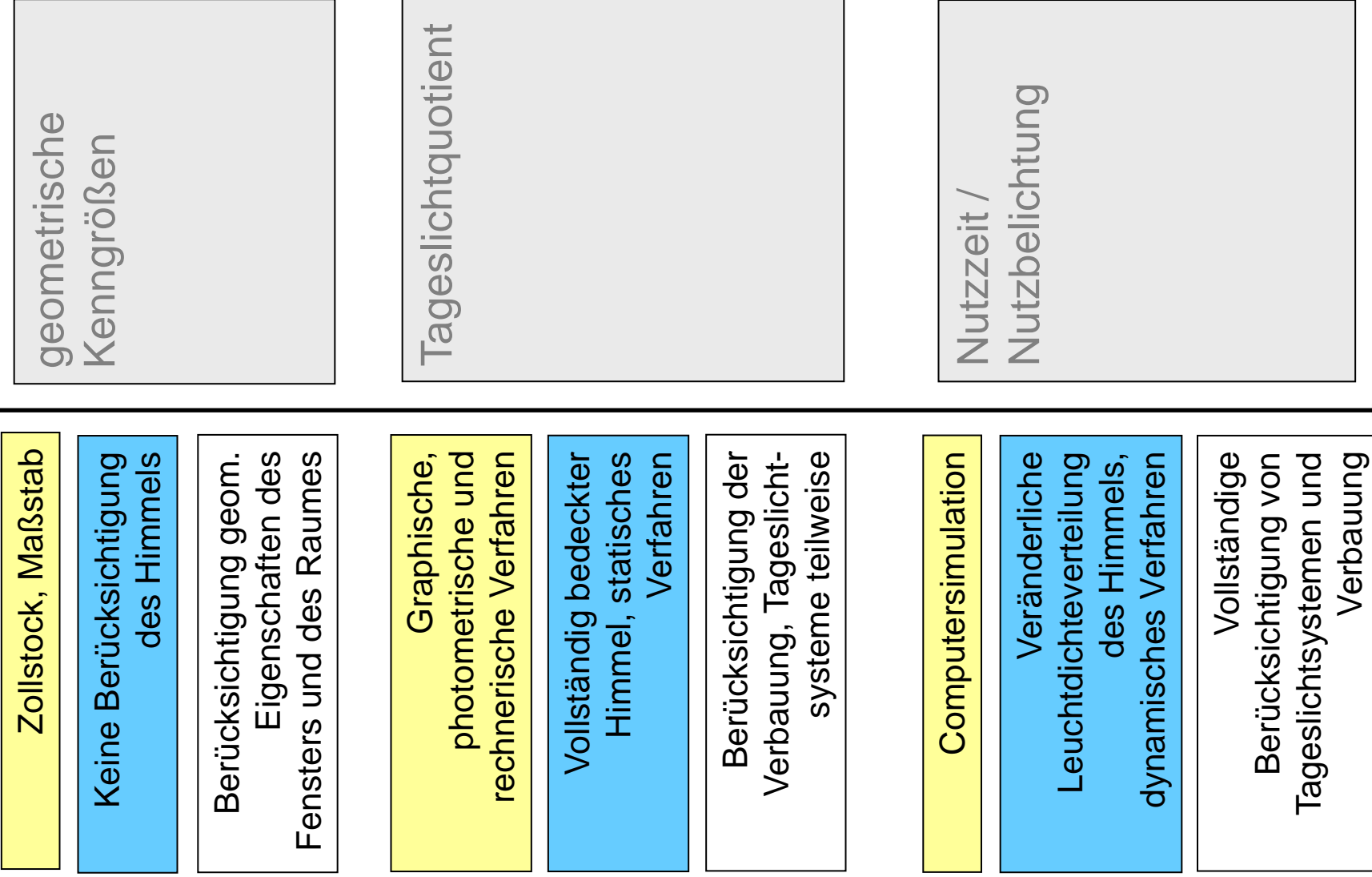
- **nichtvisuelle biologische Wirkung**

- zeitliche Dynamik
- Lichtdosis

DIN V 5031-100 : 2009-06

Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik –
Teil 100: Über das Auge vermittelte, nichtvisuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen

Welche Maßzahl ist geeignet, den Einfluss der Sanierung auf die Tageslichtbeleuchtung zu charakterisieren?



