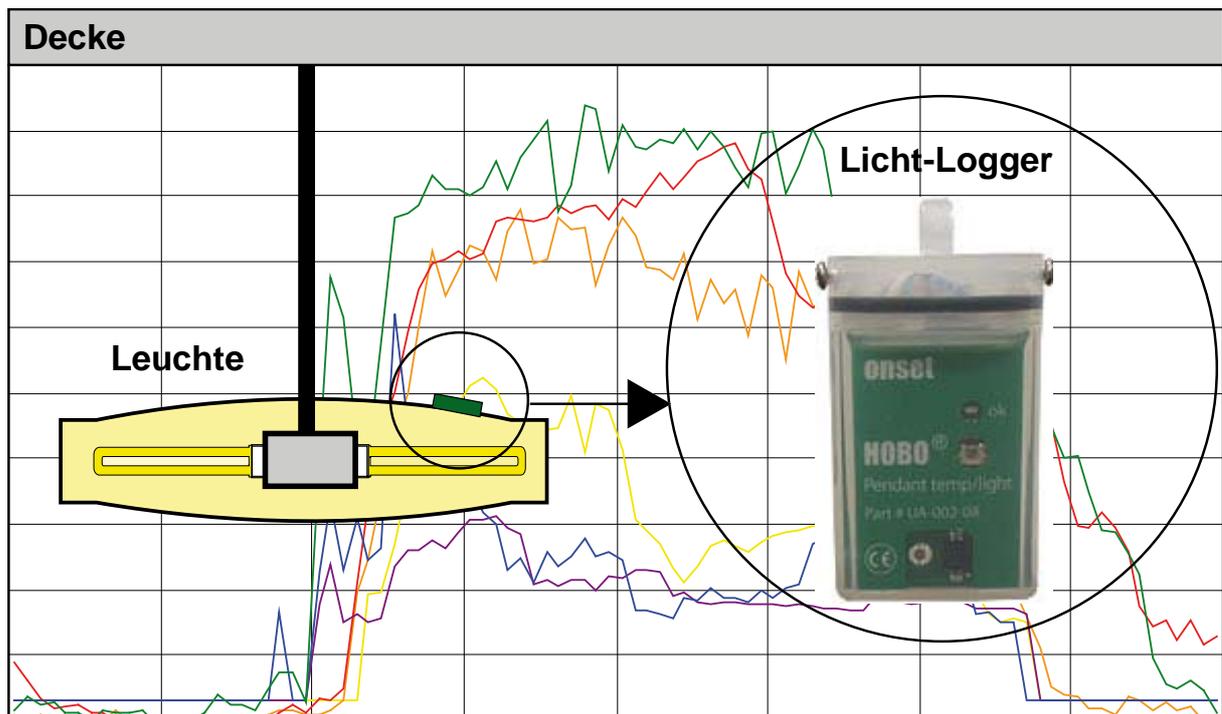




Messprojekt: Präsenzmelder und Tageslicht-Regelungen in Schulhäusern der Stadt Zürich



Verfassende: Stefan Gasser, stefan.gasser@etteam.ch
Markus Simon, markus.simon@zuerich.ch

in Zusammenarbeit mit



etteam GmbH
Schaffhauserstrasse 34
8006 Zürich

Zürich, 24.2.07





Inhalt

Zusammenfassung	4
Messmethode	5
Messgerät	5
Messinstallation	6
Interpretation der Messungen	7
Gebäudeüberblick	9
Details zu den einzelnen Gebäude	10
Schulhaus Im Birch	10
Schulhaus Apfelbaum	13
Schulhaus Mattenhof	16
Schulhaus Entlisberg	19
Schulhaus Entlisberg	20
Schulhaus Gabler	22
Schulhaus Wollishofen.....	25
Schulhaus Am Wasser.....	28
Berufswahlschule Hardau	31
Primarschule Hardau	34
Schulhaus Seefeld	37
Schulhaus Fluntern	40



