

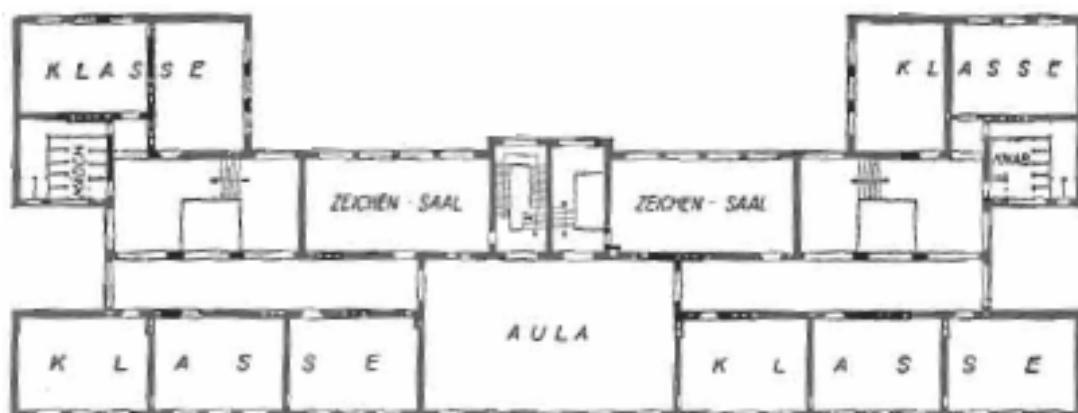
# Beleuchtungskonzept Schule Olbersdorf

Zittau, 19. Juni 2008

„Als ungefährer Anhalt für die Grösse der Lichtfläche diene die ältere Angabe, dass die Fensterfläche ca. 1/5 der Grundfläche des Schulzimmers groß sein soll; andererseits ist es erforderlich, dass ein Schulzimmer um so höher sein muss, je tiefer es ist (...)"

E. Haesecke, Königlicher Bauinspektor zu Berlin in: Baukunde des Architekten, zweiter Teil, IV. Gebäude für Unterrichts- und Erziehungs-Zwecke, Berlin 1884

# Schulbau um 1912



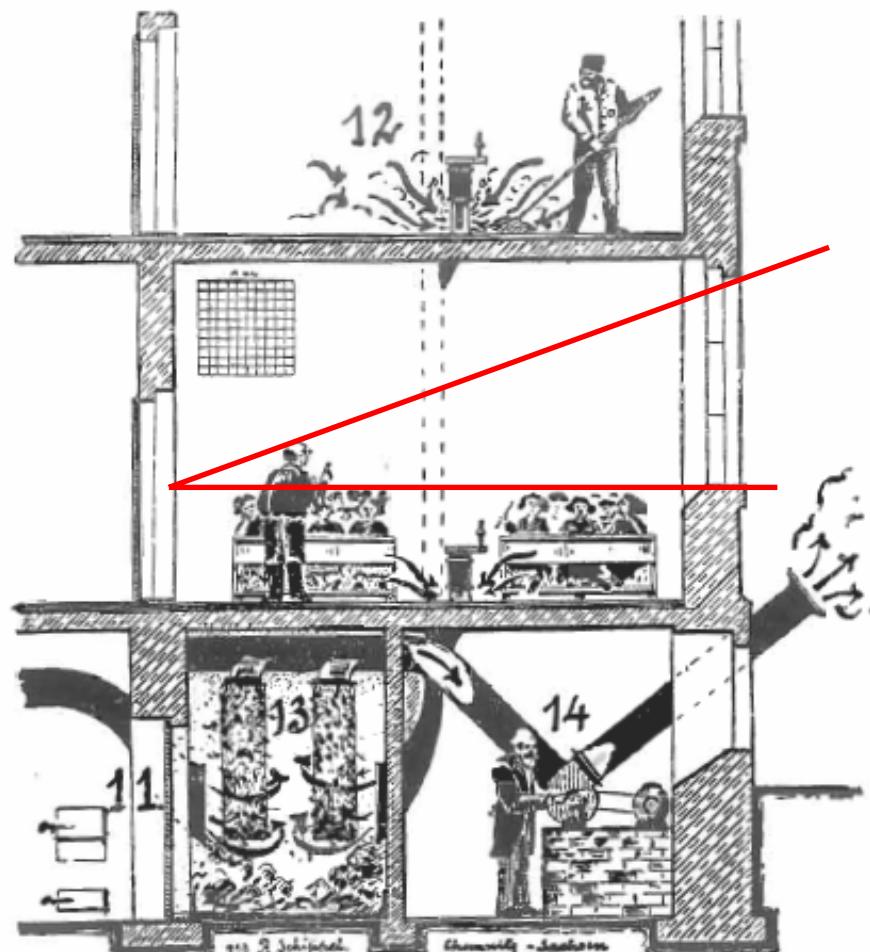
R. Jakobiak und U. Meinhold

Beleuchtungskonzept Schule Olbersdorf

4. Gemeindeschule  
Tempelhof, Konradinstraße,  
1912 - 1913 von Fritz  
Bräuning

Quelle: Berlin und seine  
Bauten, Teil V, Band C  
Schulen; Berlin 1991

# Beleuchtung in Schulen



Raumtiefe: 6 m,  
lichte Raumhöhe 4,1 m  
damit ist die  
Raumtiefe  $< 1,5 H$

Zentralentlüftung, Staubabsaugung und  
Kehricht- Transportanlage in einer  
Schule um 1910

Quelle: Berlin und seine Bauten, Teil V,  
Band C Schulen; Berlin 1991

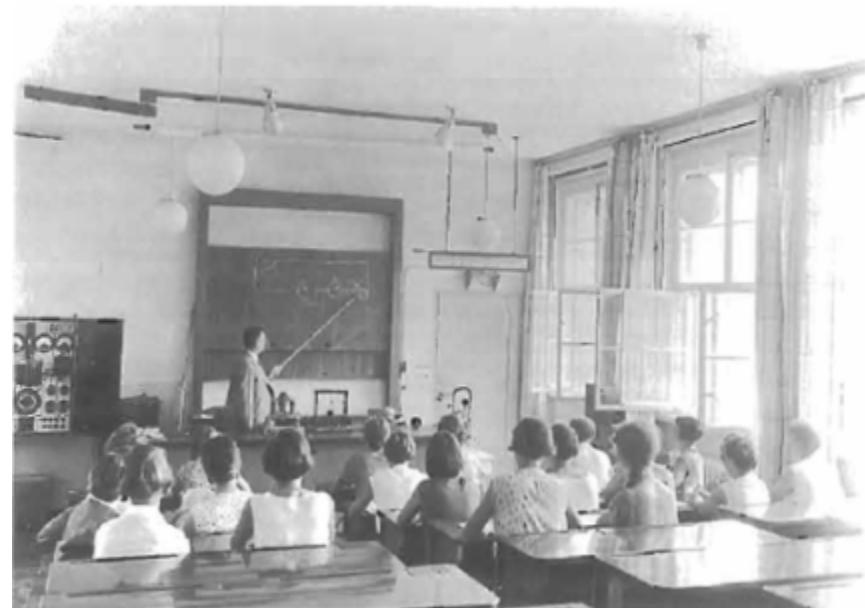
# Schulen der Weimarer Republik



Empfehlungen der Hygieniker zur Bauzeit:  
Das Kunstlicht soll wie das Tageslicht von links die Arbeitsplätze  
beleuchten, bei freier Klassenmöblierung als Streulicht vorgesehen  
werden, aber immer nur im notwendigen Umfang. Notwendige  
Beleuchtungsstärke: Mindestens 50 lx, im Mittel 60 - 80 lx,  
Maximalwerte 90 - 120 lx.



Schule am Dammweg, Versuchsklasse,  
Bruno Taut 1928



Dorotheen-Lyzeum, Klassenraum und  
Tafelbeleuchtung, Max Taut 1928 -29  
Quelle: Berlin und seine Bauten, Teil V,  
Band C Schulen; Berlin 1991

# Nachkriegsschulen



Evangelische Schule  
Neukölln,  
Werner Harting,  
1955 - 56



Thomas Mann  
Oberschule,  
Hasso Schreck,  
1968 - 71

Quelle: Berlin und  
seine Bauten, Teil V,  
Band C Schulen; Berlin  
1991

# Schulen der neunzehnhundertsiebziger Jahre



Bildungszentrum Delfter Ufer, Planungsgruppe  
Bildungszentren, Serienbau 1972-73



Bildungszentrum Emser Straße, Planungsgruppe  
Bildungszentren, Serienbau 1972-73



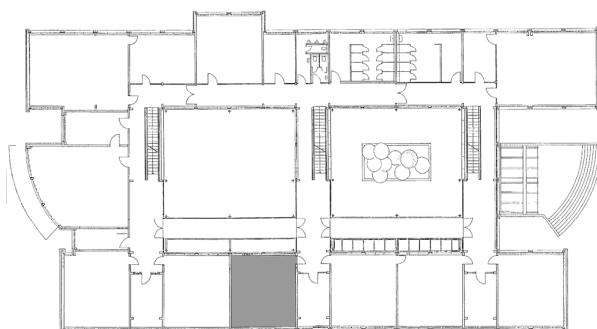
Bildungszentrum Charlottenburg, Erika Reith, Oskar Reith  
und Ivan Krusnik, modifizierter Serienbau 1973-75



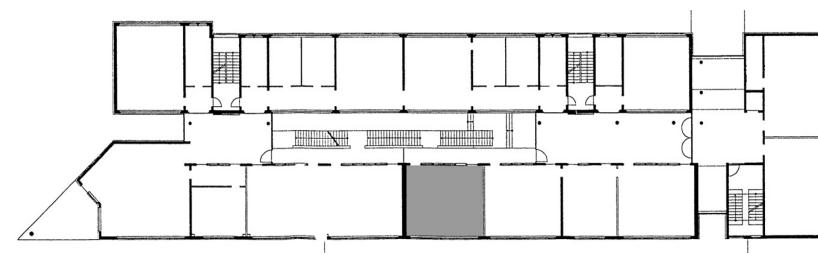
Bildungszentrum an den Achterhöfen, Planungsgruppe  
Bildungszentren, Serienbau 1972-73

Quelle: Berlin und seine Bauten, Teil V, Band C Schulen;  
Berlin 1991

# Schulen der neunzehnhundertneunziger Jahre



Bertolt Brecht Gymnasium,  
Serienbau, 60'ger Jahre, Sanierung  
1996, IBUS Architekten,  
Innenraumfoto und Grundriss 1.  
Obergeschoß



Oberstufenzentrum Wirtschaft  
Landkreis Oberhavel, Erweiterung  
1997, IBUS Architekten,  
Innenraumfoto und Grundriss 3.  
Obergeschoß

# Energieverbrauch für Beleuchtung ...



Energieverbrauch für Beleuchtung:

1,0 kWh/m<sup>2</sup>a (Raum 103)

4,6 kWh/m<sup>2</sup>a (Raum 104)

Tageslichtautonomie (Raum 103)

Sommer: 86 %

Frühling / Herbst: 75 %

Winter: 41 %

Energieverbrauch für Beleuchtung:

6,6 kWh/m<sup>2</sup>a (Raum 307)

6,5 kWh/m<sup>2</sup>a (Raum 306)

Tageslichtautonomie (Raum 307)

Sommer: 33 %

Frühling / Herbst: 89 %

Winter: 16 %

Anforderung an die Beleuchtung nach DIN EN 12464-1 in  
Grund- und weiterführenden Schulen:

