

Werkstatt EnEff : Schule 2012

Erfahrungen und Ergebnisse zum umgesetzten Beleuchtungskonzept



daylighting.de



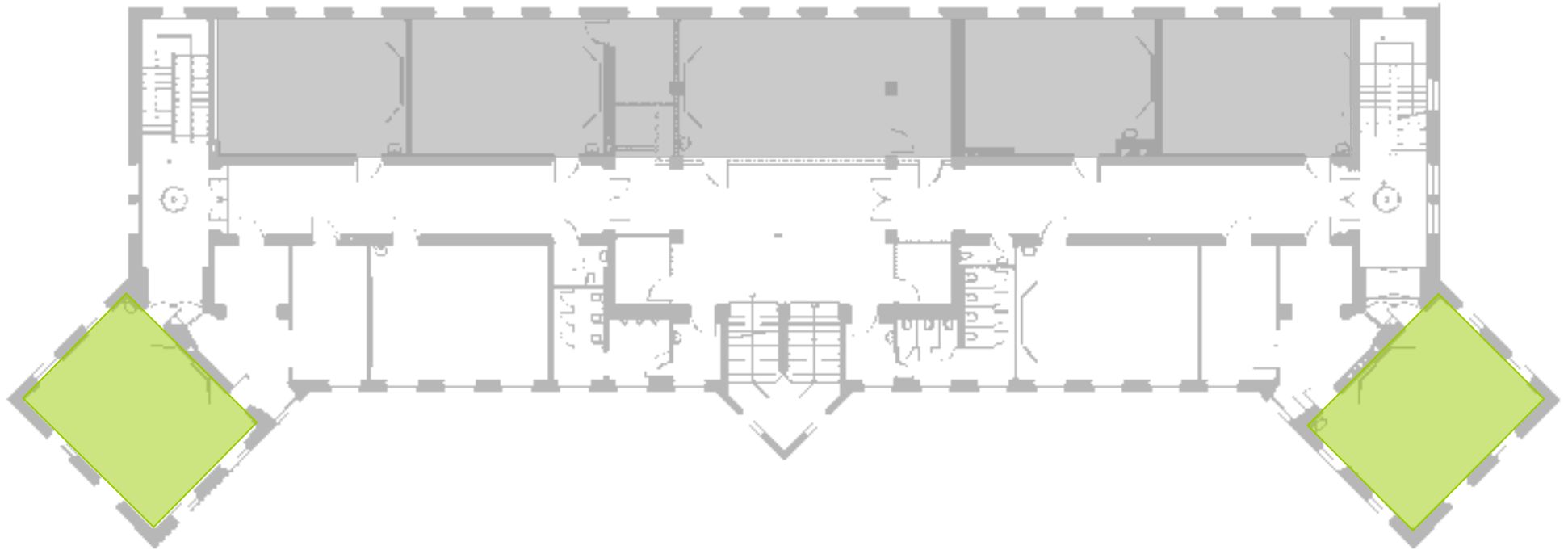
*Roman A. Jakobiak³, Uwe Meinhold^{1, 2},
Sebastian Hermsdorf^{1, 2}*

¹ TU-Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik

² Ingenieurbüro Bauklimatik, Dresden, info@ig-bauklimatik.de

³ daylighting.de UG (haftungsbeschränkt), office@daylighting.de

Tageslichtangebot im Bestand



gerade ausreichende Helligkeit (Fensterfläche / Grundfläche = 17%; $D=1,3\%$)

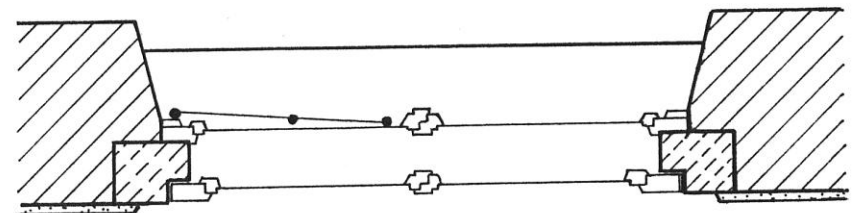
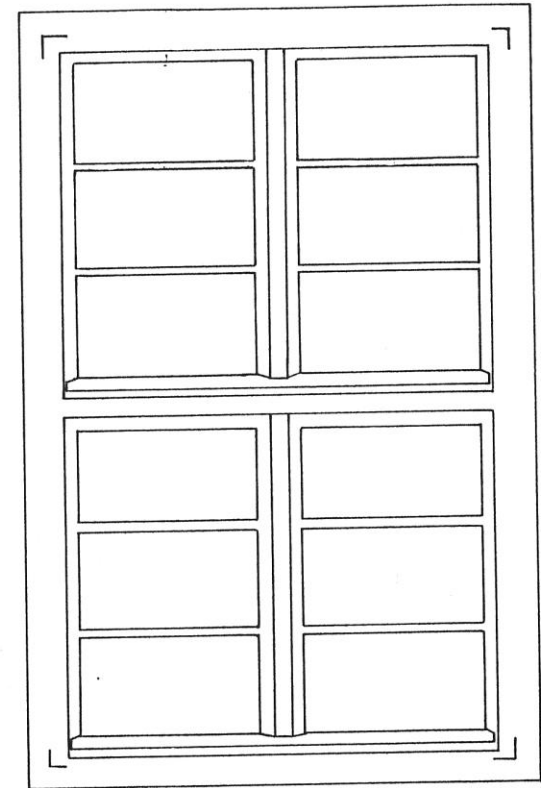
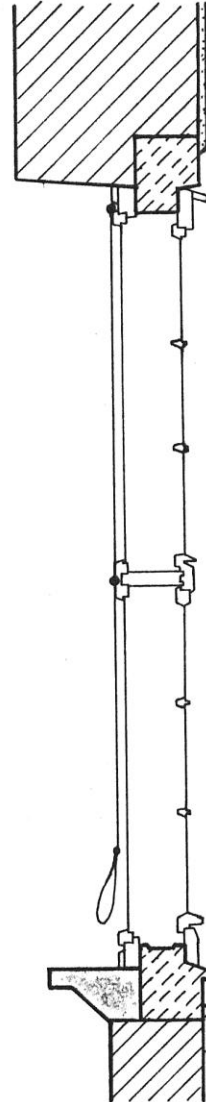


ausreichend tageslichtversorgt (Fensterfläche / Grundfläche = 32%; $D=2,4\%$)

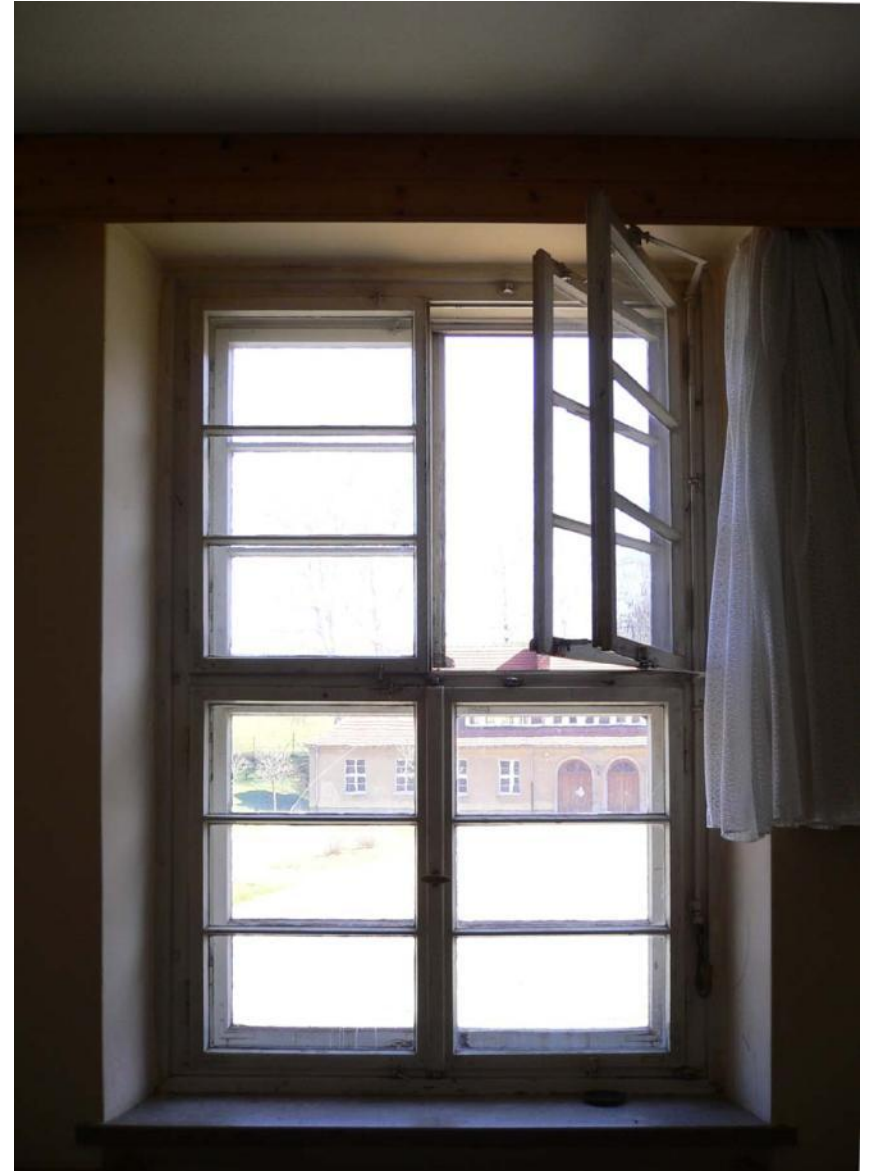
Verglasung der Kastenfenster



Kastenfenster



Fenster, Bestand und Neu



Testraum mit Forschungsteam



Von links: Michael Zymek (HS Zittau-Görlitz), Uwe Meinhold (TU-Dresden), Roman Jakobiak (daylighting.de)

Testachse mit verschiedenen Tageslichtsystemen



Außenfenster
oben: Lichtlenkglas "Okasolar W";
unten: Electrochromes Glas;