Zusammenfassung

- Zwischen Juli und Dezember 2006 wurden in 11 Schulhäusern der Stadt Zürich Messungen der Volllaststunden von Beleuchtungsanlagen gemacht. Total wurden 46 Anlagen ausgemessen; die meisten von ihnen waren mit einer kombinierten Präsenz- und Tageslicht Ein-Aus-Regelung (PIR) ausgerüstet. Zum Vergleich wurden 4 Beleuchtungsanlagen mit manueller Steuerung und 5 mit Konstantlichtregelung (DIM) ausgemessen und bewertet. Untersucht wurden die Nutzungen «Schulzimmer», «Verkehr mit Tageslicht» sowie «Verkehr ohne Tageslicht».
- Die Auswertung der Messungen zeigte, dass die von der SIA-Norm 380/4 definierten Anforderungen realistisch sind. Die Mittelwerte der Volllaststunden für Räume mit Lichtregulierung (Schulzimmer und Verkehrsfläche ohne Tageslicht) liegen den von der SIA 380/4 definierten Werten sehr nah. Die Mittelwerte von Schulräumen ohne Lichtregulierungen liegen im Mittel allerdings deutlich tiefer, als die Grenzwerte es definieren. Grund dafür dürfte das Verantwortungsbewusstsein der Lehrkräfte sein; in anderen Nutzungen (z.B. Büro) dürften die Volllaststunden ohne Regulierung näher beim Grenzwert liegen.

Raumtyp	Anzahl (*)	Messwerte (Mittelwert) h/a	Grenzwert SIA 380/4 h/a	Zielwert SIA 380/4 h/a
Schulzimmer DIM	5	906	1'526	726
Schulzimmer PIR	19	701		
Schulzimmer manuell	4	880		
Verkehr mit Tageslicht (PIR)	8	1'558	1'263	313
Verkehr ohne Tageslicht (PIR)	8	1'749	2'871	1'723

*) In 4 Schulräumen war keine Auswertung möglich.

- Die erwarteten Energieeinsparungen können insgesamt erreicht werden; allerdings zeigt sich, dass der Spareffekt der Präsenzerfassung grösser ist als angenommen, während die Tageslichtregelung oft ungenügend oder gar nicht funktioniert. Das Nichtfunktionieren der Tageslichtsensorik belegen auch die 8 Verkehrsflächen mit Tageslicht, die im Mittel 5-mal länger brennen als erwartet. Der Hauptgrund für die ungenügend funktionierenden Tageslichtregulierungen liegt bei der Justierung; viele Sensoren werden montiert, ohne dass eine Einjustierung stattfindet. Die Einstellregler vor Ort sind oft in unveränderter Werkeinstellung anzutreffen.
- Konstantlichtregelungen sind anspruchsvoll in Planung, Installation und Inbetriebnahme. Ein gutes Beispiel einer funktionierenden Konstantlichtregelung findet man im Schulhaus «Am Wasser». Trotz der unerwünschten Stand-by-Verluste wird der Zielwert von SIA 380/4 bei dieser Schulzimmerbeleuchtung erreicht (694 h/a). Ein nicht optimales Beispiel findet man im Schulhaus «Im Birch». Die Volllaststunden liegen bei 1087 h/a, statt der 726 h/a gemäss SIA 380/4 Zielwert.
- **Fazit:** Lichtregulierungen sind wirkungsvoll, wenn sie richtig geplant und installiert werden. Falsch verdrahtete oder nicht justierte Sensoren sind häufig anzutreffen; das hat nicht immer einen negativen Einfluss auf die Energieeinsparung – es gibt auch Sensoren, die viel zu häufig ausschalten – die Akzeptanz solcher Einrichtungen leidet aber; einige Lehrkräfte in den untersuchten Schulhäusern haben entsprechende Mängel geäussert. Falsch platzierte Sensoren sind in der Stadt Zürich kaum anzutreffen, was aber eher auf die grosse Sensibilisierung der Bauherrenvertreter in diesem Bereich hinweist und keinesfalls verallgemeinert werden darf. Konstantlichtregelungen bedürfen einer sehr sorgfältigen Planung, Installation und Abnahme; bei grossem Kostendruck ist von solchen Einrichtungen eher abzuraten. Eine neue Messkampagne in Bürohäusern ist in Planung.