Zur Bewertung ausgewählte Kenngrößen

- effektive Fensterfläche
- Tageslichtquotient

Definition der effektiven Fensterfläche

$$A_{\text{eff}} = A_F \cdot \tau_{D65} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_e$$

mit

A_F

die Rohbau-Fensterfläche

τ_{D65}

der Lichttransmissionsgrad der Verglasung

k_1

der Minderungsfaktor für Rahmen und Sprossen

k_2

der Minderungsfaktor für Verschmutzung

k_3

der Korrekturfaktor für nicht senkrechten Lichteinfall

k_e

der Minderungsfaktor für die Lichtschachtwirkung der Fensterlaibung

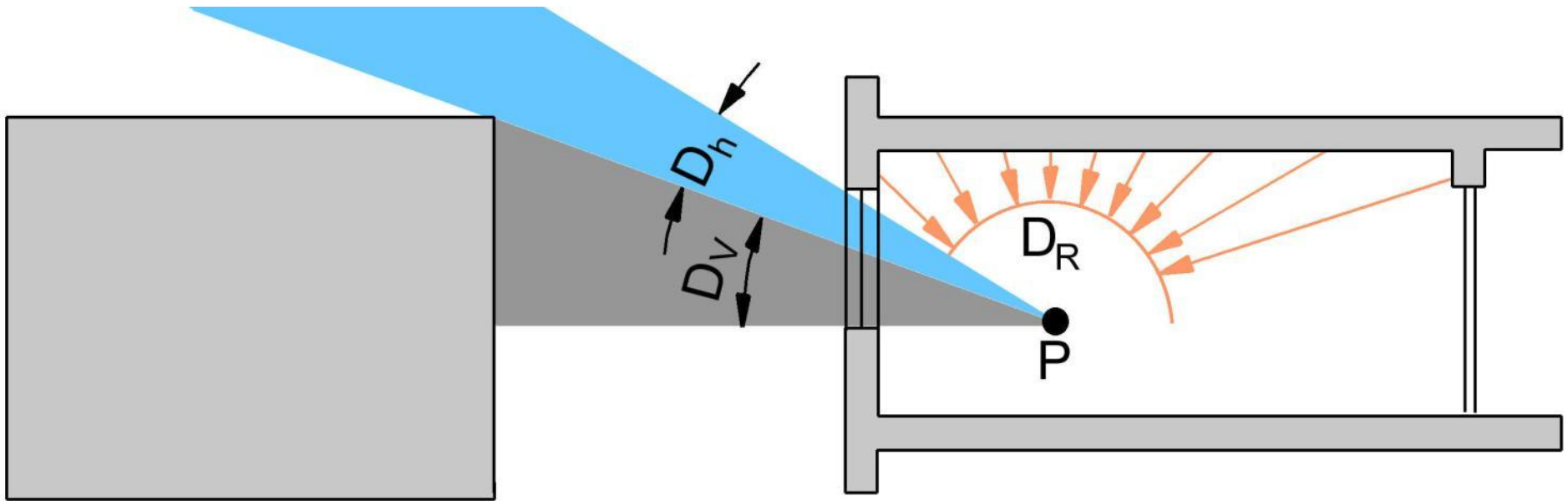
Definition des Tageslichtquotienten

“Der Tageslichtquotient D ist das Verhältnis der Beleuchtungsstärke E_p in einem Punkt einer gegebenen Ebene, die durch direktes oder indirektes Himmelslicht bei angenommener oder bekannter Leuchtdichteverteilung des Himmels erzeugt wird, zur gleichzeitig vorhandenen Horizontalbeleuchtungsstärke E_a im Freien bei unverbauter Himmelshalbkugel.“

$$D = \frac{E_p}{E_a} \cdot 100\%$$

- Die durch direktes Sonnenlicht bewirkten Anteile beider Beleuchtungsstärken bleiben unberücksichtigt. [DIN 5034-1]