Innenfenster:
Zweifach Wärmeschutzverglasung

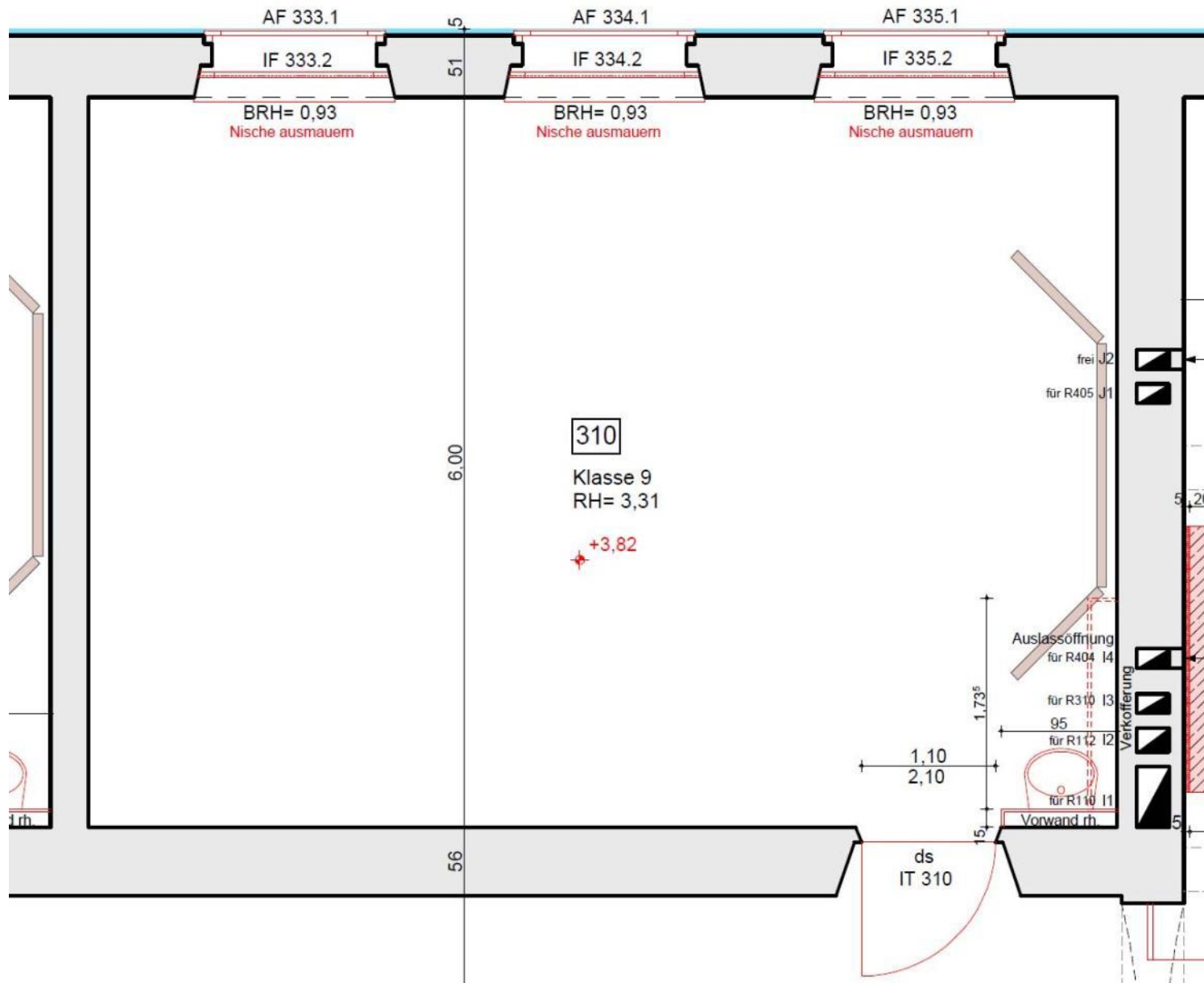


Außen- und Innenfenster:
Zweifach Wärmeschutzverglasung;
Tageslichtsystem: Lamellenraffstore:
Warema Genius E 50 (weiß)



Außen- und Innenfenster:
Zweifach Wärmeschutzverglasung;
Tageslichtsystem: Lamellenraffstore:
Warema Genius C/E 50 (verspiegelte
Lamellen)

Grundriss Regelklassenraum

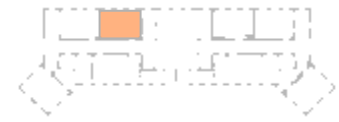


Orientierung: Südost.

Außen: Einfachverglasung mit Weißglas;
Innen: Zweifach Wärmeschutzverglasung

Lamellenraffstore im Zwischenraum des Kastenfensters

Regelklassenraum - Kenngrößen



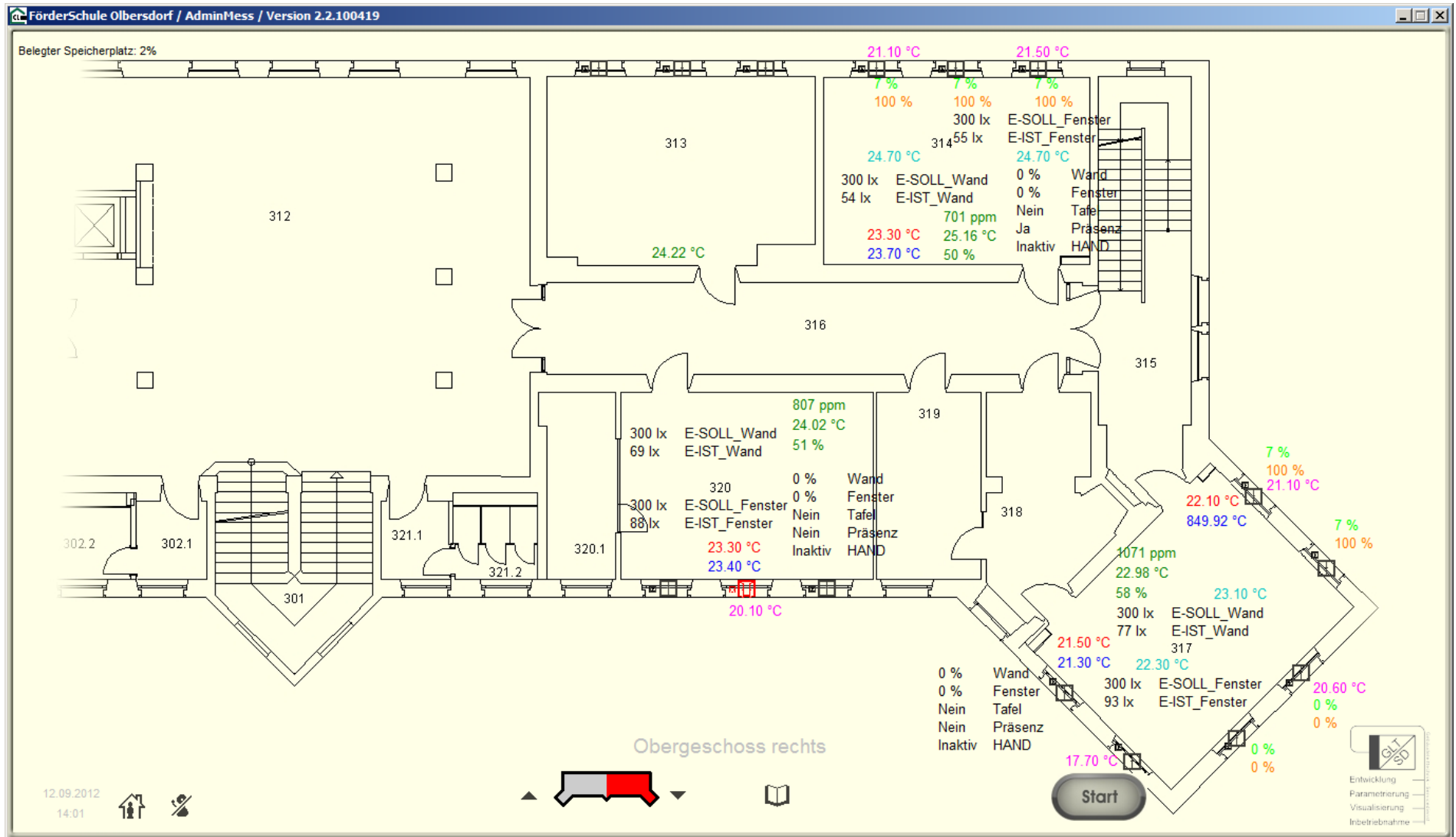
	Bestand	nach Sanierung	
Raumgrundfläche	50,76 m ²	50,76 m ²	
Rohbaufenstergröße	8,70 m ²	8,70 m ²	
Rohbau-Fensterfläche / Grundfläche	17%	17%	
Minderungsfaktor des Rahmens	0,60	0,55	
Glasfläche	5,24 m ²	4,79 m ²	-9%
Glasfläche / Grundfläche	10%	9%	
Lichttransmissionsgrad der Verglasung	0,84	0,76	-10%

Kenngrößen der Fenster im Regelklassenraum im Bestand und nach der Sanierung

	Bestand	nach Sanierung
Raummitte	1,3%	1,4%
Referenzpunkt links (halbe Raumtiefe, 1 m Abstand von linker Seitenwand)	1,1%	0,9%
Referenzpunkt rechts (halbe Raumtiefe, 1 m Abstand von rechter Seitenwand)	0,9%	0,8%

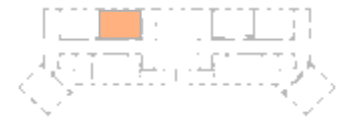
Messung des Tageslichtquotienten im Regelklassenraum im Bestand und nach Sanierung

Erfassung von Messwerten über die GLT



Erfassung von 549 Messwerten im Beleuchtungsscan

Regelklassenraum - Innenansicht



	Fenster- seite (Punkt 2)	Raummitte (Punkt 3)	Flurseite (Punkt 4)
relative Nutzbelichtung (Frühjahr / Herbst*, 9.-14. Uhr, Basis: 300 lx)	99,5%	92,4%	85,2%
relative Nutzungszeit (Frühjahr / Herbst*, 9.-14. Uhr, Basis: 300 lx)	96,4%	71,7%	62,7%
zylindrische / horizontale Beleuchtungsstärke	66,2%	87,5%	100,9%

*) Die Messung Frühjahr / Herbst bezieht sich auf den Zeitraum 20.10.2011 bis 25.10.2011 und 11.02.2012 bis 16.02.2012.

EnEff:Schule
Erfahrungen und Ergebnisse zum umgesetzten Beleuchtungskonzept
Jakobiak / Meinhold / Hermsdorf – Olbersdorf, 25.10.12

Regelklassenraum - Kontrollsystem

Taster für Beleuchtung;
Lage: neben der Eingangstür.