Messmethode

Messgerät

Zum Einsatz kam ein Datenlogger, der für Taucherei entwickelt wurde. Das Gerät ist batteriebetrieben, bis 30 m Tiefe wasserdicht und es misst Temperatur und Helligkeit; ein Mass für die Visibilität bzw. «Durchsichtigkeit» des Wassers. Trübung durch natürliche (Plankton) oder auch menschenverursachte Verschmutzung mindert die Helligkeit und Klarheit unter Wasser und ist so ein Mass für die Qualität des Tauchplatzes.

Das Gerät eignet sich bestens auch für den Einsatz im Innern einer Leuchte und kann in erster Linie Informationen über Ein- und Ausschaltzyklen geben. Aber auch Temperaturverhalten und Verzögerungszeiten bis zum maximalen Lichtstrom können evaluiert werden. Für die Messung von Konstantlichtregelungen ist das Gerät nur geeignet, wenn im unteren Messbereich Tageslicht und künstliche Beleuchtung gut voneinander unterschieden werden können. Bei diesen Anlagen ist ferner zu beachten, dass abgegebene Lichtstrom und aufgenommenen elektrische Leistung nicht proportional sind; d.h. Stand-by-Verluste und Regelverhalten des Vorschaltgerätes müssen für eine Beurteilung ebenfalls bekannt sein.



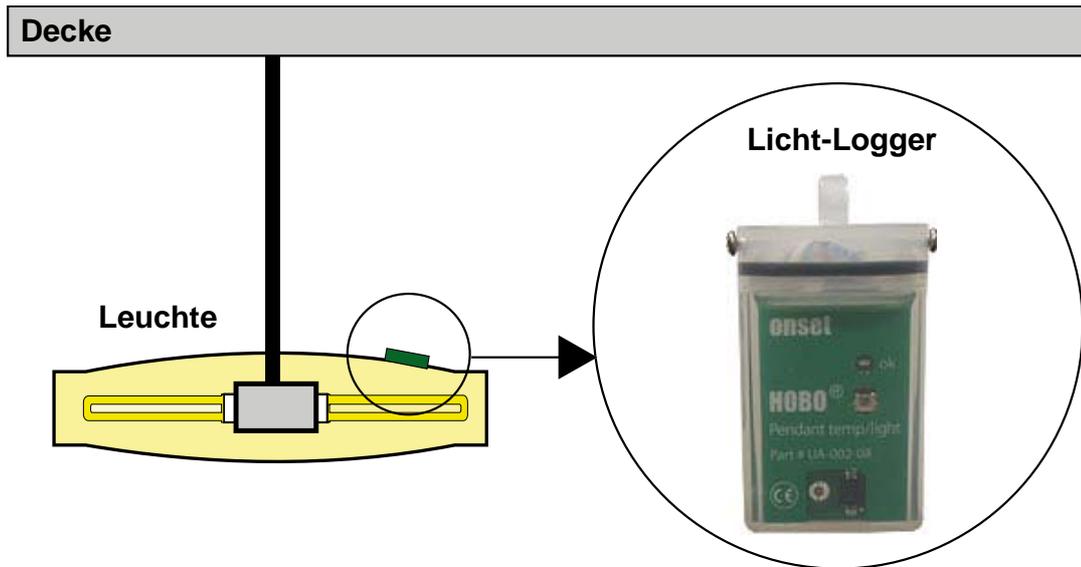
Der **HOBO-Logger Pendant temp/light** (www.1800loggers.com) der amerikanischen Computerfirma onset bietet mit nur 50\$ pro Stück eine sehr preiswerte Möglichkeit, das Verhalten einer Beleuchtungsanlage bis zu einem Jahr kontinuierlich zu erfassen.

Spezifikationen:

- Messkapazität: insgesamt 64KB (für ca. 52'000 Messwerte).
- Messbereich: 0 - 322900 Lux
- 10 Bit Auflösung (1024 Stufen, logarithmisch, Minimalauflösung: 11 Lux)
- einstellbare Abtast-Intervalle: 1 Sekunde bis 18 Stunden.
- Auslesen der Daten und Aktivieren des Loggers via optische Schnittstelle.
- Wasserdichtes Gehäuse bis 30 Meter Tiefe.
- Auslesen von Daten und Logger-Kontrolle während dem Einsatz.
- Start-Zeit und -Datum programmierbar oder vor Ort mittels Magneten startbar.
- Datenerhaltung bei Batterieausfall durch nichtflüchtiges EEPROM.
- Lebensdauer der auswechselbaren Batterie: 1 Jahr.
- Batterie durch Benutzer auswechselbar.
- Betriebsbereich: -20°C bis $+70^{\circ}\text{C}$.
- zeitliche Genauigkeit: ± 1 Min. pro Monat bei $+25^{\circ}\text{C}$.
- Befestigung mittels Kabelbinder