Berechnung des Tageslichtquotienten nach DIN 5034-3



dabei sind:

$$D = D_H + D_V + D_R$$

D_H

Himmelslichtanteil

D_V

Verbauungsanteil

D_R

Innenreflexionsanteil

Messung des Tageslichtquotienten vor Ort



Der Tageslichtquotient, Gütemerkmal für ausreichende Helligkeit

“Die vom Tageslicht in Wohnräumen erzeugte Helligkeit ist im Rahmen ihrer **psychischen** Bedeutung ausreichend, wenn der Tageslichtquotient auf einer horizontalen Bezugsebene, gemessen in einer Höhe von 0,85 m über dem Fußboden in halber Raumtiefe und in 1 m Abstand von den Seitenwänden im Mittel wenigstens 0,9% und am ungünstigsten dieser Punkte mindestens 0,75% beträgt.”

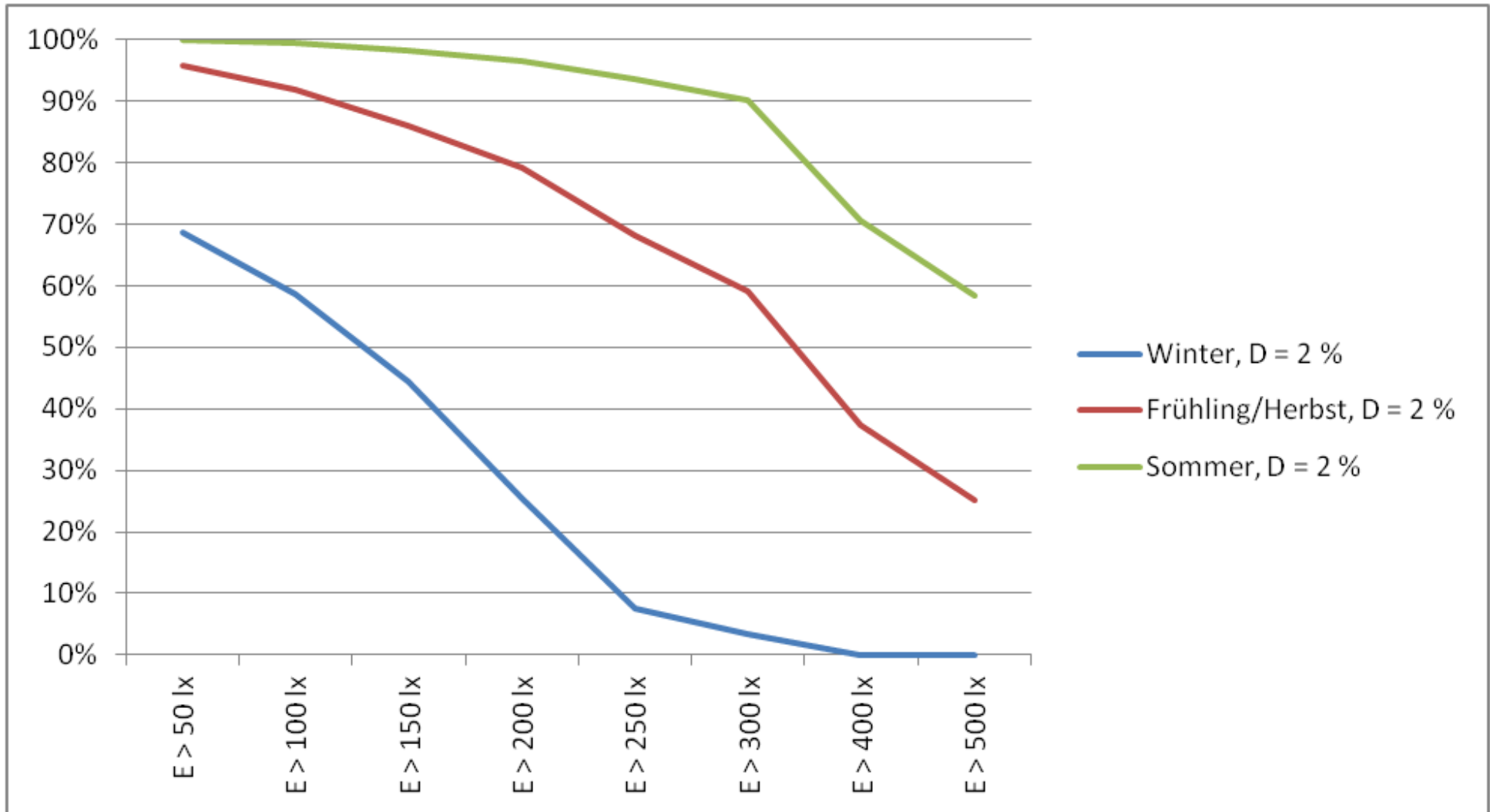
[DIN 5034-1 Abschnitt 4.3.1 Helligkeit]