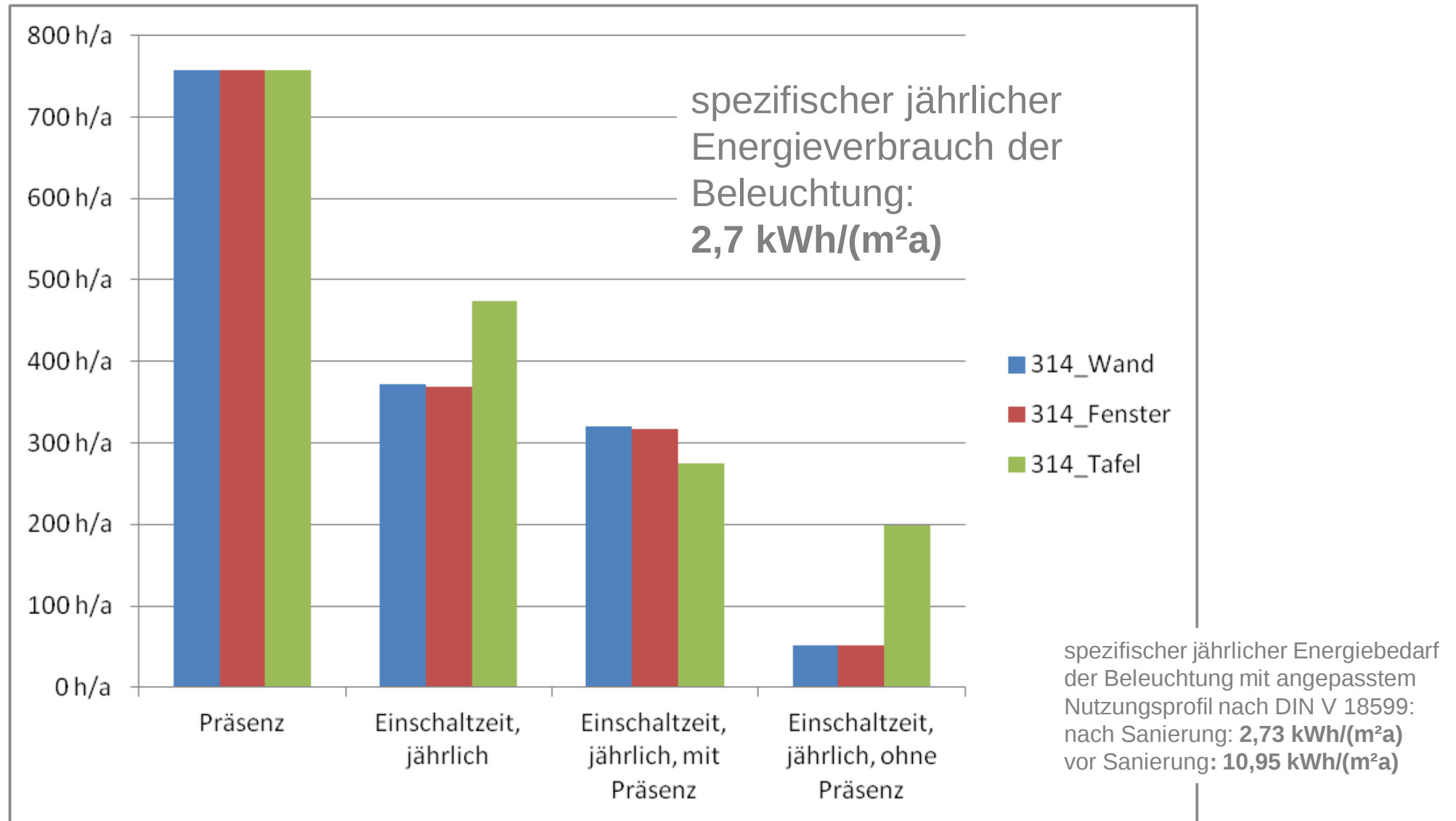
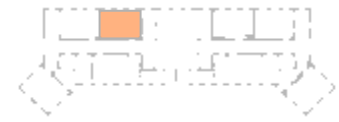


Aktivierung der
Raumbeleuchtung:
Der Sollwert der
Beleuchtungsstärke wird
tageslichtabhängig durch
Einstellen des erforderlichen
Dimmwertes eingehalten, je
nach Besonnung werden die
Lamellenraffstoren im
Stellwinkel verändert oder
zurückgezogen.

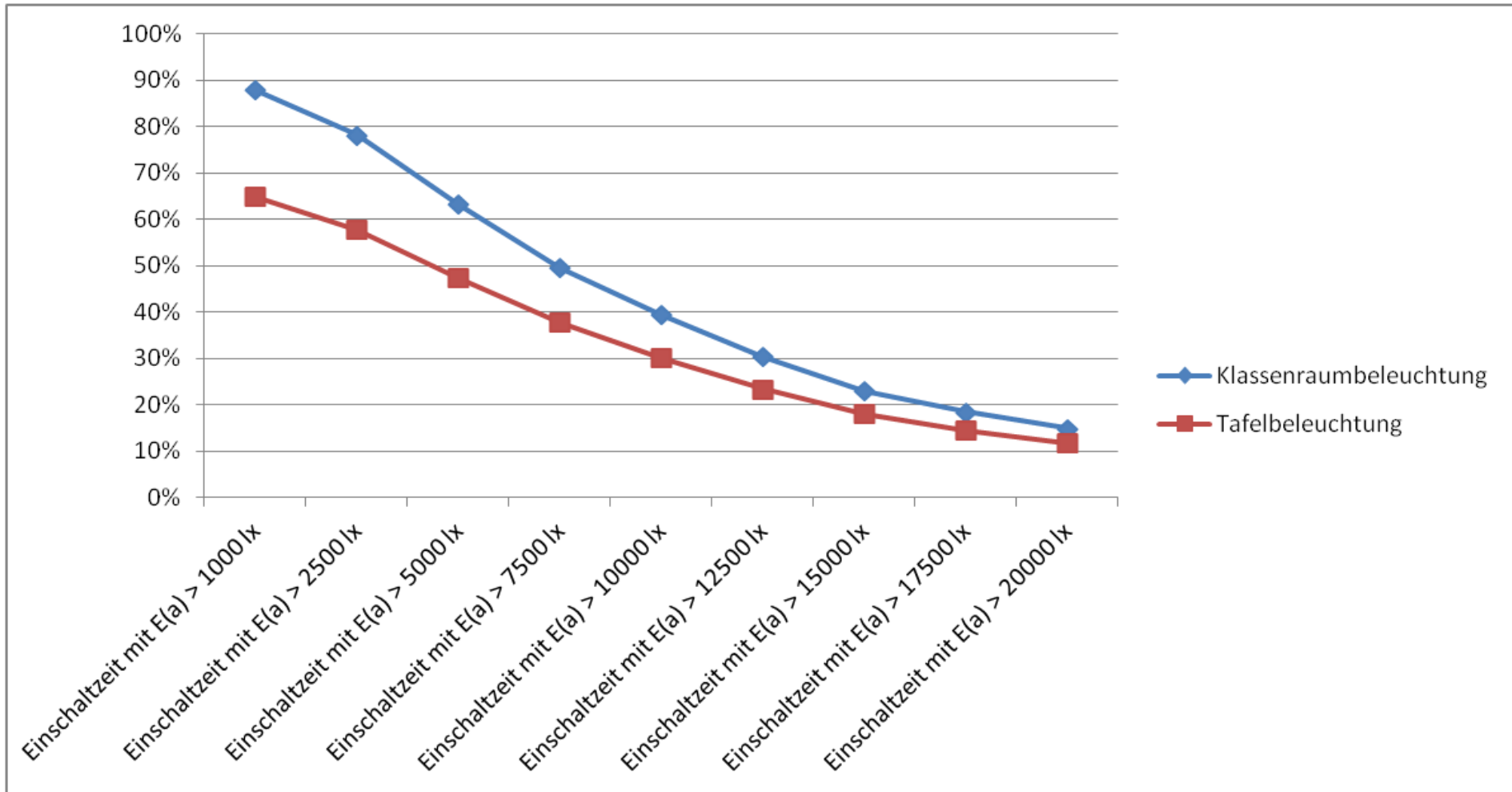
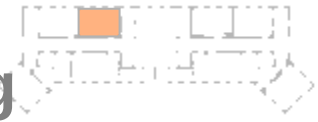
Bedienfeld für den Lehrer;
Lage: neben der Tafel gesichert
durch einen Schlüsselschalter.



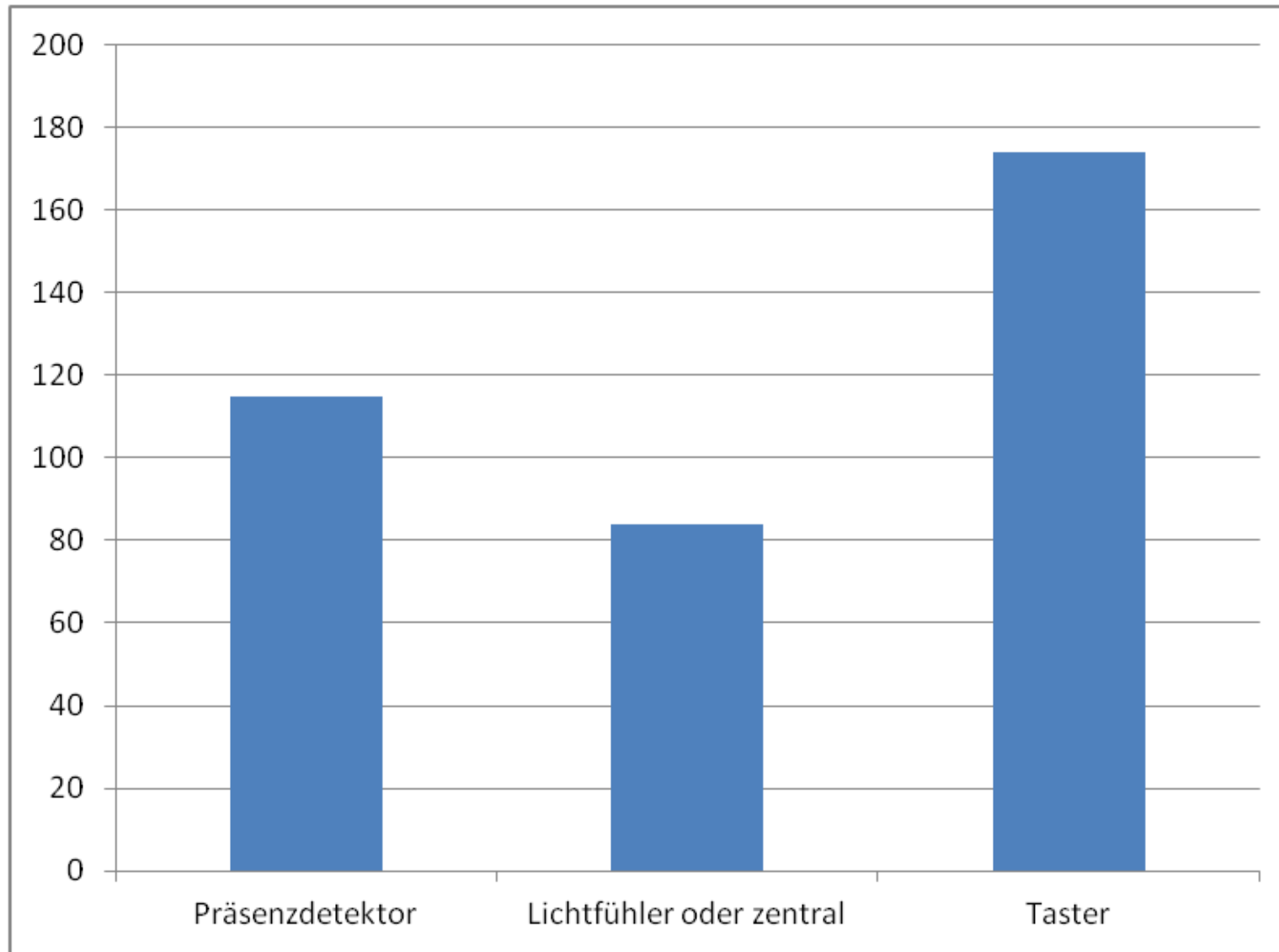
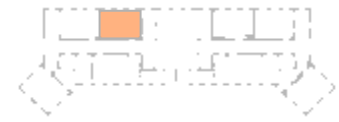
Präsenz & Einschaltzeit der künstlichen Beleuchtung