Messinstallation

Anfang Juli 2006 wurden an 46 ausgewählten Beleuchtungsanlagen in 11 Schulhäusern der Stadt Zürich die Messgeräte mit Datenlogger montiert. Die Logger wurden jeweils direkt an den Leuchten – mit einem Abstand von 2 bis 5 cm vom Leuchtmittel – mittels Kabelbinder befestigt. Bei diesem Abstand liegt die maximal gemessene Beleuchtungsstärke des Leuchtmittels zwischen 10'000 und 35'000 Lux, je nach genauem Abstand und eingesetztem Lampentyp. Es wurde darauf geachtet, dass möglichst wenig Fremdlicht (Tageslicht) auf den eingebauten Photosensor treffen konnte und dass der Sensor von aussen möglichst nicht sichtbar war.



Die Logger wurden so konfiguriert, dass jeweils alle ¼-Stunde zwei Messwerte (Beleuchtungsstärke und Temperatur) abgespeichert wurden. Insgesamt wurden pro Datenlogger während den 156 Messtagen knapp 30'000 Messwerte abgespeichert. Alle 46 Logger produzierten also bis Mitte Dezember 2006 fast 1,4 Mio. Messwerte, die anschliessend ausgewertet werden mussten.

Von den 46 Loggern funktionierten 45 einwandfrei bis zum Schluss der Messperiode; bei einem Logger gab die eingebaute Batterie nach 4 Monaten den Geist auf; dank des nichtflüchtigen Speichers des Loggers sind die Messwerte des Loggers mit Batterieproblemen allerdings nicht verloren gegangen.

Die Logger wurden in Absprache mit den Hauswarten und Lehrpersonen in den Schulhäusern installiert. In keinem Fall wurde der Schulbetrieb beeinträchtigt; alle Logger waren nach den 156 Messtagen unversehrt an der Leuchte montiert.

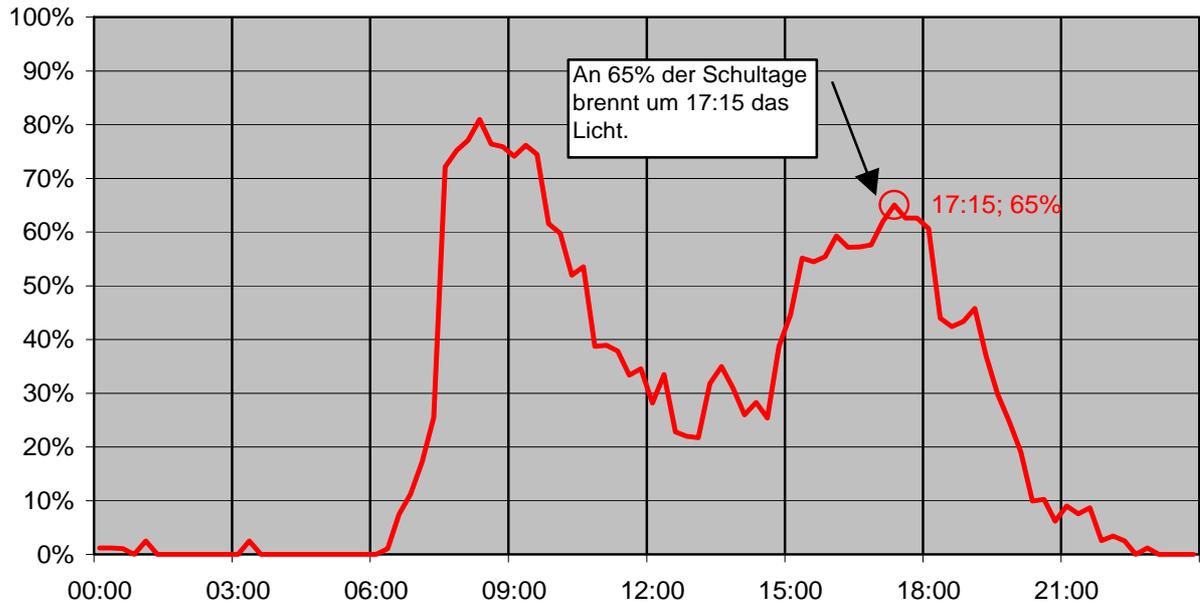
Probehalber wurden nach einem Monat Messdauer einiger Logger auf ihre korrekte Funktionsweise überprüft; dank des optischen Auslesemechanismus konnten die Logger vor Ort ohne Demontage, direkt mit dem Notebook getestet werden.