- » Diese Anforderungen gelten auch für Arbeitsräume, soweit sie in ihren Maßen Wohnräumen entsprechen.

Der Tageslichtquotient als Indikator für ausreichende Beleuchtung

- “Als Voraussetzung für eine **ausreichende Beleuchtung** von Räumen mit Tageslicht wird ein **Tageslichtquotient von wenigstens 2% in Raummitte** empfohlen.“
[DIN 5034-1 Abschnitt 4.3.2 Erfüllung der Sehaufgabe]
 - » Diese Anforderung wurde neu in die DIN 5034-1 aufgenommen, sie reflektiert die Diskussion um den Begriff einer ausreichenden Versorgung mit Tageslicht. Diese Diskussion kreist sowohl um die biologische Wirkung des Tageslichts auf den Menschen, als auch um die Beleuchtung mit Tageslicht.

Korrelation des Tageslichtquotienten mit der Beleuchtungsstärke



Das Diagramm wurde erstellt für den Standort: Hannover und eine Betriebszeit von 10. bis 18. Uhr, es bezieht sich auf die Beleuchtung durch die diffuse Himmelsstrahlung ohne direkte Sonnenstrahlen.

Kindergarten „Zum guten Hirten“, (Gruppenraum)

Beispiel mit vergleichsweise hohem Fensterflächenanteil

	Bestand	nach Sanierung
eff. Fensterfläche / Raumgrundfläche	0,24	0,2
Tageslichtquotient in Raummitte	1,7 %	1,4%

Kindergarten „Zum guten Hirten“, Ulm-Böfinge, Architekt Josef Götz; Errichtung 1974, Sanierung 2010

Dietrich Bonhoeffer Berufskolleg, Klassenraum



Beispiel mit typischem Fensterflächenanteil

	Bestand	nach Sanierung
eff. Fensterfläche / Raumgrundfläche	0,1	0,06
Tageslichtquotient in Raummitte	2,0%	1,4%

Beispiel mit vergleichsweise geringem Fensterflächenanteil

	Bestand	nach Sanierung
eff. Fensterfläche / Raumgrundfläche	0,03	0,02
Tageslichtquotient in Raummitte	0,3%	0,2%

Franziskanerkloster, Graz, Errichtung 1239, Sanierung 2013

Änderung der Minderungsfaktoren zur Berechnung der effektiven Fensterfläche im Rahmen der Sanierung