Beleuchtungsstärke:

Unterrichtsräume 300 lx (500 lx bei Abendnutzung)

Wandtafel, Demonstrationstisch 500 lx

Fachklassenräume 500 lx

Blendungsbegrenzung:

UGR-Grenzwert: 19

Farbwiedergabeindex

$R_a > 80$

# Thesen zur Beleuchtung in Schulen

- 1) Die Beleuchtung kann einen Beitrag zur Verbesserung des Lernerfolgs von Schülern leisten.
- 2) In tageslichtorientierten Bestandsschulen kann der Energieverbrauch für Beleuchtung bei einer Sanierung auf weniger als 3 kWh/m<sup>2</sup>a gesenkt werden.
- 3) Der Großteil der Bestandsschulen ist tageslichtorientiert und damit sanierungsfähig. Die Schulzentren der 1970'ger Jahre sind tageslichttechnisch jedoch in der Regel nicht sanierungsfähig und sollten abgerissen werden.
- 4) Für die künstliche Beleuchtung in Klassenräumen ist eine fördernde Beleuchtung anzustreben! Diese orientiert sich nicht nur an den hinsichtlich der Sehaufgabe definierten Mindestbeleuchtungsstärken, sondern auch an den biologischen Funktionen des Auges.
- 5) Blendschutzaspekte sind in Stammklassenräumen gegenüber z.B. Bürobauten geringer zu gewichten, in Fachklassenräumen hingegen kommt dem Blendschutz ein hoher Stellenwert zu.
- 6) Bewährt haben sich im Schulbau robuste feststehende Tageslichtsysteme. Bewegliche Systeme müssen robust sein. Feststehende Systeme, die den Ausblick ins Freie beeinträchtigen, sollten in der Fensterebene vermieden werden.

# Thesen zur Beleuchtung in Schulen

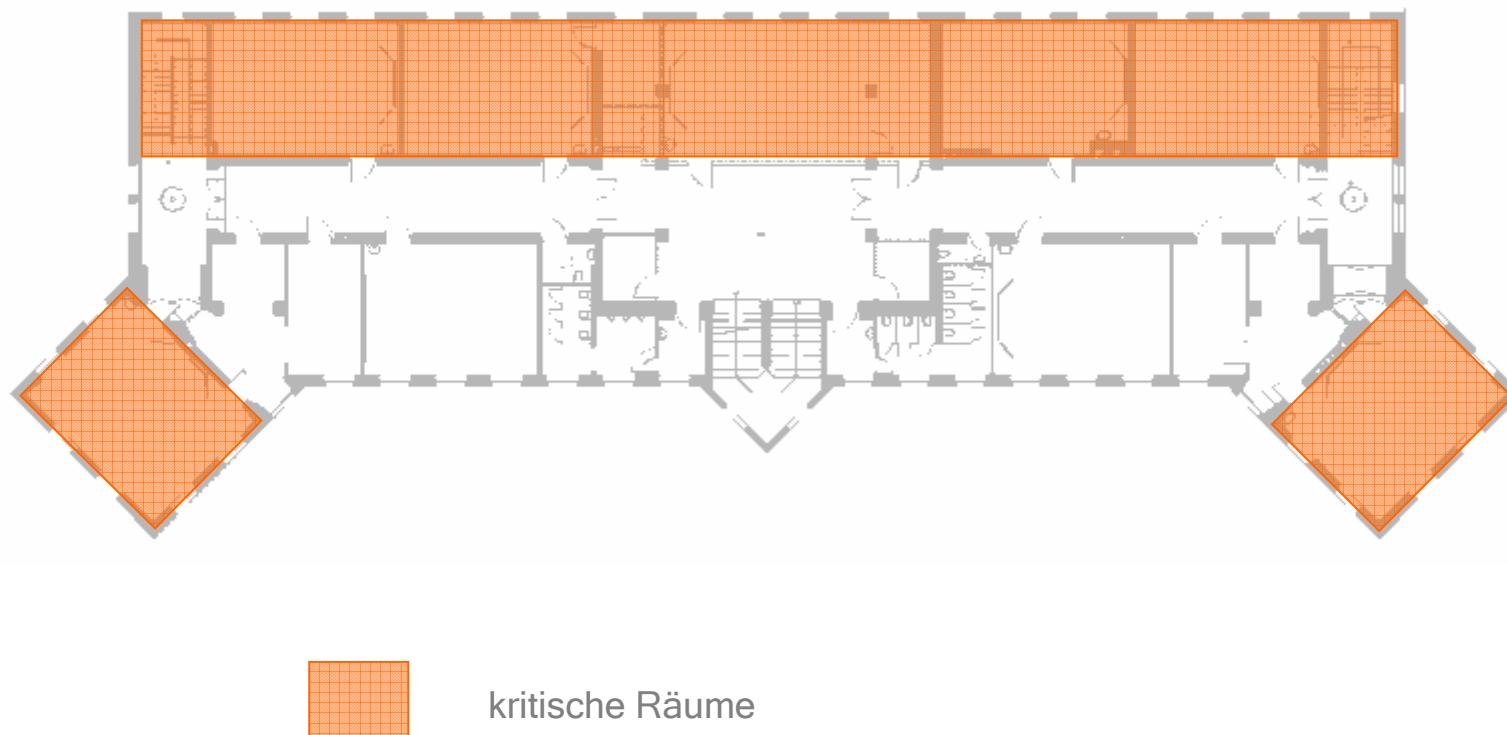
- 7) In Schulen wird ein Großteil des Einsparpotenzials durch elektronische tageslicht- und präsenzabhängige Kontrollsystme erschlossen.
- 8) In weniger tageslichtorientierten Schulbauten und in Schulen, die auch abends genutzt werden, ist eine Sanierung der Beleuchtungsanlage besonders dringlich. Diese hat unter energetischen und qualitativen Aspekten zu erfolgen. Es ist dabei wünschenswert, in Schulen eine dynamische Kunstlichtbeleuchtung einzusetzen.

Berliner Thesen zur Beleuchtung in Schulen / Vom Sehen zum Verstehen (Auszug) . Von Prof. Dr. Kaase, Dr. Aydinli, Jakobiak vom 29.08.2005

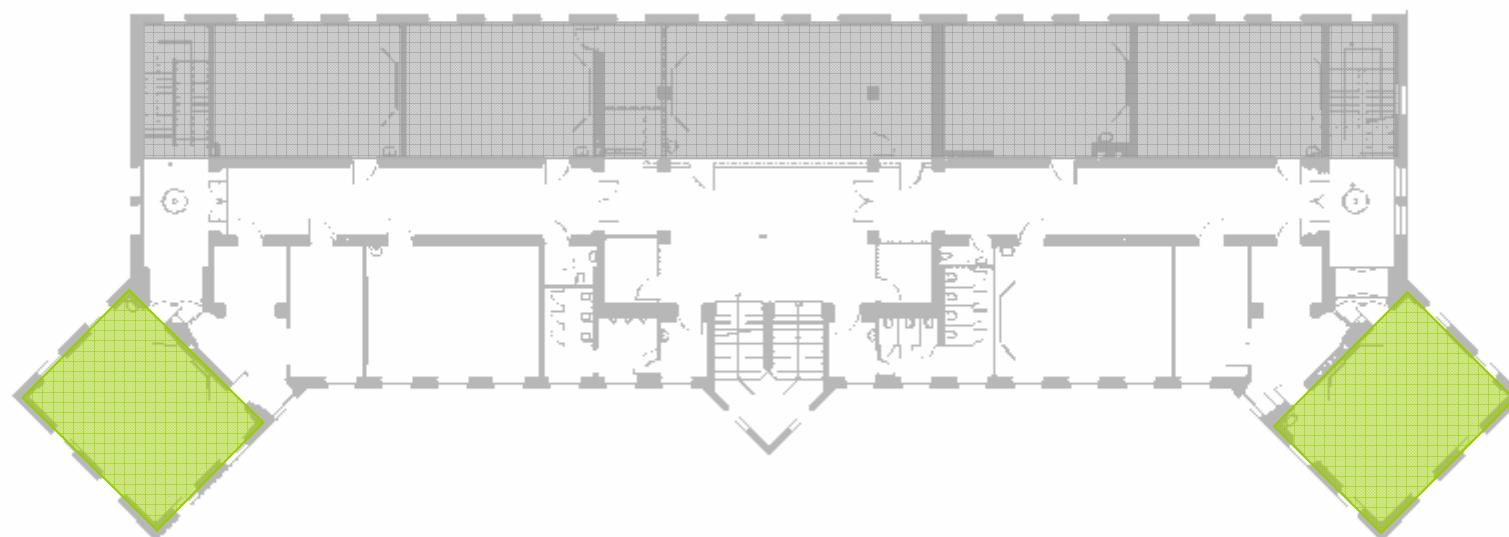
# Schule Olbersdorf



# Sommerliche Überwärmungsgefahr



# Tageslichtangebot

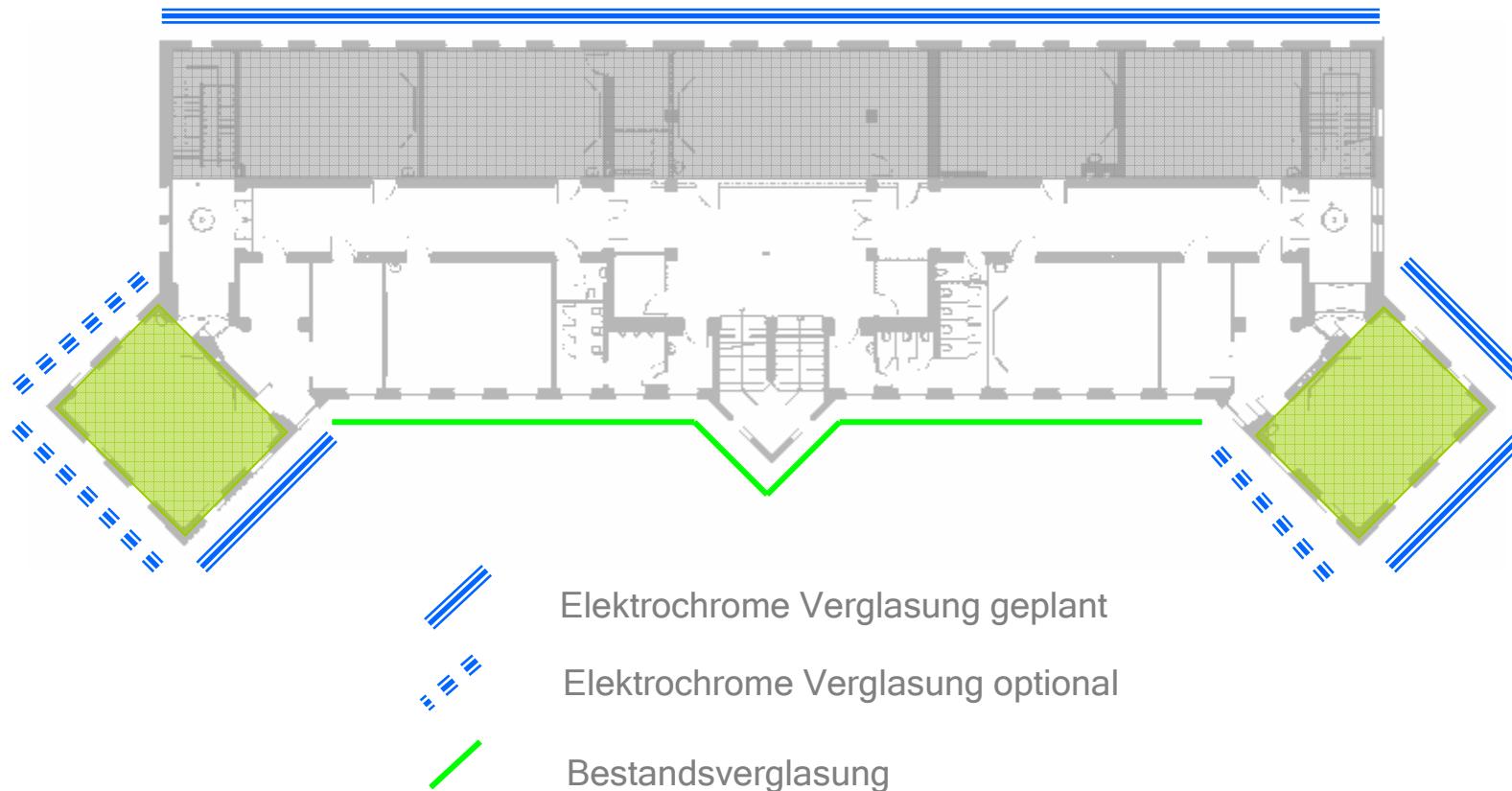


ausreichend tageslichtversorgt (Fensterfläche / Grundfläche = 32 %)