Interpretation der Messungen

Für jede Beleuchtungsanlage wurden 4 verschiedene Grafiken generiert, siehe «Gebäude im detail». Die Interpretation der Grafiken ist im Folgenden erläutert.

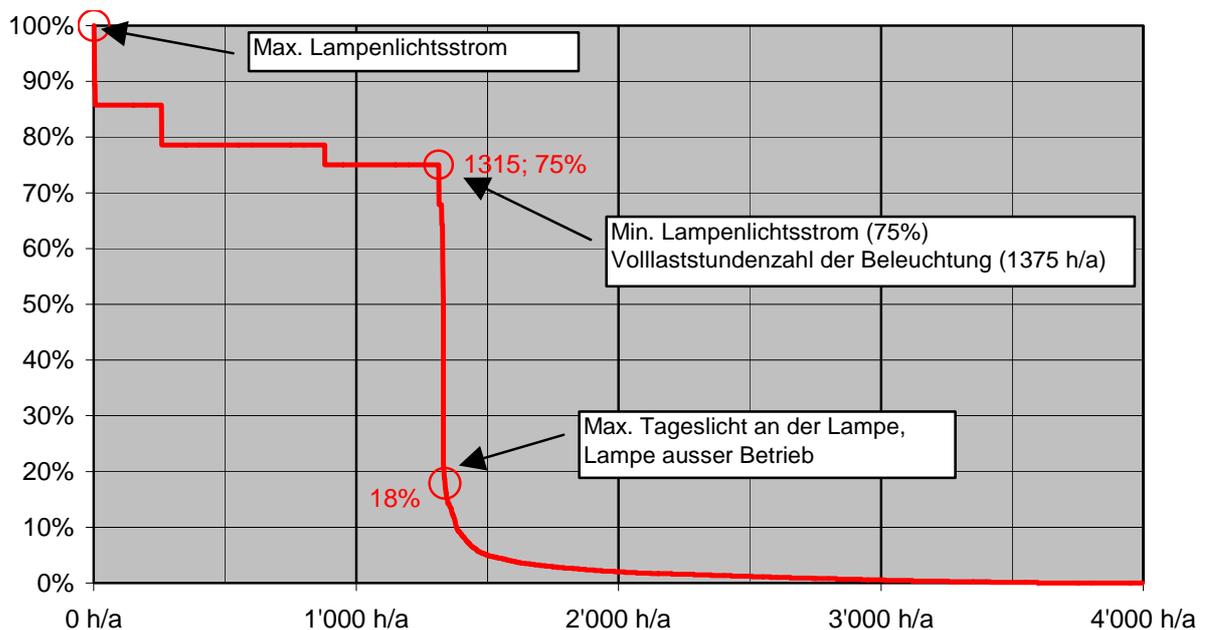
Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)

Mittlerer Tagesgang der Leistung (% des Maximalwertes) in einem typischen Schulzimmer mit Präsenz- und Tageslichtsteuerung (Ein/Aus).