1	2	3	4	5	6	7	8
Building	A_{Win}/A_{Floor} change	frame change	A_{Glass}/A_{Floor} change	t_v change	dirt change	well change	$A_{eff-Win}/A_{Floor}$ change
1_AT_Bruck_Office	-52%	+36%	-35%	-21%	0%	-2%	-50%
2_AT_Graz_Monastery	0%	+3%	+3%	-12%	0%	-3%	-12%
3_AT_Schwanenstadt_School	0%	0%	0%	-20%	0%	-6%	-25%
4_BE_Brussels_Office	+9%	0%	+9%	-22%	-5%	-5%	-24%
5_DE_Olbersdorf_School	0%	-9%	-9%	-9%	0%	-1%	-18%
6_DE_Ulm_Kindergarten	0%	0%	0%	-15%	0%	-2%	-16%
7_DK_Copenhagen_Kindergarten	0%	0%	0%	-18%	0%	-2%	-19%
8_IT_Cesena_School	0%	-6%	-6%	-18%	0%	-2%	-24%
9_NO_Oslo_School	0%	0%	0%	-5%	0%	0%	-5%
10_NO_Oslo_Office	+48%	0%	+48%	-12%	0%	-4%	+26%
11_DE_Detmold_School_C15	-24%	+21%	-8%	-29%	0%	-13%	-43%
12_DE_Detmold_School_Gym	+20%	+15%	+38%	-43%	0%	-1%	-22%

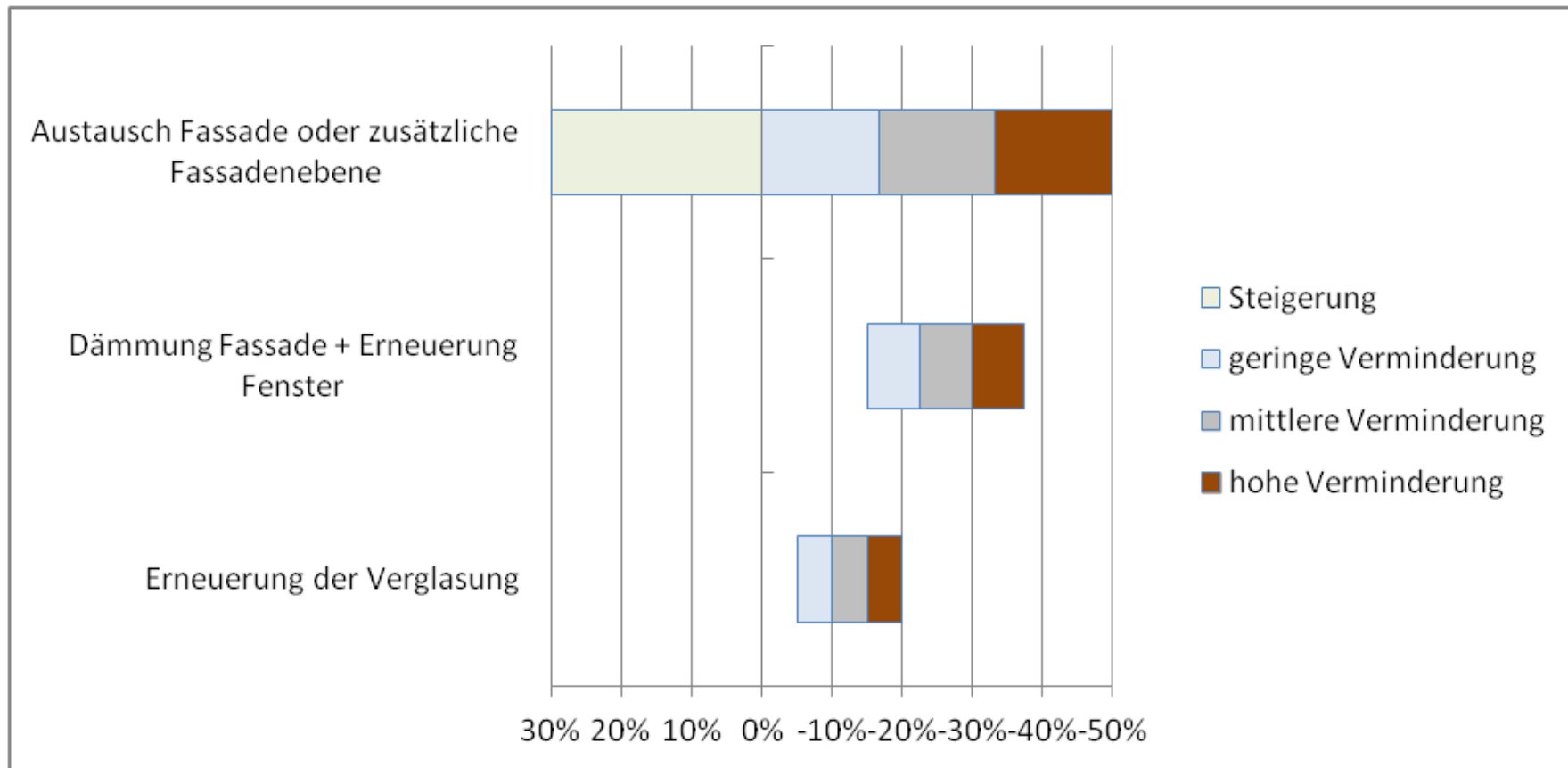
Untersuchungen durchgeführt von *daylighting.de* im Rahmen von IEA Task 47 *Solar Renovation of Non-Residential Buildings* und IEA Task 50 *Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings*