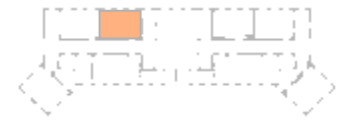


Tageslicht & Einschaltzeit der künstlichen Beleuchtung

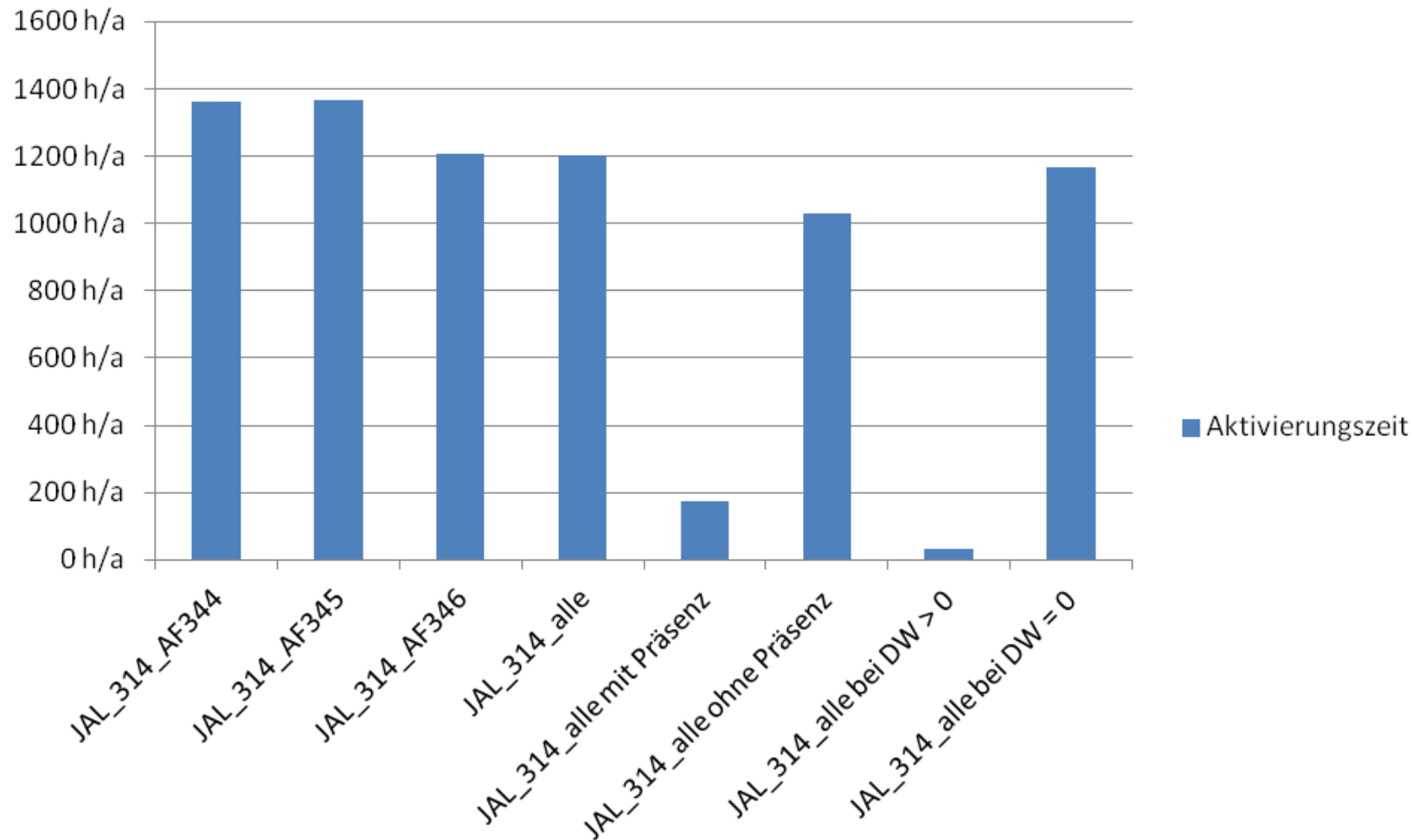


Regelklassenraum – Ausschaltereignisse

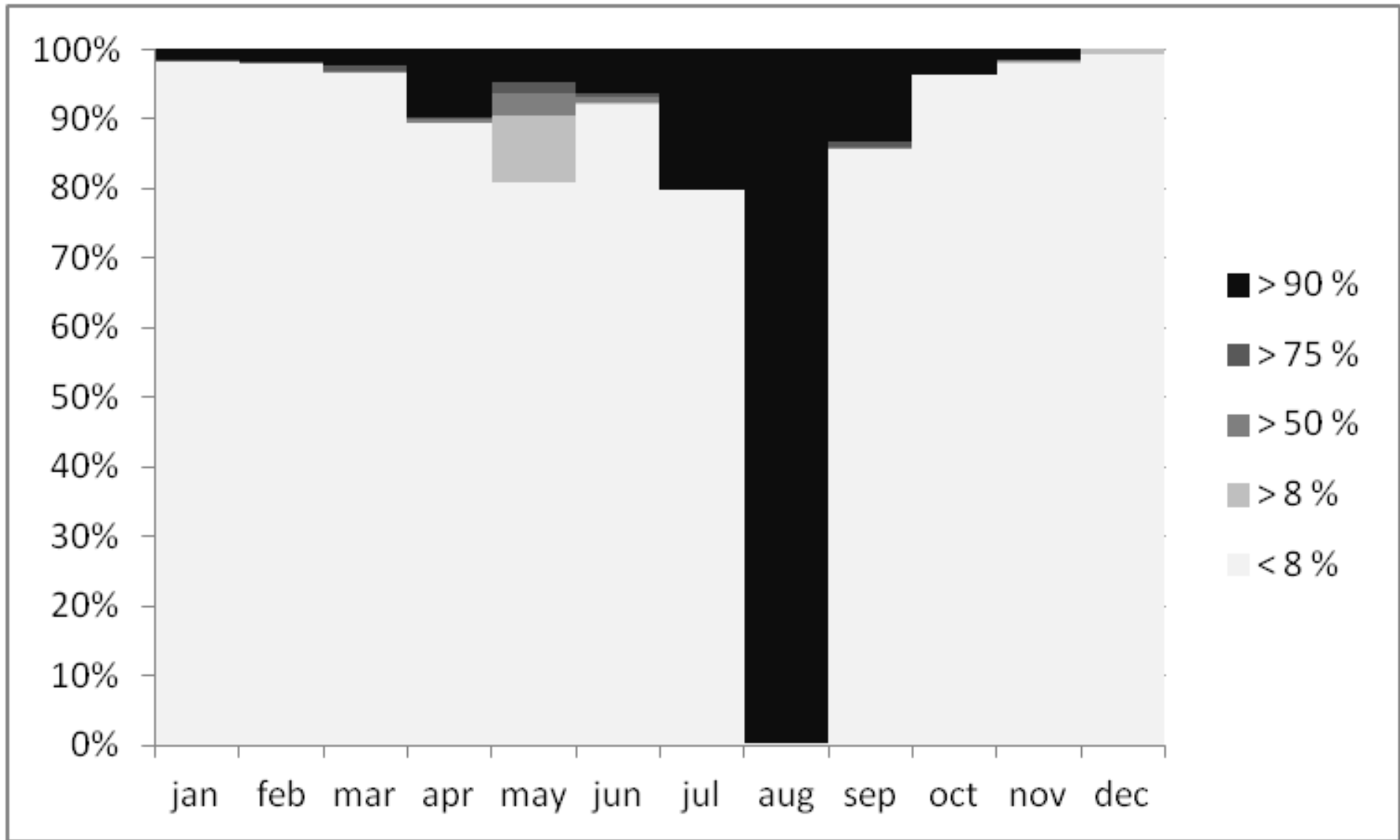
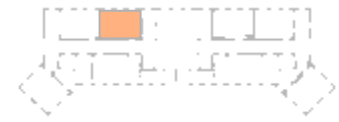




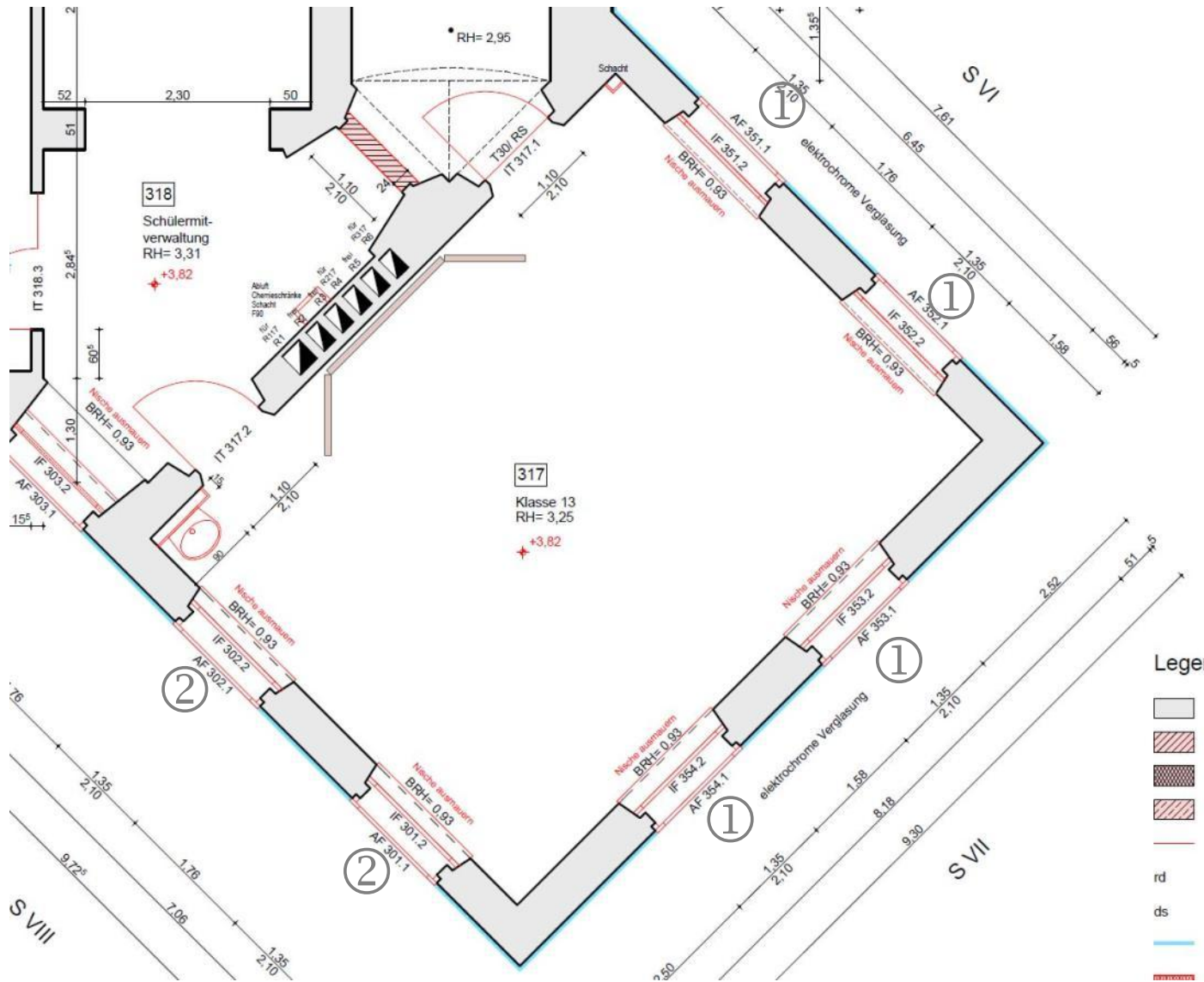
Aktivierungszeit Raffstore



Aktivierung Sonnen- und Blendschutz – Raffstore



Klassenraum mit drei Fassaden



- ① Süden und Westen:
- Glas:
Innen: Zweifach
Wärmeschutzverglasung,
Außen: Elektrochrome
Verglasung

Lamellenraffstore im
Zwischenraum des
Kastenfensters

- ② Norden:
- Glas:
Innen: Zweifach
Wärmeschutzverglasung,
Außen: Einfachverglasung
mit Weißglas
kein Sonnen- oder
Blendschutz.