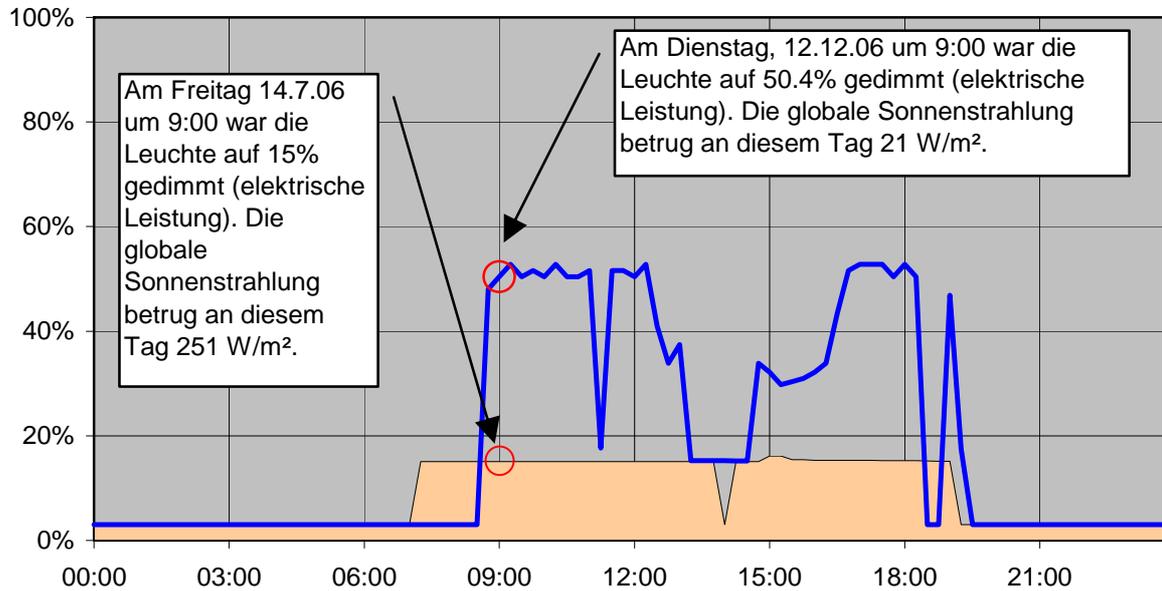
Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden

Verteilung der Lichtströme einer Leuchte während 4000 Stunden (hochgerechnet von 156 Messtagen auf 365 Tage pro Jahr)

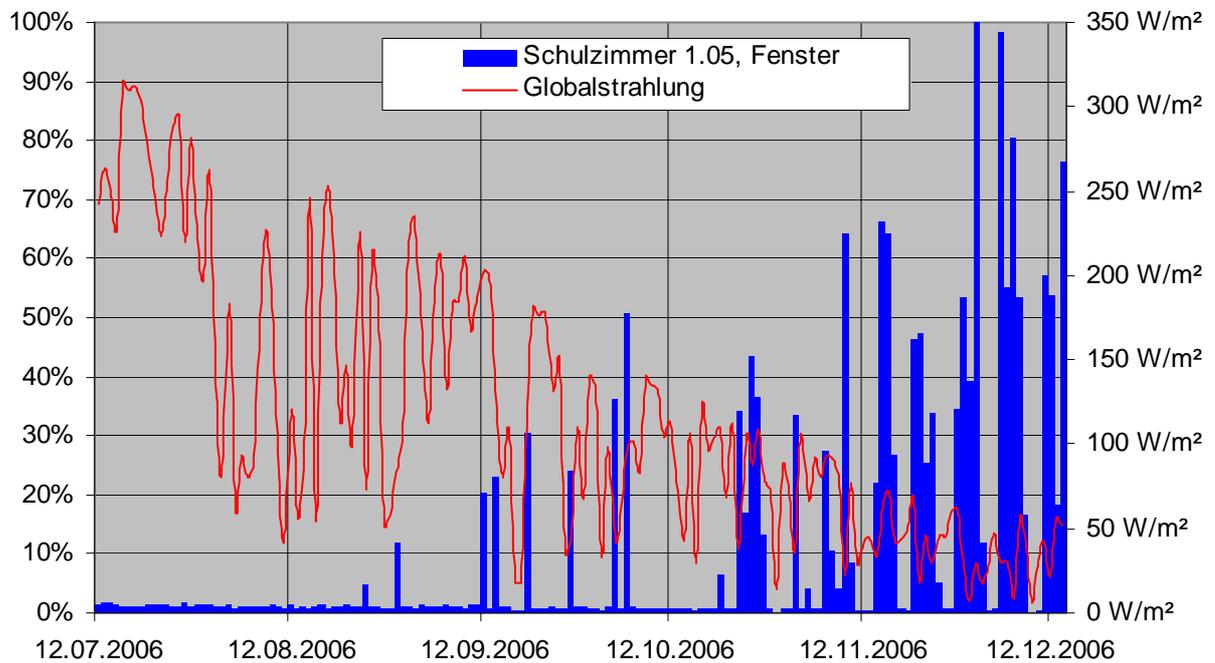


Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen

Beispiel eines Tagesganges einer Leuchte (mit Konstantlichtregelung) in einem Schulzimmer an einem schönen Tag im Juli und eine einem trüben Tag im Dezember 06.