Änderung des Tageslichtquotienten in Raummitte im Rahmen der Sanierung

1	2	3	4	5	6	7
				D	D	D
Building	Floor	Room-type	Room id	before	after	change
1_AT_Bruck_Office	3	office	2.20	2,0%	0,8%	-60%
2_AT_Graz_Monastery	3	living room	10	0,3%	0,2%	-24%
3_AT_Schwanenstadt_School	2	classroom	4	2,0%	1,0%	-48%
4_BE_Brussels_Office	2	office	2	2,1%	1,4%	-33%
5_DE_Olbersdorf_School	3	classroom	310	0,9%	0,7%	-25%
6_DE_Ulm_Kindergarten	1	group room	1	1,7%	1,4%	-15%
7_DK_Copenhagen_Kindergarten	1	group room	19	1,1%	0,7%	-29%
8_IT_Cesena_School	2	classroom	-	1,6%	1,1%	-27%
9_NO_Oslo_School	2	classroom	-	1,7%	1,6%	-5%
10_NO_Oslo_Office	3	office	-	1,0%	1,3%	+33%
11_DE_Detmold_School_C15	1	classroom	C15	2,0%	1,4%	-30%

Untersuchungen durchgeführt von *daylighting.de* im Rahmen von IEA Task 47 *Solar Renovation of Non-Residential Buildings* und IEA Task 50 *Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings*

Sanierung – Auswirkung auf das Tageslichtniveau



Auswirkung verschiedener Strategien der thermischen Sanierung der Gebäudehülle auf das Tageslicht – Beleuchtungsniveau im Innenraum, extrapoliert aus den Querschnittsuntersuchungen zur Beleuchtung in IEA-Task 47 durchgeführt von **daylighting.de**. Untersucht wurden in der Hauptsache Nichtwohngebäude.