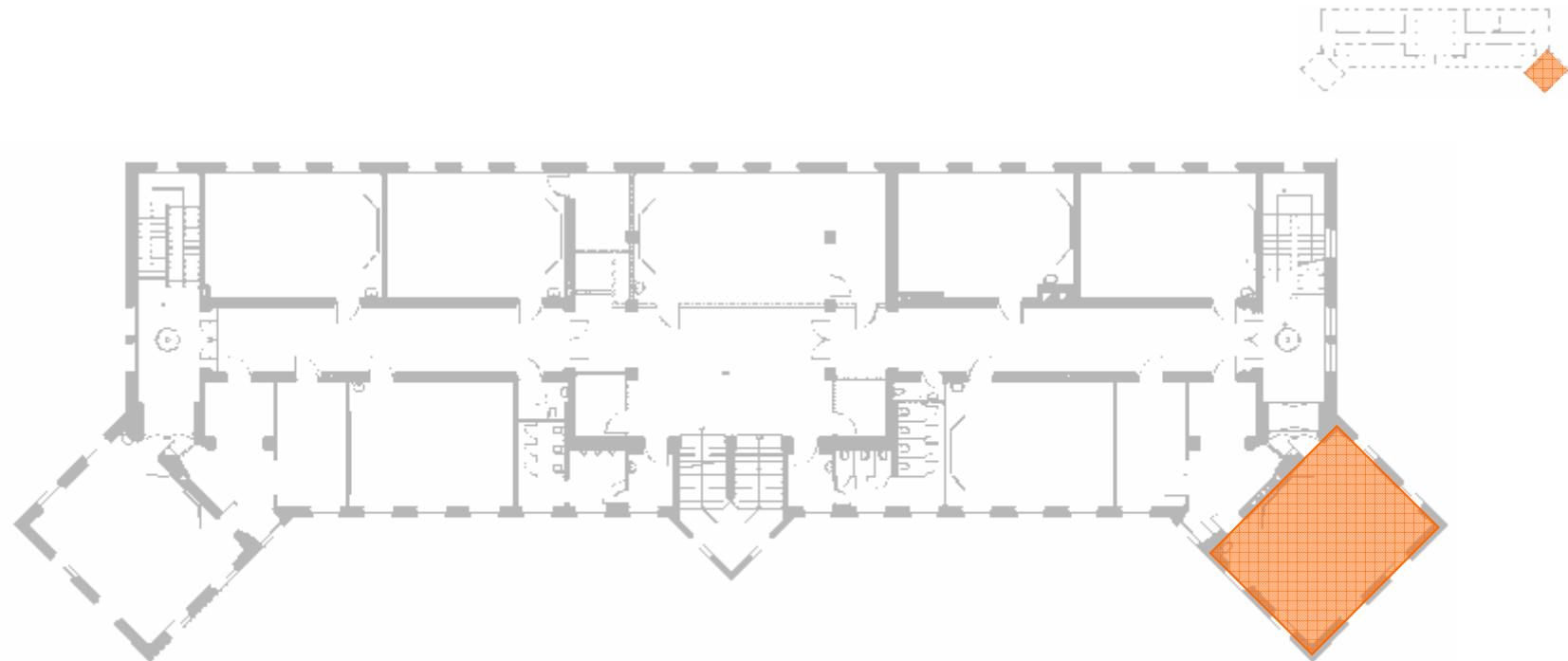


gerade ausreichend tageslichtversorgt (Fensterfläche / Grundfläche = 17%)

# Ausbildung der Fenster



## Maßnahmenbereiche

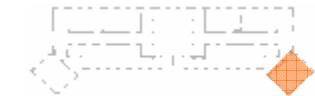
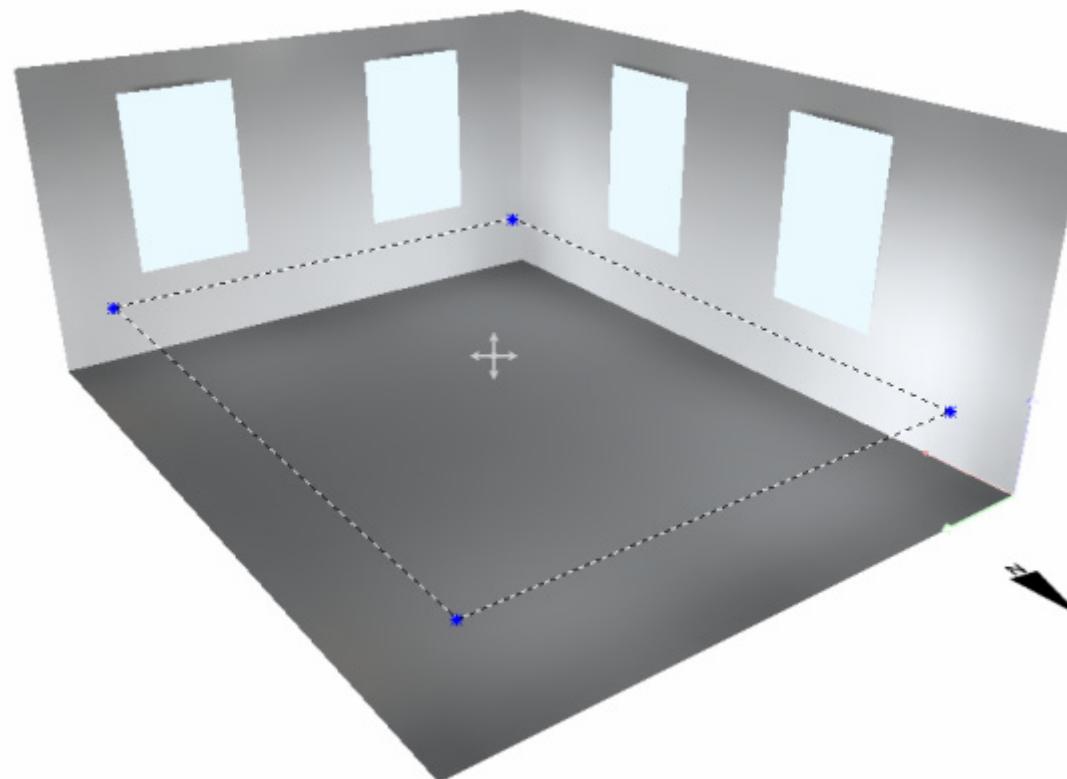


Dreiseitig befensterte Klassenräume

## Dreiseitig befensterter Raum



# Dreiseitig befensterter Raum

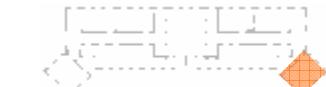
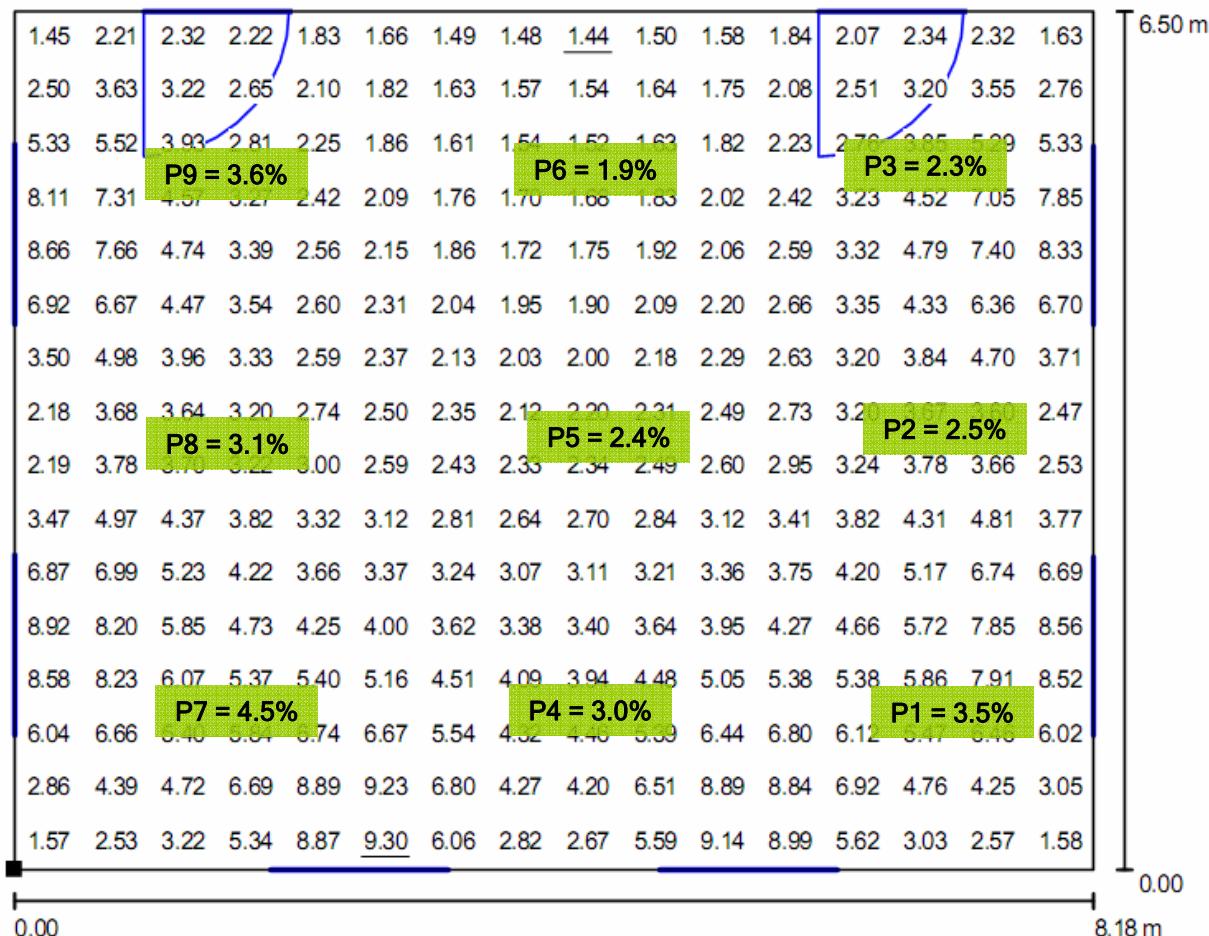