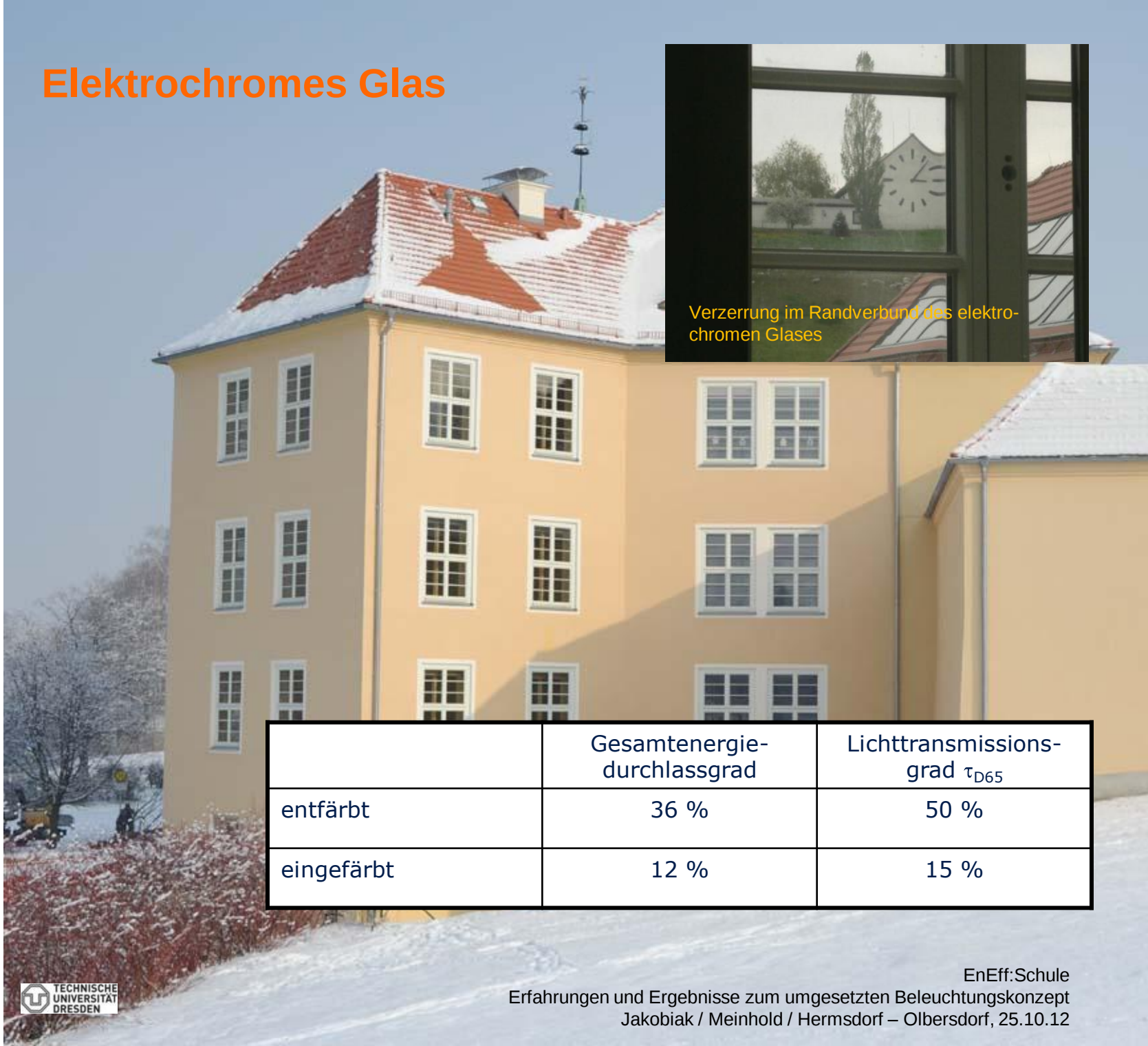
Elektrochromes Glas



de



Verzerrung im Randverbund des elektrochromen Glases



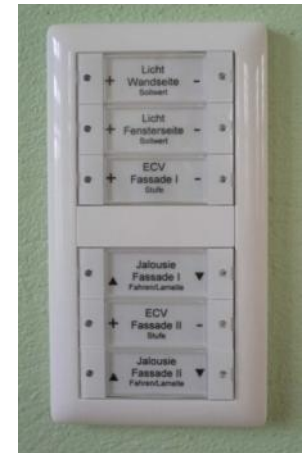
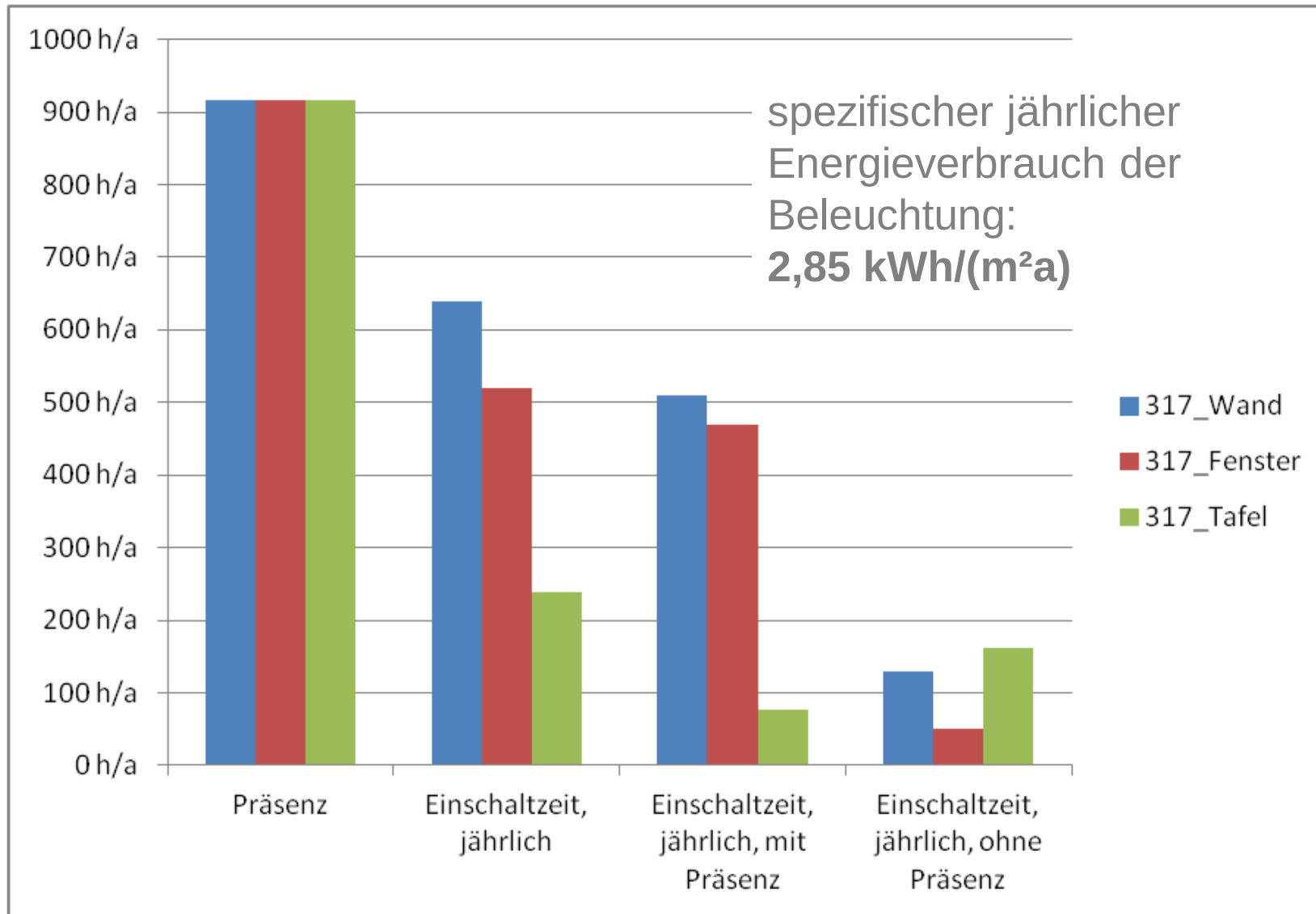
	Gesamtenergie- durchlassgrad	Lichttransmissions- grad τ_{D65}
entfärbt	36 %	50 %
eingefärbt	12 %	15 %