Dietrich Bonhoeffer Berufskolleg, Turnhalle

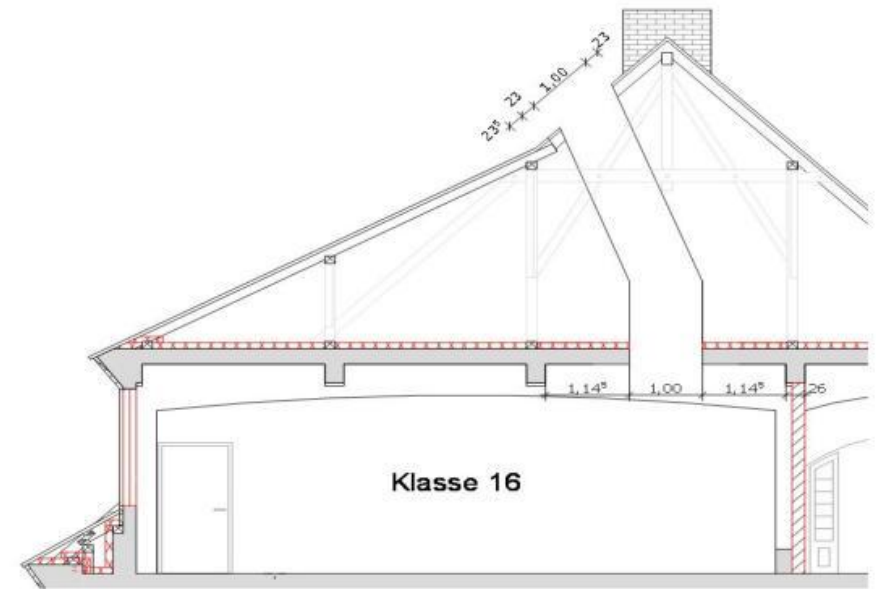


Maßnahme: Öffnen des im Bestand geschlossenen unteren Fensterbereichs

	Bestand	nach Sanierung
eff. Fensterfläche / Raumgrundfläche	0,18	0,14
Tageslichtquotient in Raummitte	-	2,4%

Friedrich-Fröbel Schule

Klassenraum in Dachgeschoss



**Maßnahme:
Neues Dachoberlicht mit Tageslichtdecke**

	Bestand	nach Sanierung
Glasfläche / Raumgrundfläche	0,07	0,15
D, Fensterabstand 2,26 m	2,5%	1,2%
D, Raummitte	1,3%	1,1%
D, Fensterabstand 6,77 m	0,6%	1,7%

Elektrochromes Glas



de

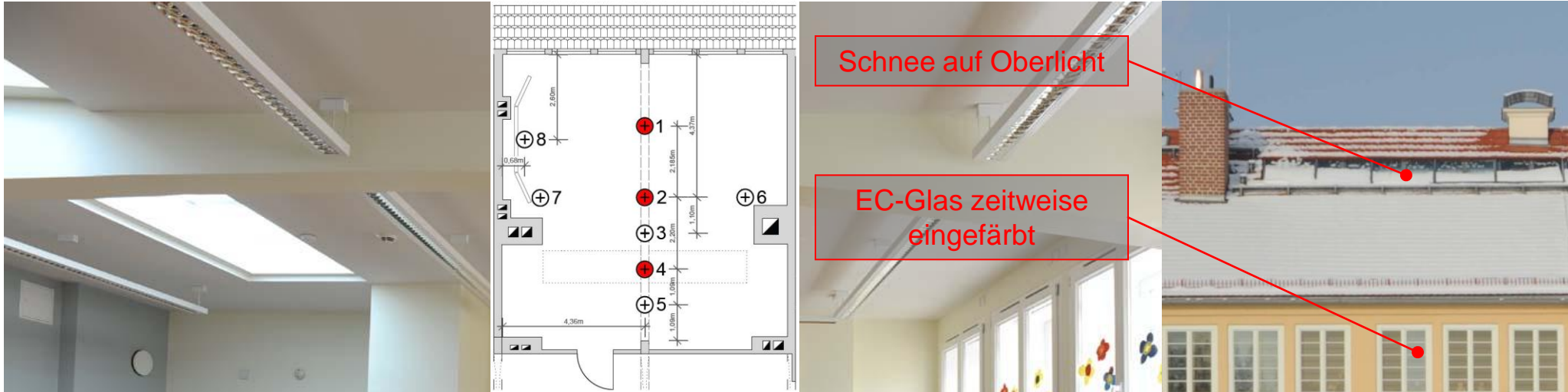


Verzerrung im Randverbund des elektrochromen Glases



	Gesamtenergie- durchlassgrad	Lichttransmissions- grad τ_{D65}
entfärbt	36 %	50 %
eingefärbt	12 %	15 %