Bestimmung des  
Tageslichtquotienten

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

# Dreiseitig befensterter Raum

Rechnung: Bestand / Lichttransmissionsgrad 87%



Messung Bestand  
Bestimmung des  
Tageslichtquotienten

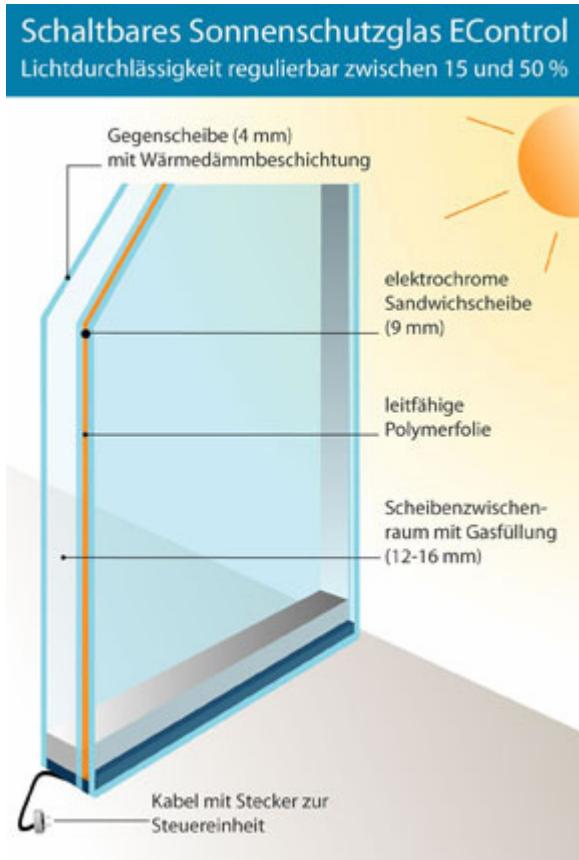
$$D = \frac{E_p}{E_a} \cdot 100\%$$

Fläche mit:

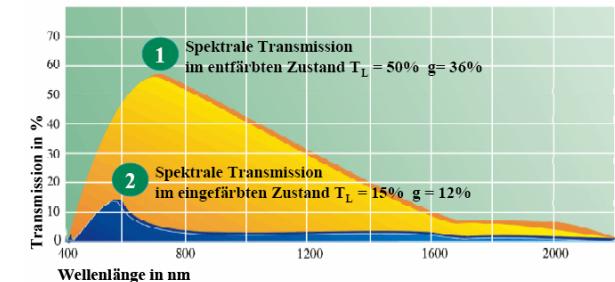
$D > 2\% \rightarrow 86\%$

$D > 1\% \rightarrow 100\%$

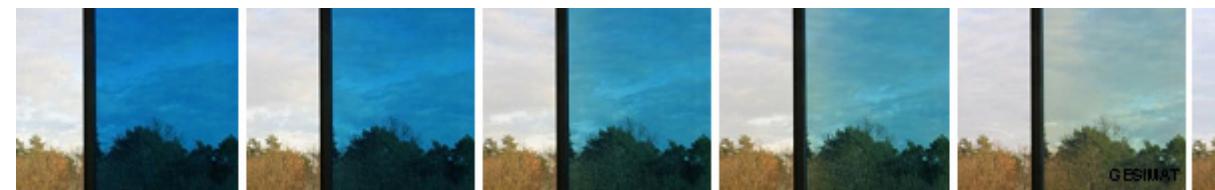
# Elektrochromes Glas



## Elektrochromes Glas der Fa. e-control Fürth im Wald / Bayern

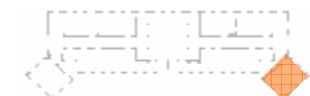
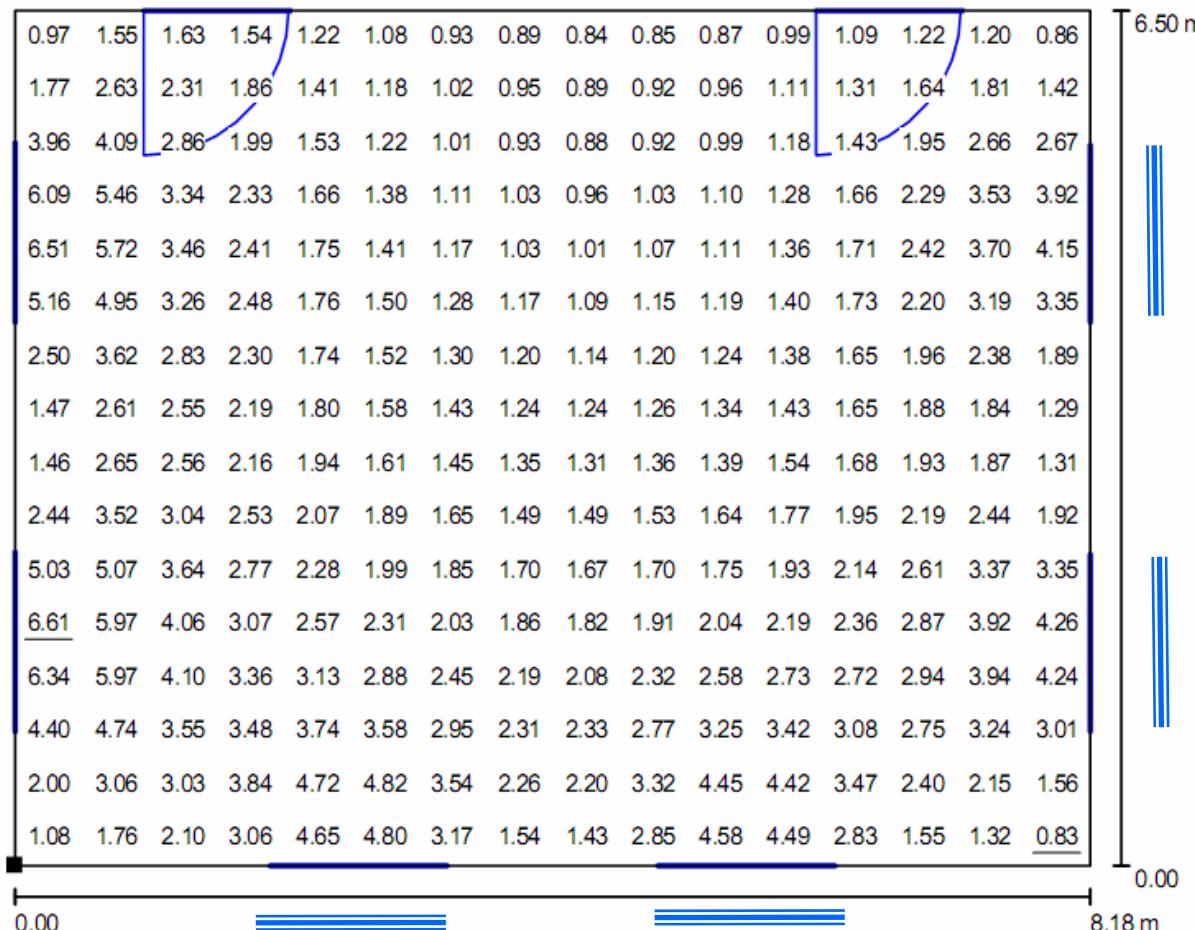


	Gesamtenergie-durchlassgrad	Transmissionsgrad für sichtbares Licht
entfärbt	36 %	50 %
eingefärbt	12 %	15 %



# Dreiseitig befensterter Raum

Rechnung: geplante Verglasung / Lichttransmissionsgrad 39 % (2 x elektrochrom)



Bestimmung des  
Tageslichtquotienten

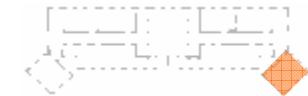
$$D = \frac{E_p}{E_a} \cdot 100\%$$

Fläche mit:

$D > 2\% \rightarrow 46\%$

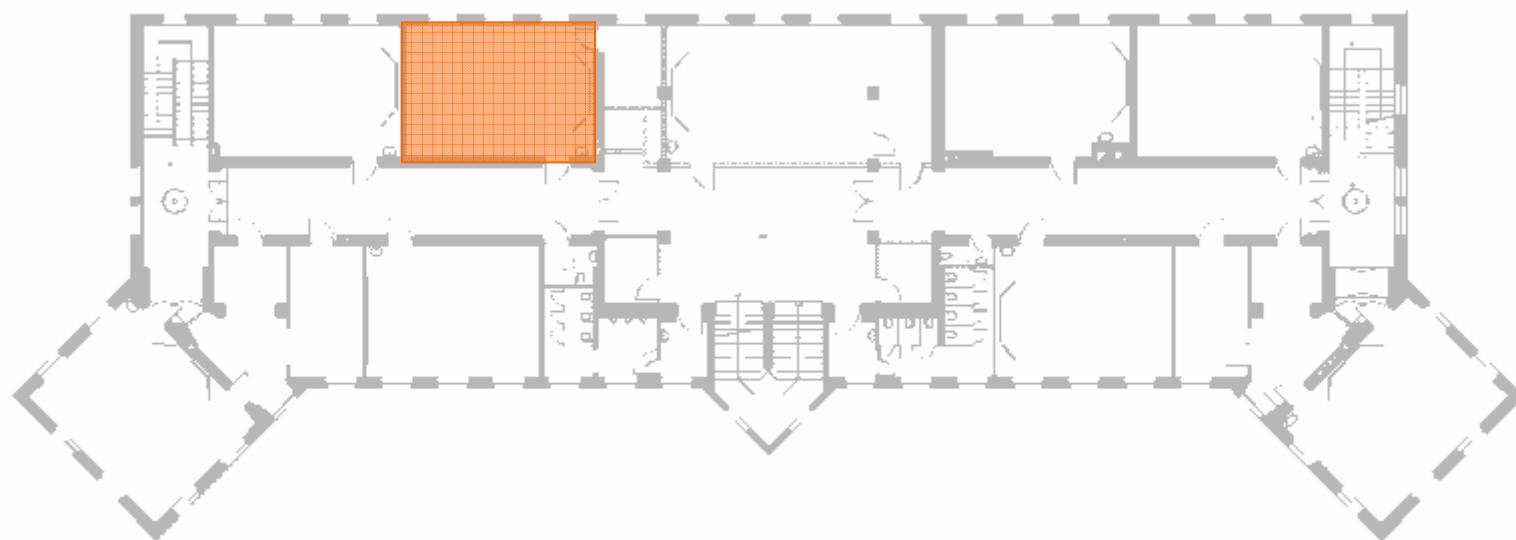
$D > 1\% \rightarrow 93\%$

## Dreiseitig befensterter Raum



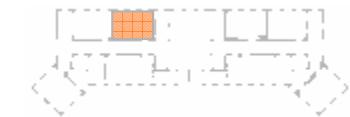
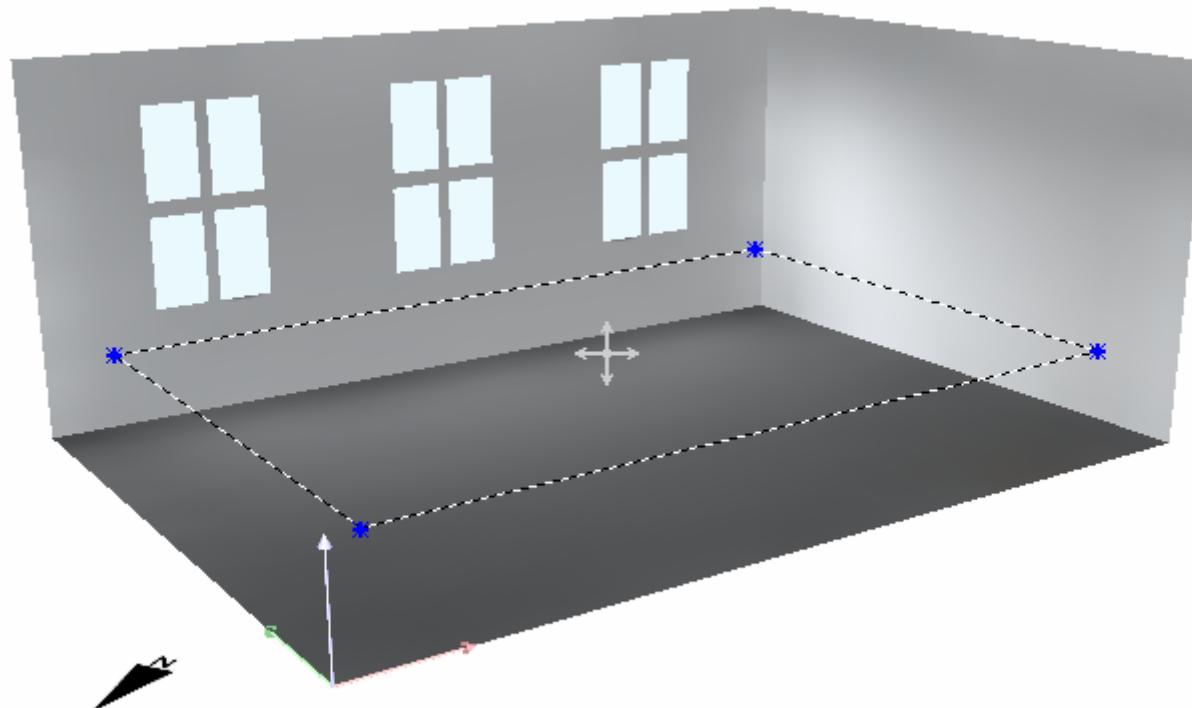
Der dreiseitig befensterte Eckraum eignet sich für den Einsatz elektrochromer Verglasung:

- sommerliche Überwärmung muss reduziert werden
- Sonnen- und Blendschutzfunktion ist notwendig
- ausreichende Tageslichtversorgung ist gegeben



## Regelklassenraum

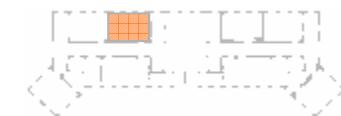
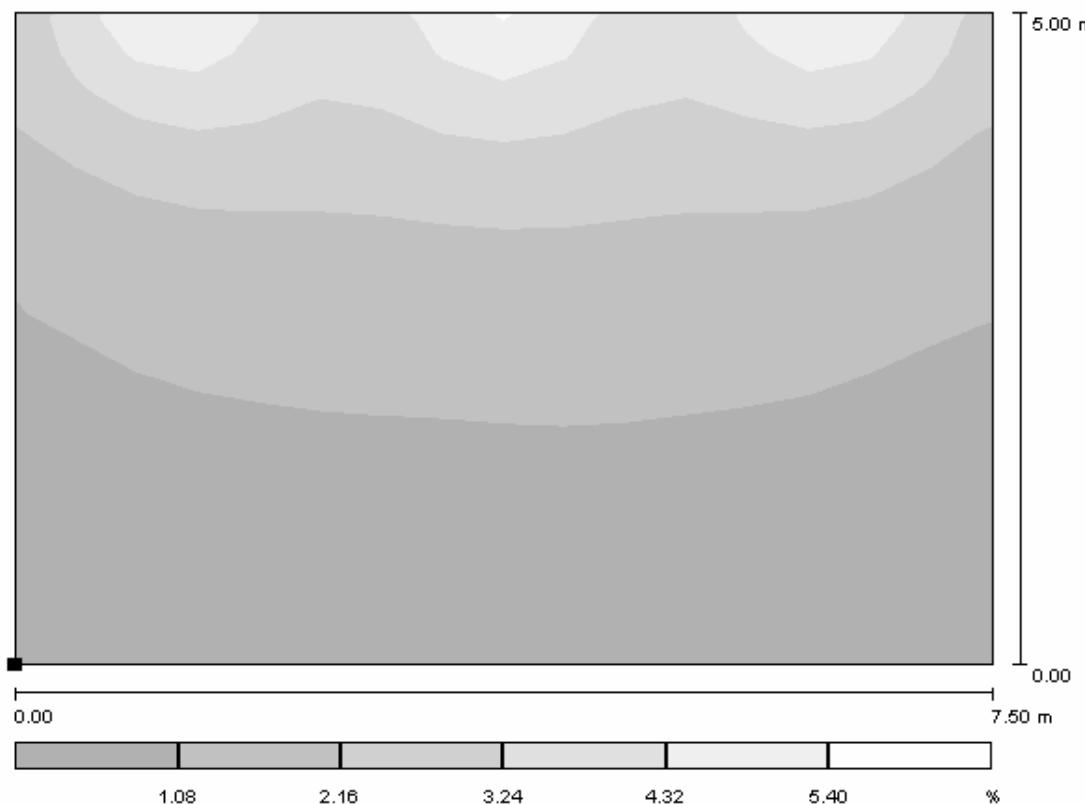
## Untersuchung am Regelklassenraum



Bestimmung des  
Tageslichtquotienten

## Untersuchung am Regelklassenraum

Rechnung Bestand: Lichttransmissionsgrad 78 %



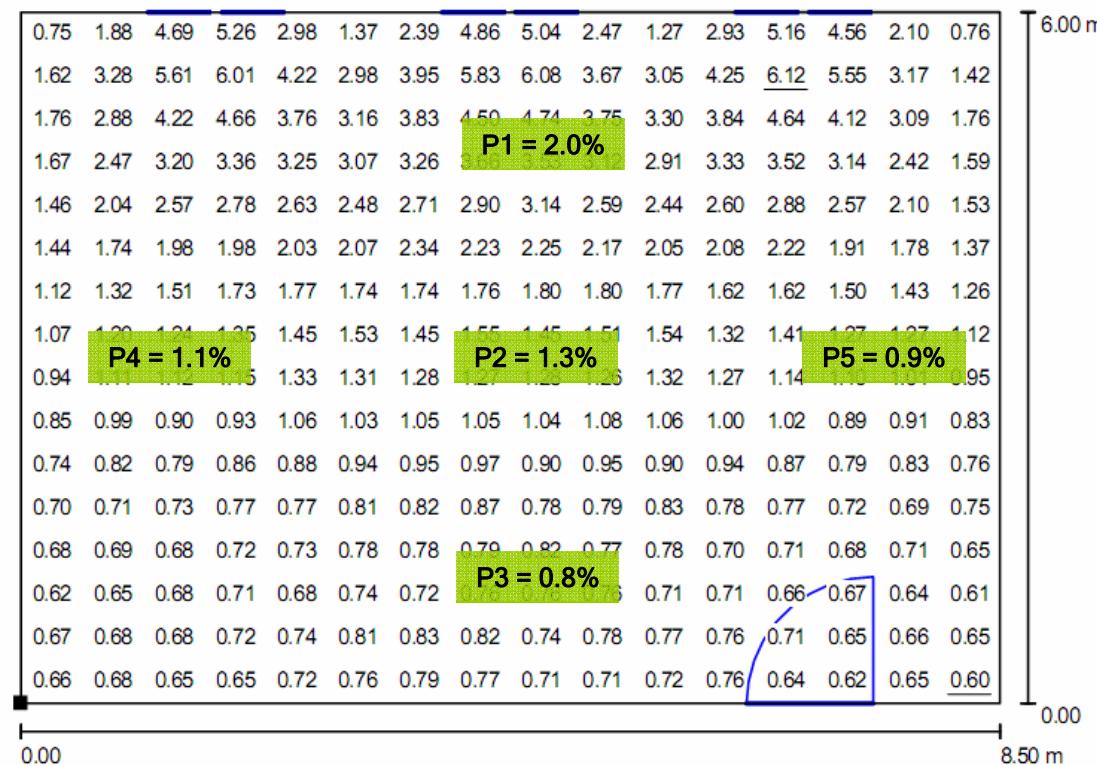
Bestimmung des  
Tageslichtquotienten

Fläche mit:

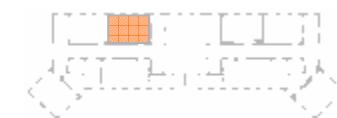
$D > 2\% \rightarrow 36\%$

$D > 1\% \rightarrow 64\%$

## Rechnung: Bestand



Lichttransmissionsgrad: 78%



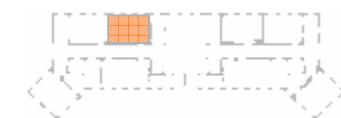
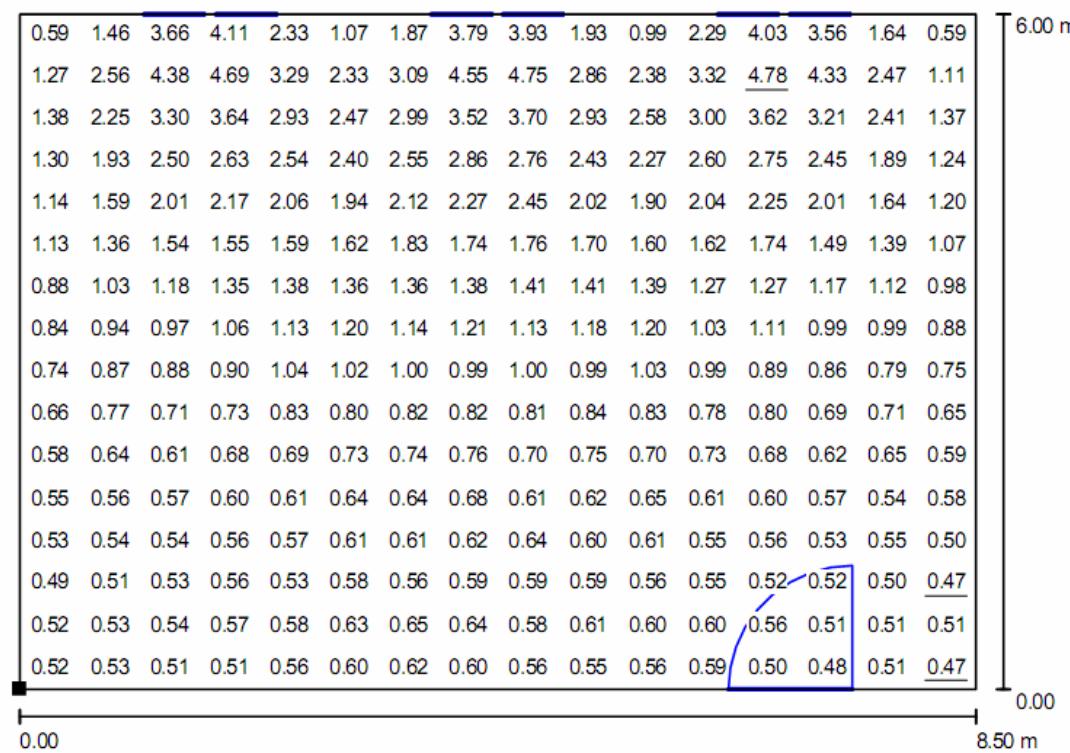
Bestimmung des  
Tageslichtquotienten