Klassenraum mit drei Fassaden

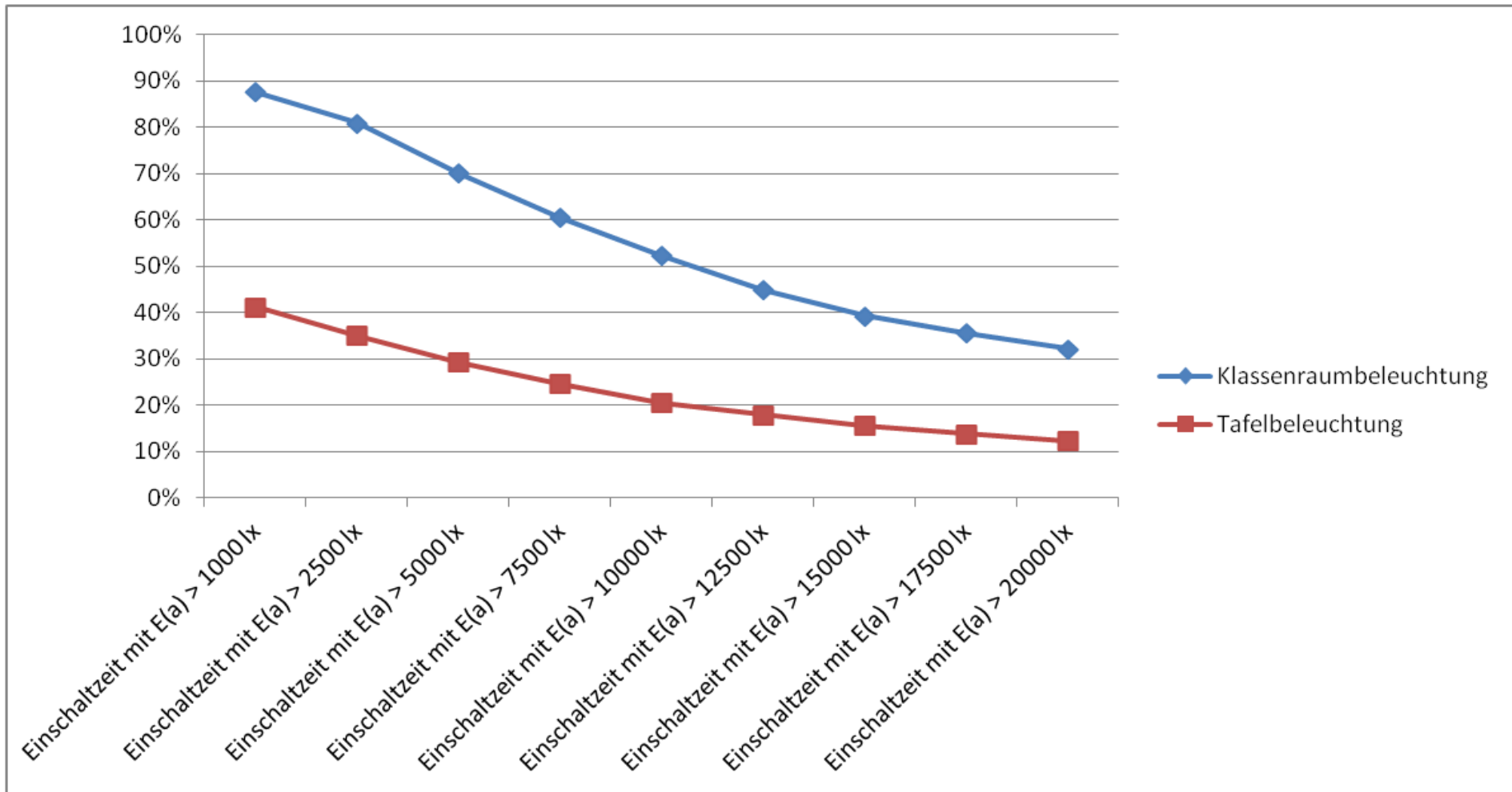


	Sommer	Frühjahr / Herbst	Winter
relative Nutzbelichtung (9.-14. Uhr, Basis: 300 lx)	99%	93%	82%
relative Nutzungszeit (9.-14. Uhr, Basis: 300 lx)	93%	74%	61%
zylindrische / horizontale Beleuchtungsstärke	100%	98%	106%

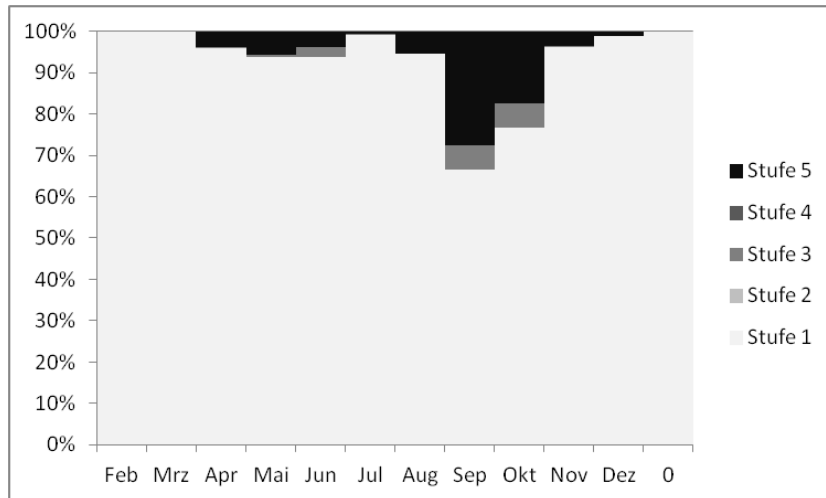
Klassenraum mit drei Fassaden – Einschaltzeit vs. Präsenz



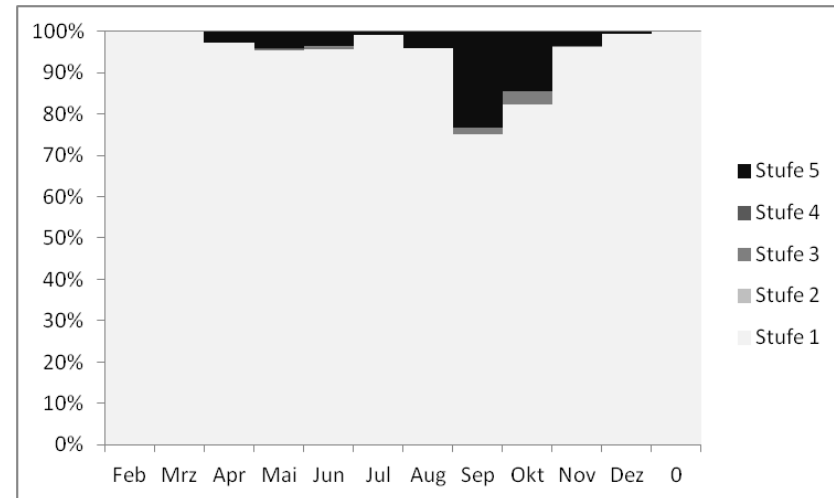
Klassenraum – Einschaltzeit vs. Tageslichtangebot



Aktivierung Sonnen- und Blendschutz



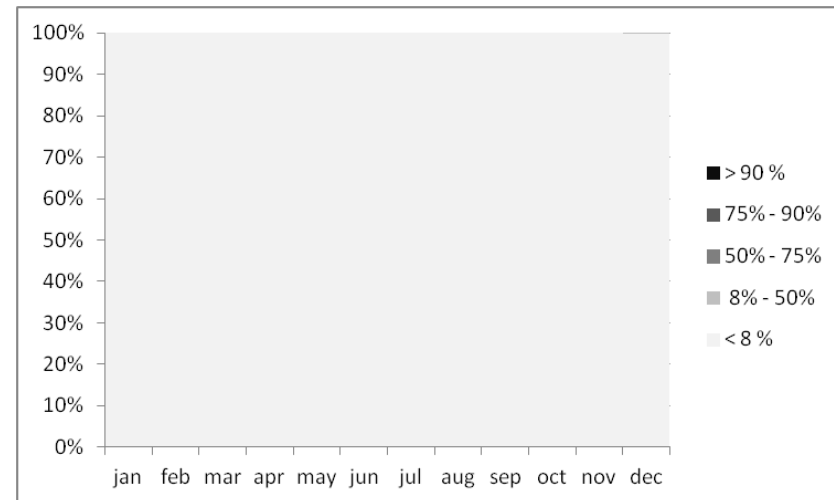
EC-Glas – südorientiert
(automatisch + manuelle Übersteuerung)



EC-Glas – westorientiert
(automatisch + manuelle Übersteuerung)

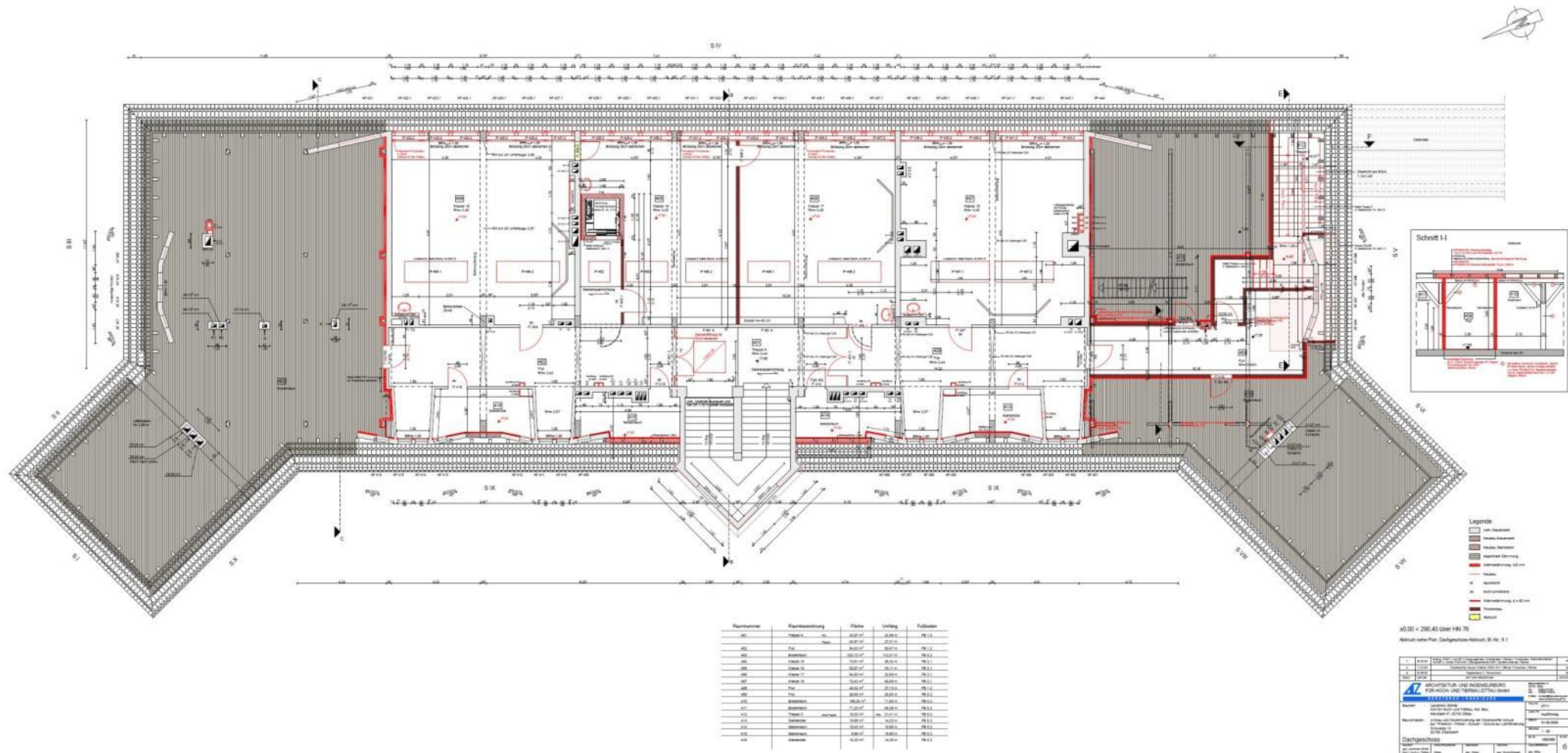


Lamellenraffstore – südorientiert
(manuell)