Friedrich-Fröbel Schule, Klassenraum im Dachgeschoss



		Flurseite/ Oberlicht (Punkt 4)	Raum- mitte (Punkt 2)	Fenster- seite (Punkt 1)
relative Nutzbelichtung (9.-14. Uhr, Basis: 300 lx)	Sommer	92%	80%	79%
	Frühling	94%	91%	88%
	Winter	40%	33%	37%
relative Nutzungszeit (9.-14. Uhr, Basis: 300 lx)	Sommer	74%	53%	50%
	Frühling	86%	78%	73%
	Winter	8%	8%	10%
zylindrische / horizontale Beleuchtungsstärke (9.-14. Uhr)	Sommer	34%	66%	65%
	Frühling	39%	59%	78%
	Winter	48%	75%	75%

Friedrich-Fröbel Schule, Turnhalle im Bestand



Friedrich-Fröbel Schule, Turnhalle - neues Dachoberlicht



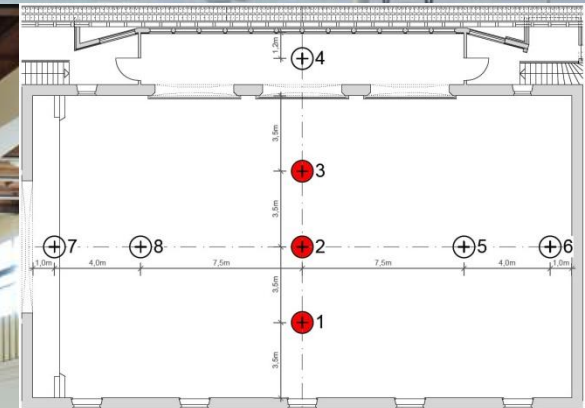
Friedrich-Fröbel Schule, Turnhalle



Maßnahme: Neues Dachoberlicht mit Tageslichtdecke

	Bestand	nach Sanierung
Glasfläche / Raumgrundfläche	0,06	0,17
Tageslichtquotient in Raummitte	0,7%	3,1%

Friedrich-Fröbel Schule, Turnhalle



		Fenster- seite (Punkt 1)	Raum- mitte (Punkt 2)	Galerie- seite (Punkt 3)
relative Nutzbelichtung (9.-14. Uhr, Basis: 300 lx)	Sommer	100%	100%	99%
	Frühling	96%	97%	91%
	Winter	55%	60%	42%
relative Nutzungszeit (9.-14. Uhr, Basis: 300 lx)	Sommer	98%	98%	97%
	Frühling	79%	85%	68%
	Winter	12%	18%	3%
zylindrische / horizontale Beleuchtungsstärke (9.-14. Uhr)	Sommer	42%	42%	49%
	Frühling	48%	47%	51%
	Winter	40%	40%	46%

... Mehrzweckraum im Bestand



daylighting.de



... Mehrzweckraum nach Sanierung

**Maßnahme:
Ersetzen der Kellerlichtschächte durch einen Lichthof**

	Bestand	nach Sanierung
Tageslichtquotient in Raummitte	0%	0,6%

Fazit

- Um eine sanierungsbedingte Minderung des Tageslichtniveaus zu kompensieren, muss das Tageslichtkonzept ertüchtigt werden.

Pantheon, Rom, 114 n.Chr.



Vielen Dank!

daylighting.de