Messung Bestand

Kriterium: DIN 5034 -1

min 0.9%  
in halber Raumtiefe  
und 1 m Wandabstand

## Rechnung: geplante Verglasung (entfärbt)



Bestimmung des  
Tageslichtquotienten

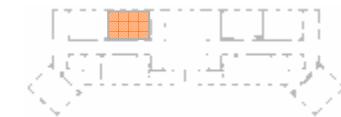
Fläche mit:

D > 2% → 23 %

D > 1% → 48 %

Lichttransmissionsgrad: unten 39 %, oben 61%

## Untersuchung am Regelklassenraum



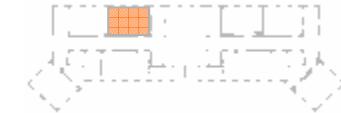
### Lichtlenkung

- Lenken des Lichtes in die Raumtiefe (bei Sonnenschein)
- Blendschutz

### Elektrochromes Glas

- Sonnenschutz
- Blendschutz

## Vorteile des Systems



- Sonnen- und Blendschutz ohne mechanisch bewegte Systeme
- in die Scheibenebene integrierter Sonnen- und Blendschutz

## Nachteile des Systems

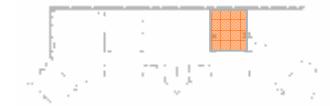
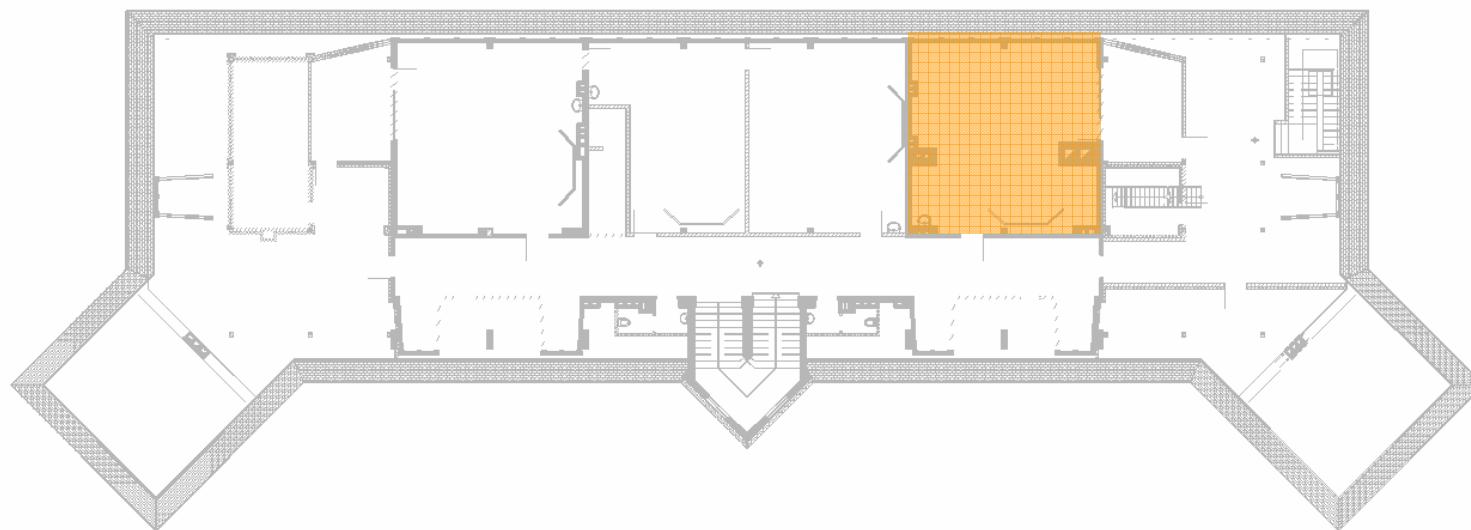
- geringer Transmissionsgrad der elektrochromen Verglasung auch im entfärbten Zustand ( $T_L = 50\%$ )
- Lichtlenksystem bei diffusem Himmel wirkt mehr als Verschattung denn als Lichtlenkung
- auch im entfärbtem Zustand geringere solare Gewinne als ein transparentes Fenster

## Schlussfolgerung

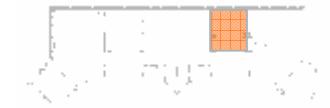
Elektrochrome Verglasung kann im unteren Fensterteil dann eingesetzt werden, wenn der obere Fensterteil transparent verglast wird.

**Oberer Fensterteil: Lichtlenkender und rückziehbarer Sonnenschutz**

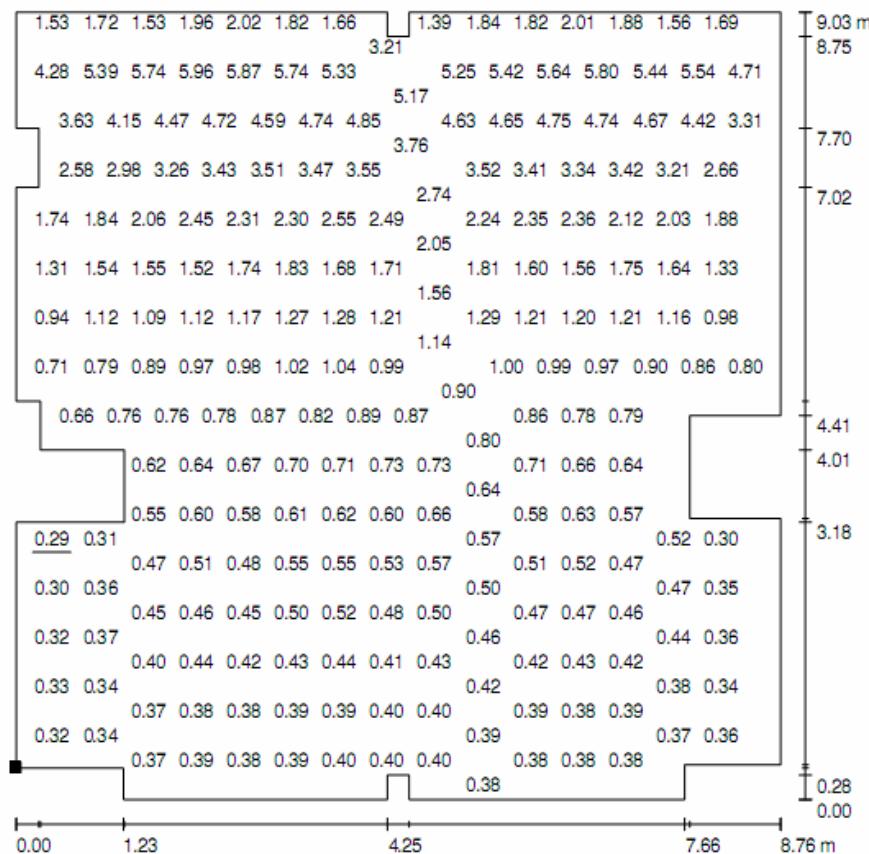
# Klassenraum in Dachgeschoß



# Klassenraum in Dachgeschoß

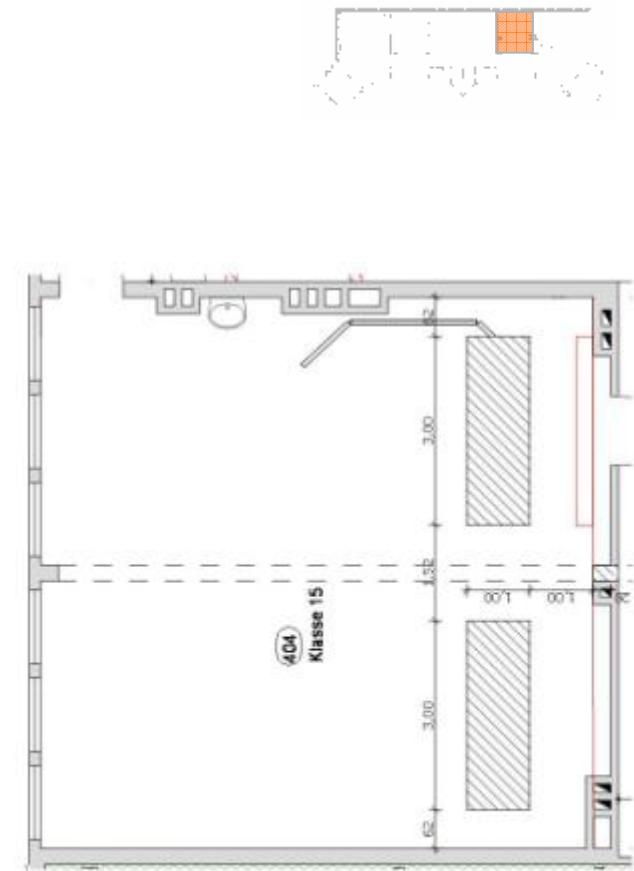
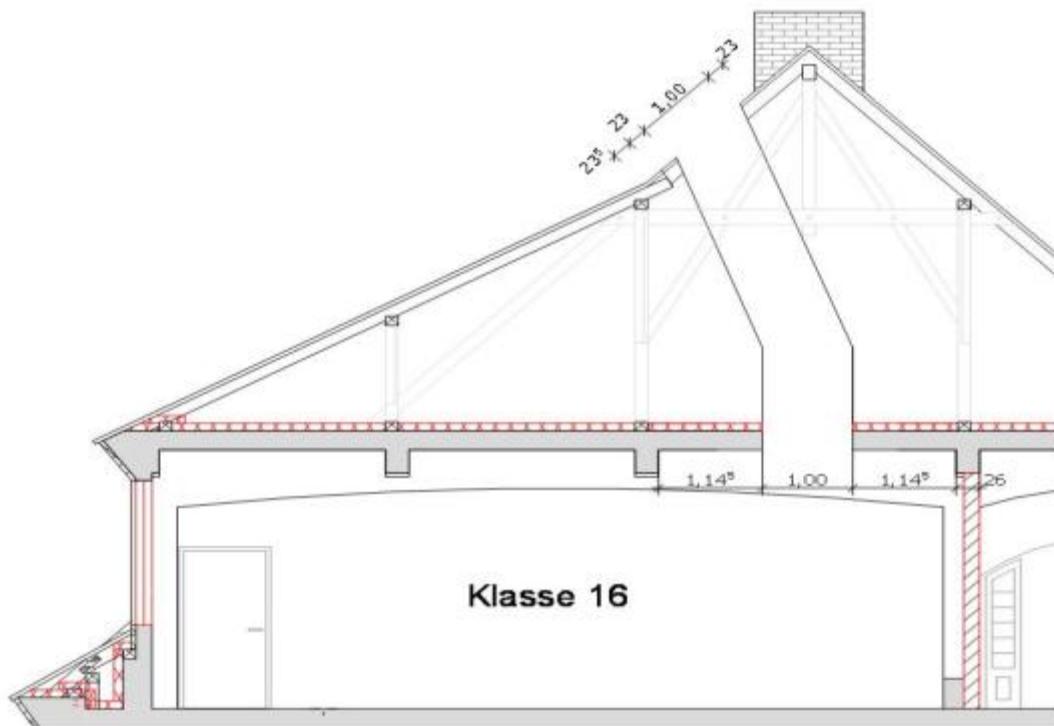