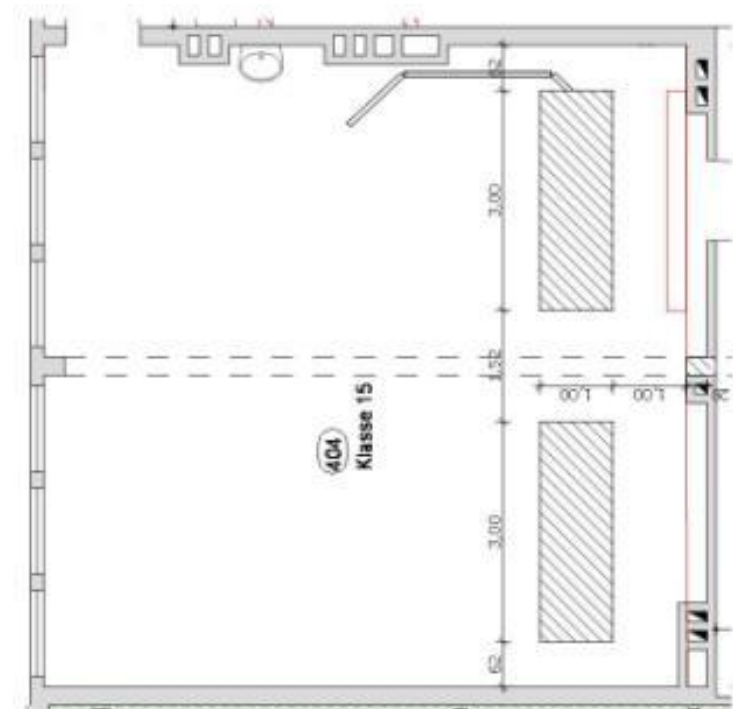
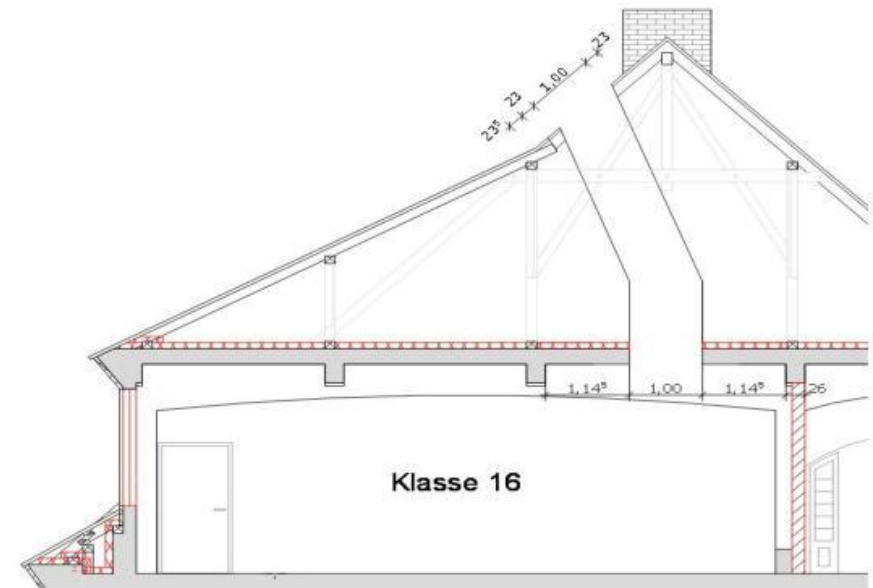


Lamellenraffstore – westorientiert
(manuell)

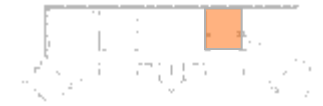
25



Klassenraum in Dachgeschoss



Klassenraum in Dachgeschoss



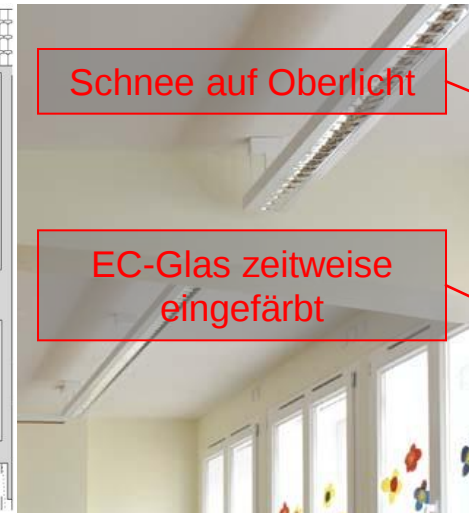
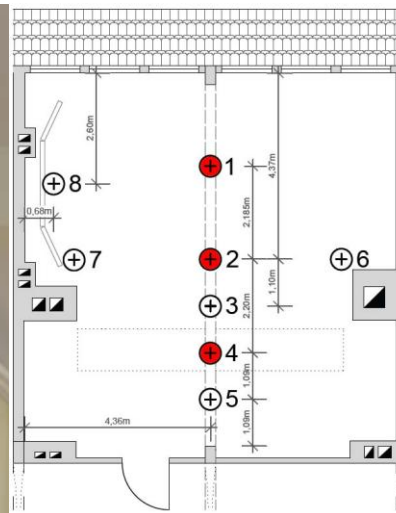
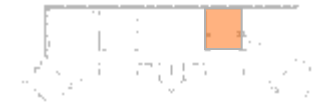
	Bestand	nach Sanierung
Raumgrundfläche	75 m ²	75 m ²
Rohbaufenstergröße	8,03 m ²	17,32 m ²
Rohbau-Fensterfläche / Grundfläche	11%	23%
Glasfläche	5,08 m ²	11,09 m ²
Glasfläche / Grundfläche	7%	15%

Kenngößen der Fenster des Klassenraums im Dachgeschoss im Bestand und nach der Sanierung

	Bestand	nach Sanierung
Mittelachse, Fensterabstand 2,26 m	2,5%	1,2%
Raummitte	1,3%	1,1%
Mittelachse, Fensterabstand 6,77 m	0,6%	1,7%

Messung des Tageslichtquotienten im Klassenraum im Dachgeschoss im Bestand und nach Sanierung