# Klassenraum in Dachgeschoß

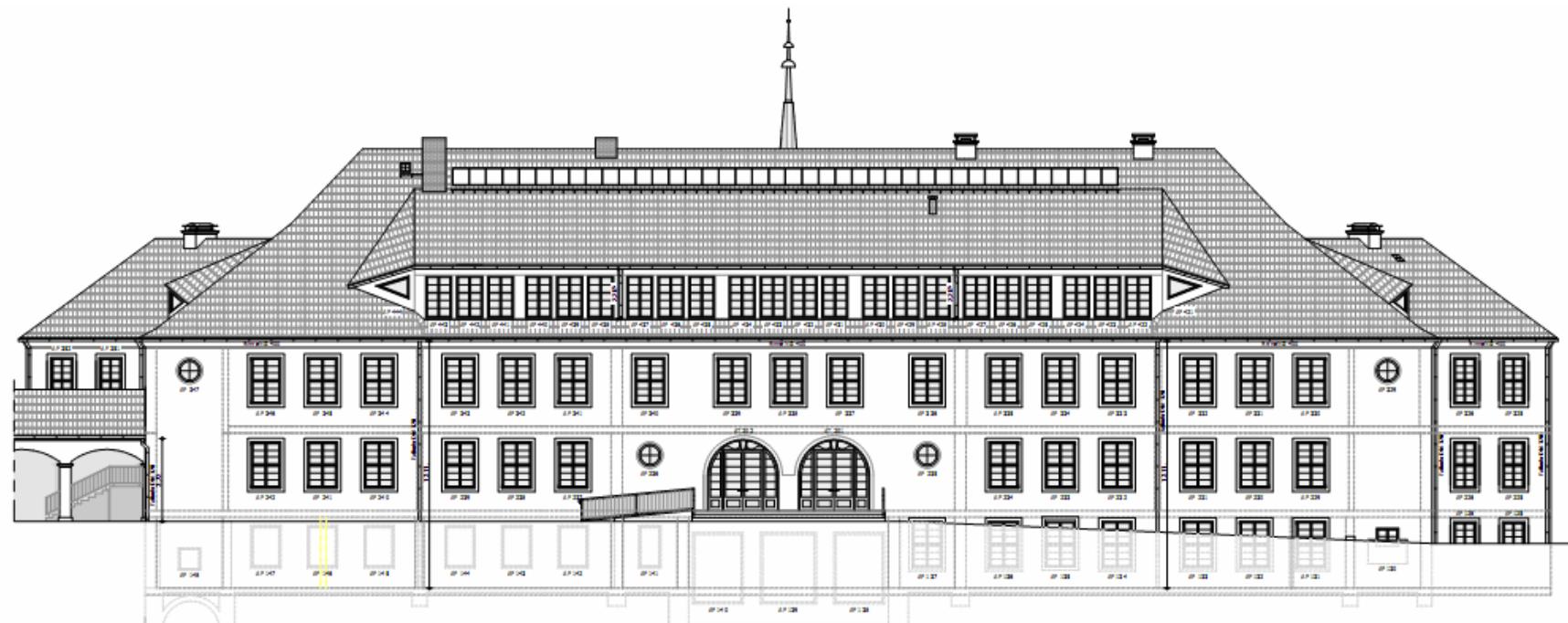


Mindestanforderungen nicht erfüllt !

# Klassenraum in Dachgeschoß

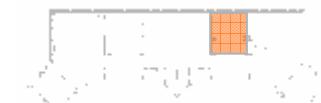
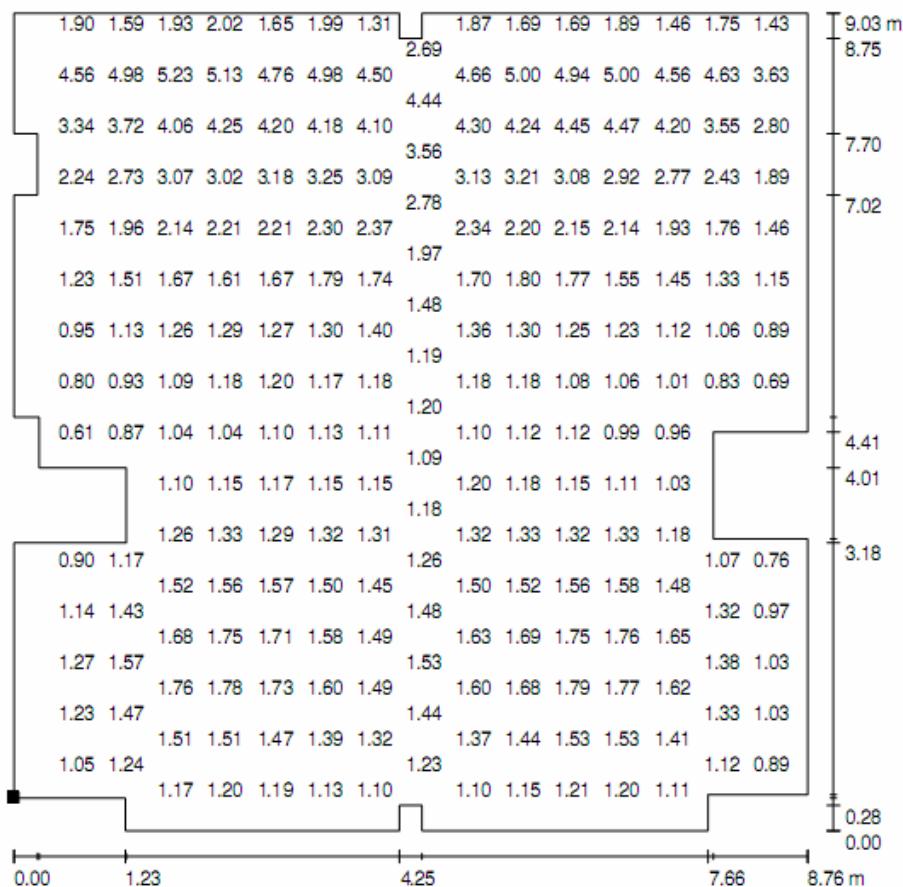


# Klassenraum in Dachgeschoß



Quelle: AIZ

# Klassenraum in Dachgeschoß



Klassenraum kann ausreichend mit Tageslicht versorgt werden!

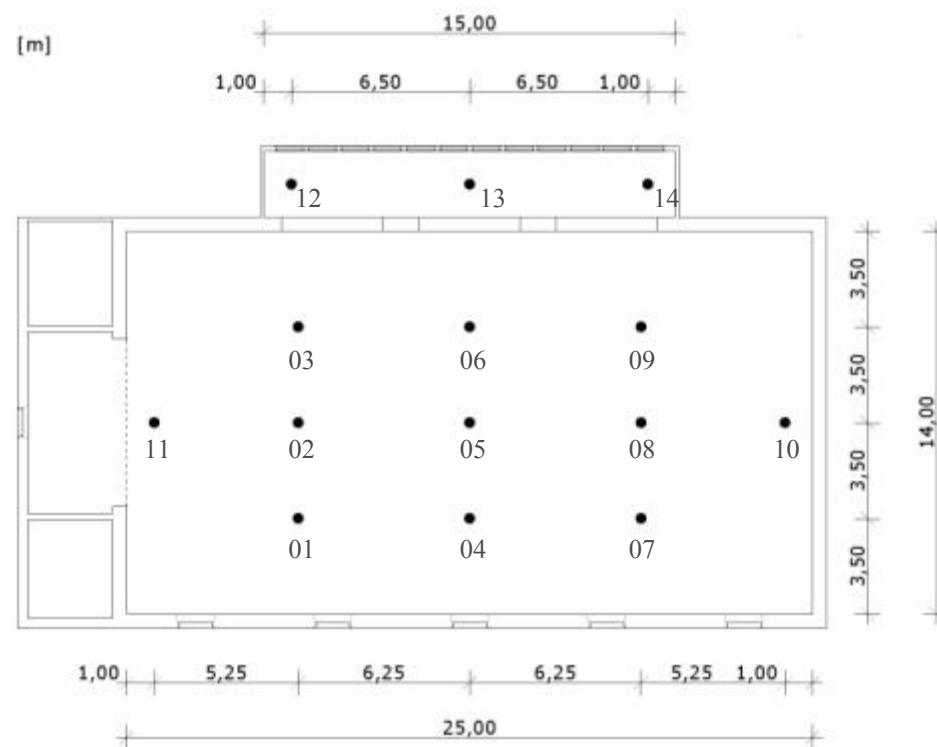
# Turnhalle

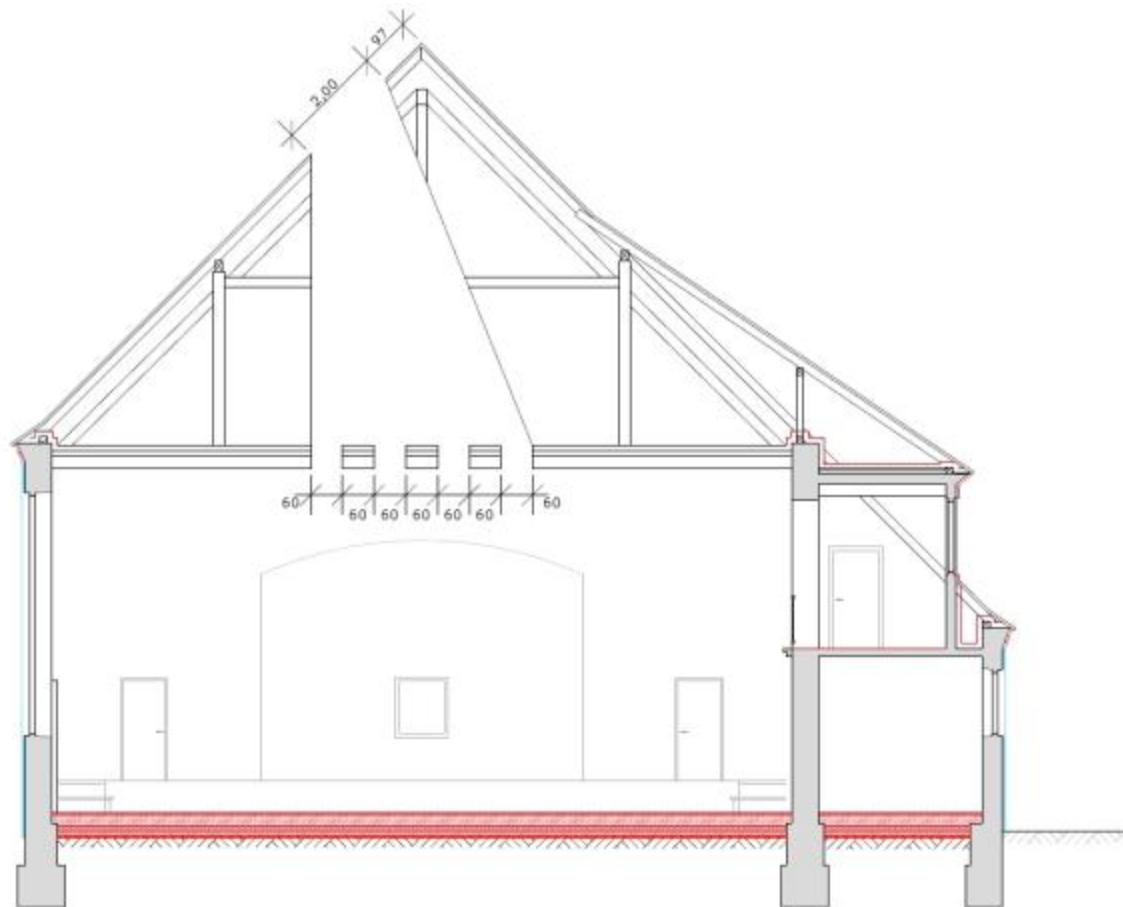


# Turnhalle

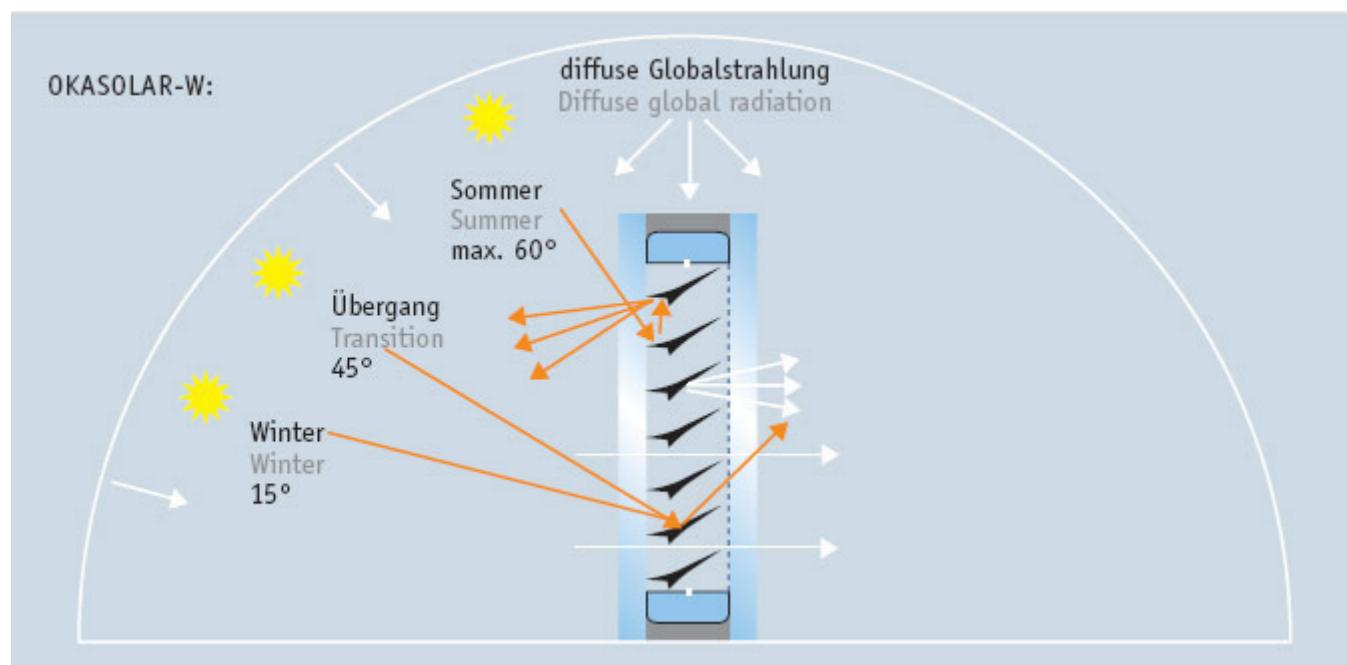


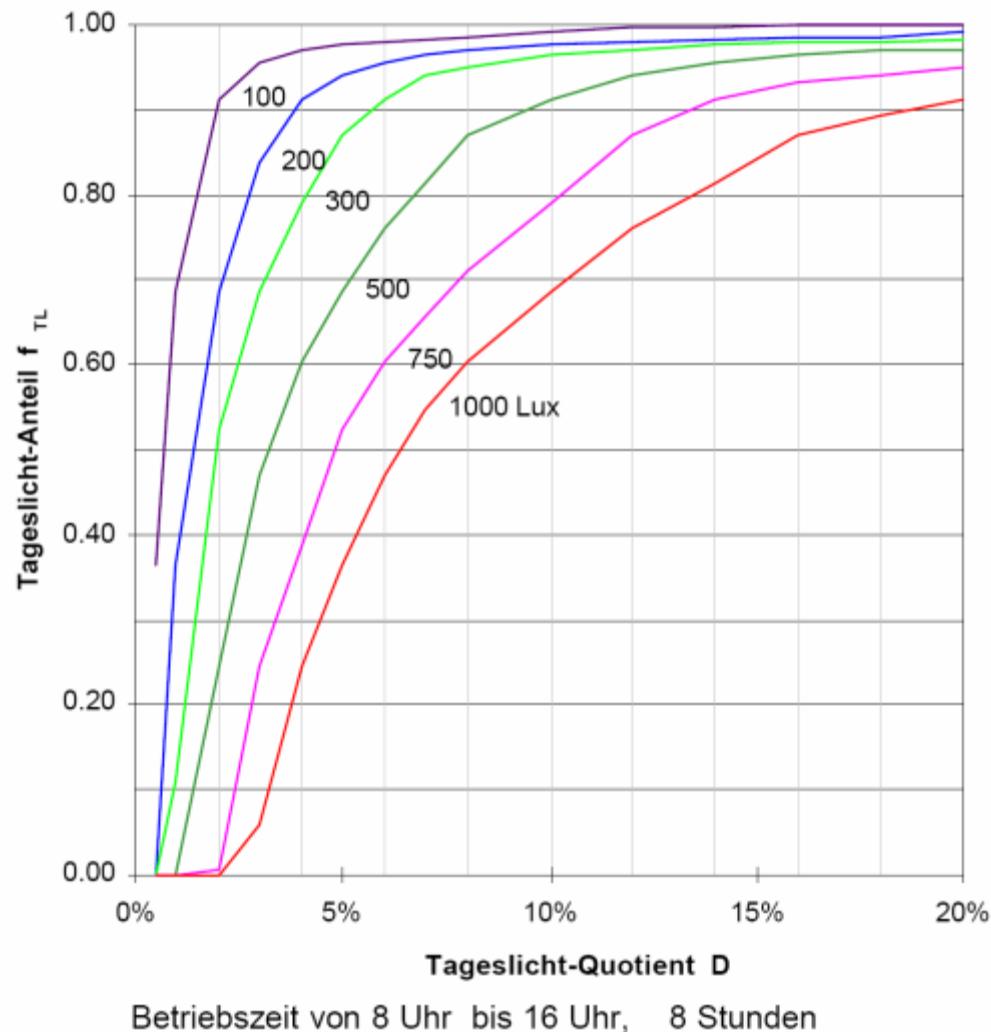
Punkt	Dialux	Messung
01	1,47%	1%
02	0,60%	0,6%
03	0,46%	0,3%
04	1,22%	1%
05	0,61%	0,7%
06	0,50%	0,3%
07	1,26%	1,2%
08	0,64%	0,6%
09	0,47%	0,3%
10	0,57%	0,5%
11	0,48%	0,4%
12	2,41%	2,1%
13	3,13%	2,3%
14	2,49%	2,1%





Zustand des elektrochromen Glases	Licht-transmission $T_L$ [%]	Ug-Wert nach EN 673 Ug [W/m²K]	Gesamtenergiedurchlass außen EN 410 g [%]	Lichtreflexion $R_L$ [%]	Dynamische Selektivität $S = T_{max}/g_{min}$	UV² Strahlungstransmission $T_{UV}$ [%]
			36	11		5
hell	50	1,1	12	9	4,2	
dunkel	15					0,5



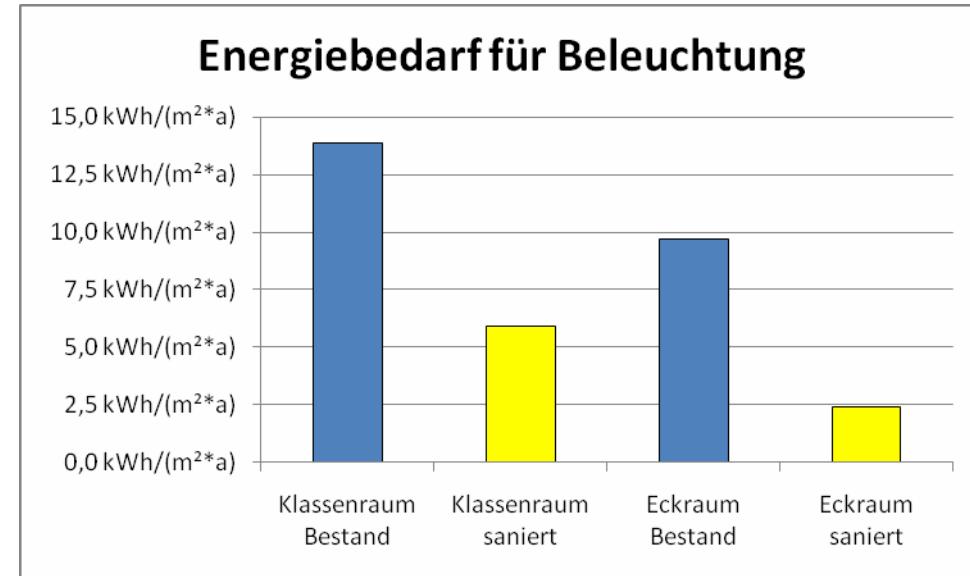


Zusammenhang zwischen der Nutzungszeit und dem Tageslichtquotienten für verschiedene Beleuchtungsstärken und eine Betriebszeit von 8.00 bis 16.00 Uhr.

Quelle: Elektrische Energie im Hochbau, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Darmstadt 2000  
 (Tageslicht Bearbeitung:  
 Detlef Hennings)

# Energiebedarf für Beleuchtung

Berechnung des Energiebedarfs für Beleuchtung nach DIN V 18599-4 vor und nach Sanierung.



	$p_j$ [W/m <sup>2</sup> ]	$C_{TL,Vers,j}$ [-]	$C_{TL,Kon,j}$ [-]	$F_{TL}$ [-]	$C_A$ [-]	$C_{TL,Prä,j}$ [-]	$F_{prä}$ [-]	$Q_{l,j}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]
Klassenraum Bestand	16,9	0,66	0,50	0,67	0,25	0,50	0,88	13,9
Klassenraum saniert	9,6	0,54	0,78	0,58	0,25	0,95	0,76	5,9
Eckraum Bestand	17,9	0,93	0,60	0,44	0,25	0,50	0,88	9,7
Eckraum saniert	9,5	0,86	0,89	0,24	0,25	0,95	0,76	2,4

- Die thermische Optimierung eines Gebäudes hat in der Regel eine Verminderung der Transparenz der Gebäudehülle zur Folge.
- Aufgrund des geringen Lichttransmissionsgrades von 50% im entladenen Zustand, kann elektrochromes Glas dann eingesetzt werden, wenn die vorhandenen Fensterflächen eine gute Tageslichtversorgung ermöglichen.
- Sofern ausreichende Fensterflächen nicht vorhanden sind, kann die Tageslichtversorgung durch die Schaffung zusätzlicher Öffnungen, z.B. Dachoberlichter, verbessert werden.
- Ein energetischer Zielwert von 3 kWh/m<sup>2</sup>a kann nur bei guter Tageslichtversorgung in Verbindung mit tageslichtabhängigen Kontrollsystmen und einer energieeffizienten künstlichen Beleuchtung erreicht werden.