Klassenraum im Dachgeschoss



Schnee auf Oberlicht

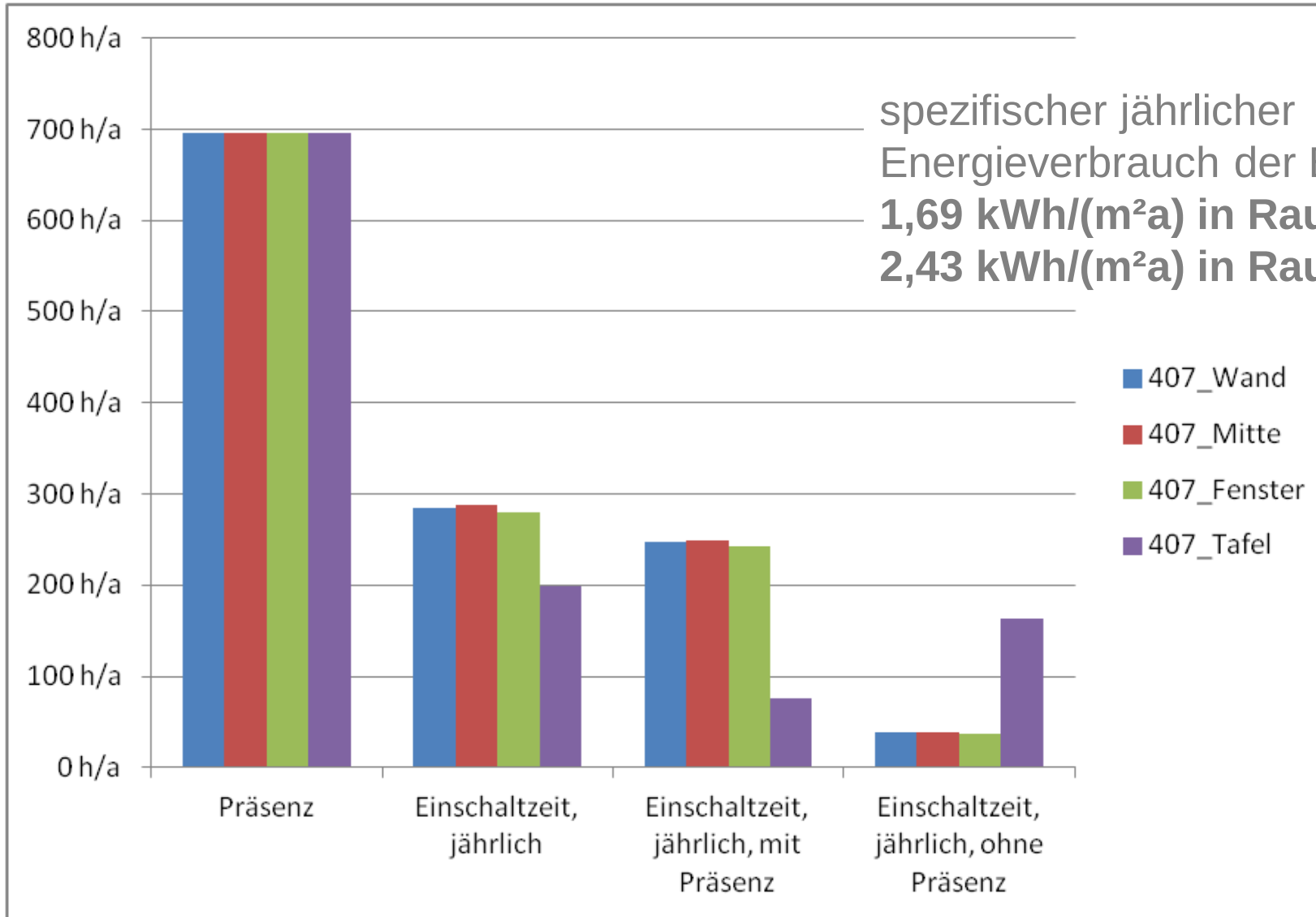
EC-Glas zeitweise eingefärbt

		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%

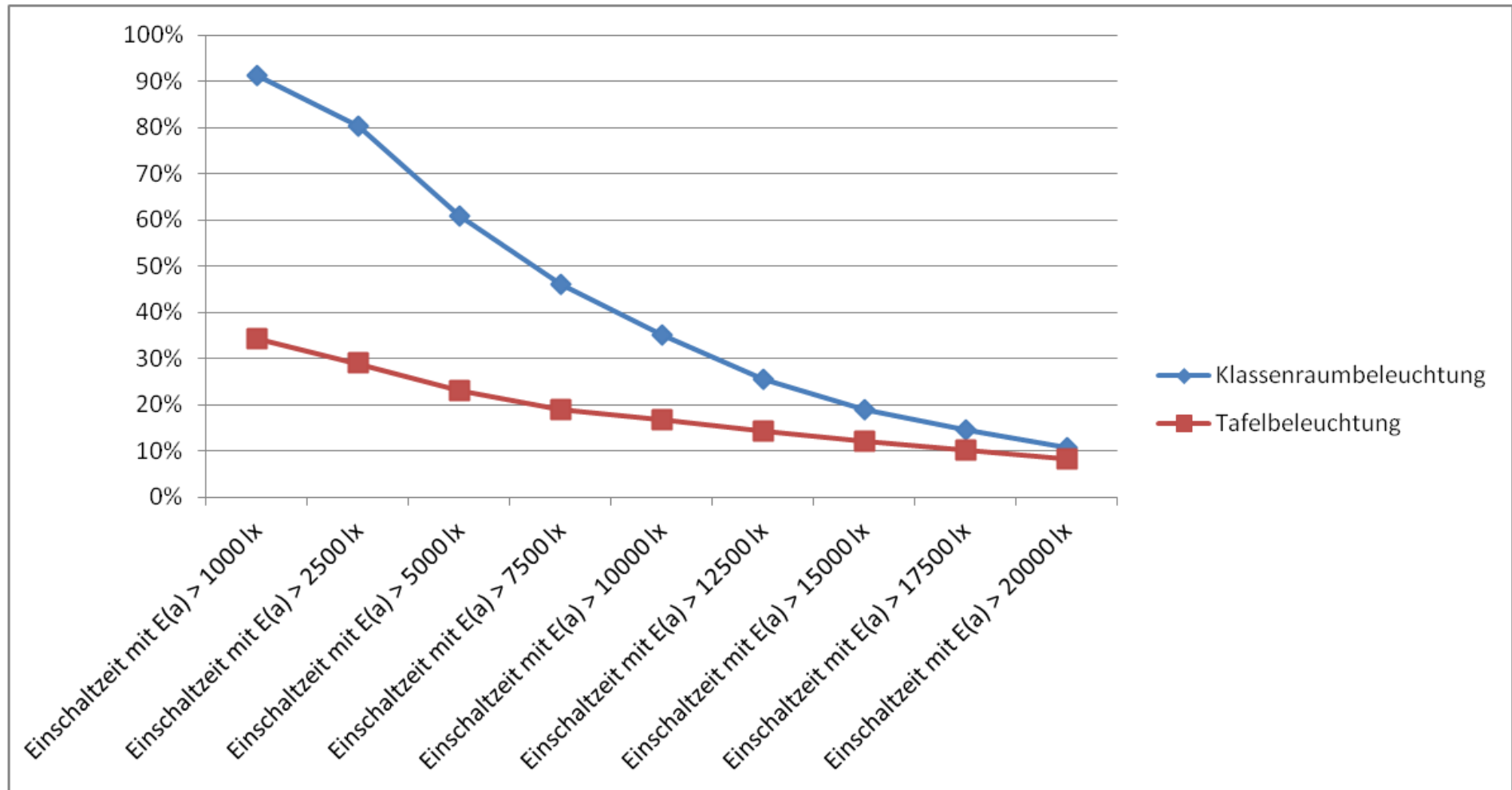
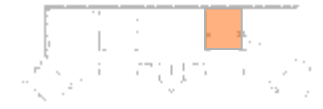
Präsenz & Einschaltzeit der künstlichen Beleuchtung



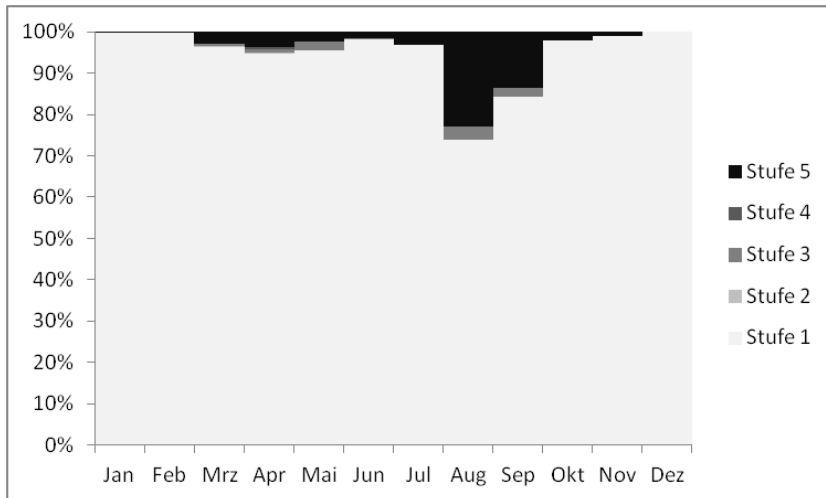
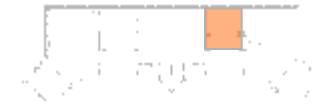
spezifischer jährlicher
Energieverbrauch der Beleuchtung:
1,69 kWh/(m²a) in Raum 407
2,43 kWh/(m²a) in Raum 405



Klassenraum – Einschaltzeit vs. Tageslichtangebot



Aktivierung Sonnen- und Blendschutz



EC-Glas – Südost
(automatisch + manuelle Übersteuerung)



Lamellenraffstore – Südost
(manuell)

Turnhalle im Bestand



Glasfl. neu:
0,39 m²



Glasfl. Bestand:
0,57 m²

Turnhalle - neues Dachoberlicht



Turnhalle

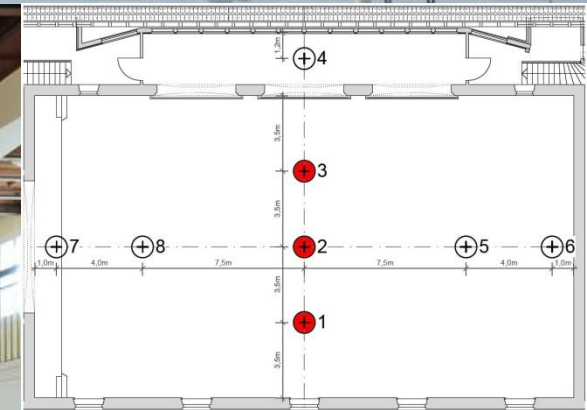
	before renovation	after renovation
Raumgrundfläche	350 m ²	350 m ²
Rohbaufenstergröße	39,3 m ³	80,2 m ²
Rohbau-Fensterfläche / Grundfläche	11%	23%
Glasfläche	21,17 m ²	58,02 m ²
Glasfläche / Grundfläche	6%	17%

Kenngößen der Fenster in der Turnhalle im Bestand und nach der Sanierung

	before renovation	after renovation
middle axis, window area	1,0%	2,7%
center of room	0,7%	3,1%
middle axis, rear side	0,3%	2,0%

Messung des Tageslichtquotienten in der Turnhalle im Bestand und nach Sanierung

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



... Mehrzweckraum nach Sanierung



Fazit

- **Mit weniger als 3 kWh/m²a ist der Energieverbrauch für Beleuchtung in den Klassenräumen gering. Durch eine effiziente künstliche Beleuchtung und optimierte Kontrollsysteme konnte dieser Wert trotz der durch die Bestandssituation im Denkmal bedingten teilweise geringen Fensterflächen erreicht werden.**
 - » Installierte spezifische Leistung in den Klassenräumen < 9 W/m²; präsenzabhängig aus, tageslichtabhängig gedimmt und tageslichtabhängig aus.
- **Die Schaffung zusätzlicher Tageslichtöffnungen durch bauliche Sanierungsmaßnahmen erwies sich hinsichtlich der Tageslichtbeleuchtung als äußerst wirksam.**
 - » Tageslichtdecken / Dachoberlichter in den Klassenräumen im Dachgeschoss und in der Turnhalle, Abböschung des Bodens vor der Cafeteria.

Fazit

- **Trotz planerischer Optimierung führte die thermische Sanierung der Gebäudehülle zu einer Verminderung der Transparenz der Fenstersysteme.**
 - » Kompensationsmaßnahmen: Vergrößerung der Rohbauöffnung durch Abschlagen der „Nasen“ von den Fenstergewänden; Einfachverglasung der äußeren Fensterflügel des Kastenfensters mit eisenoxidarmen Glas.
- **Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Qualität der Sehbedingungen bei Tageslichtbeleuchtung und dem Einschalten der künstlichen Beleuchtung durch die Nutzer.**
- **Aufgrund des auch im entladenen Zustand geringen Lichttransmissionsgrades von etwa 50% sollte elektrochromes Glas nur angewendet werden, wenn die Fensterflächen für diesen geringen Lichttransmissionsgrad ausreichend dimensioniert sind.**

Fazit

- **Umstellung der GLT von Sommer- auf Wintermodus und umgekehrt erwies sich als wunder Punkt für den Betrieb der Sonnenschutzsysteme.**
 - » Ursache: Wert wurde von anfangs von aufgeschalteter Heizungsanlage nicht geliefert. Fehler wurde erst spät erkannt, da der Betriebsmodus in der Bedienoberfläche nicht angezeigt wurde.
 - » Maßnahme: Betriebsmodus wird nun angezeigt und kann manuell überschrieben werden.
- **Die Möglichkeit, über den Schlüsselschalter das Beleuchtungsniveau zu verändern oder die Sonnen- und Blendschutzsysteme individuell einzustellen, wurde kaum genutzt.**
 - » Angesichts der geringen Aktivierungszeit ist der in Verbindung mit der elektrochromen Verglasung als Blendschutz eingesetzte hochwertige Lamellenbehang zu hinterfragen. – Ein einfacheres System wäre ggf. ausreichend gewesen.

Fazit

- **In Klassenräumen mit präsenzabhängigem Ausschalten und tageslichtabhängigem Dimmen der künstlichen Beleuchtung ist das durch zusätzliches tageslichtabhängige Ausschalten gegebene Einsparpotenzial ggf. vergleichsweise gering.**
 - » Da der Raum ohnehin alle 45 Minuten verlassen wird, wird der Effekt des tageslichtabhängigen Ausschaltens bei Klassenräumen zum großen Teil bereits durch das präsenzabhängige Ausschalten erzielt.

Werkstatt EnEff : Schule 2012

Erfahrungen und Ergebnisse zum umgesetzten Beleuchtungskonzept

*Roman A. Jakobiak³, Uwe Meinhold^{1, 2},
Sebastian Hermsdorf^{1, 2}*

¹ TU-Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik

² Ingenieurbüro Bauklimatik, Dresden, info@ig-bauklimatik.de

³ daylighting.de UG (haftungsbeschränkt), office@daylighting.de



Projektbeteiligte	
Bauherr	Landkreis Görlitz
Forschungsprojekt, Gesamtleitung	HS Zittau/Görlitz, Fakultät Bauwesen, Lehrgebiet Bauklimatik, Prof. Dr. Bolsius
Forschungsprojekt, Unterauftrag Beleuchtung	TU-Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik
Unterauftrag, Unterauftrag Beleuchtung	Roman Jakobiak (Werkvertrag)
Projektbegleitung	Projektträger Jülich
Architekt	AIZ - Architektur- und Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau Zittau GmbH
Elektroplanung	ILM - Ickrath Land Messner, Ingenieurbüro für Elektroenergieanlagen