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien



Die täglichen Werte der Globalstrahlung (Angaben Schweizerische Meteorologische Anstalt, Standort Zürich SMA), zwischen dem 12. Juli und 12. Dezember 2006; die Werte schwanken zwischen 314 W/m² (16.7.06) und 6 W/m² (9.12.06). Bei gut funktionierender Tageslichtregelung sollten die Werte der Beleuchtung (% des maximalen Lichtstromes, blaue Säulen) umgekehrt proportional zur Globalstrahlung sein.



Gebäudeüberblick

Schulhaus	Nr.	Raum, Messort	Rege- lung	Volllaststunden		
				Mess- wert	Grenz- wert	Ziel- wert
Im Birch	1	Schulzimmer A1.34, Wand	DIM	1'204	1'526	726
	2	Korridor A1.40, ohne Tageslicht	PIR	1'833	2'871	1'723
	3	Treppe A1.20, mit Tageslicht	PIR	2'558	1'263	313
	4	Schulzimmer B2.23, Wand	DIM	969	1'526	726
	5	Schulzimmer B2.23, Fenster	DIM	967	1'526	726
	6	Treppe zw. B1.11+B2.11, Tageslicht	PIR	2'701	1'263	313
Apfelbaum	7	Trakt D, Handarbeit 3, Fenster	PIR	263	ohne Beurteilung	
	8	Trakt D, Handarbeit 3, Wand	PIR	265	(Teilnutzung)	
	9	Trakt A, Korridor vor Zi. 14, Tageslicht	PIR	1'329	1'263	313
	10	Trakt A, Schulzimmer 14, Fenster	PIR	631	1'526	726
	11	Trakt A, Schulzimmer 14, Wand	PIR	642	1'526	726
Mattenhof	12	Neubau, Korridor, vor Lehrerzimmer U9	PIR	1'741	2'871	1'723
	13	Neubau, Zimmer U3 (Oberlichter), Wand	PIR	811	1'526	726
	14	Neubau, Zimmer U3 (Oberlichter), Fenster	PIR	809	1'526	726
	15	Altbau, Zimmer M2 (Oberlichter), Wand	PIR	790	1'526	726
	16	Altbau, Zimmer M2 (Oberlichter), Fenster	PIR	662	1'526	726
	17	Altbau, Korridor vor Zimmer M2	PIR	638	1'526	726
Entlisberg	18	Korridor vor Zimmer 5	PIR	1'290	2'871	1'723
	19	Schulzimmer 5 (EG), Wand	PIR	525	1'526	726
	20	Schulzimmer 5 (EG), Fenster	PIR	507	1'526	726
	21	WC Knaben Nähe Zimmer 5	PIR	923	2'871	1'723
Gabler	22	Schulzimmer 6 vorne, Wand, mit PIR	PIR	1'141	1'526	726
	23	Schulzimmer 6 vorne, Fenster mit PIR	PIR	1'022	1'526	726
	24	Schulzimmer 13 vorne, Wand, ohne PIR	manuell	1'171	1'526	726
	25	Schulzimmer 13 vorne, Fenster ohne PIR	manuell	1'184	1'526	726
	26	Korridor vor Schulzimmer 13	manuell	2'232	2'871	1'723
Wollishofen	27	Korridor vor Zimmer 3	PIR	1'036	1'263	313
	28	Schulzimmer 3 Wand/vorne	manuell	576	1'526	726
	29	Schulzimmer 3 Fenster/hinten	manuell	587	1'526	726
Am Wasser	30	Schulzimmer 1.05, Wandtafel	DIM	537	1'526	726
	31	Schulzimmer 1.05, Mitte	DIM	850	1'526	726
	32	Korridor EG, Eingang	PIR	2'139	2'871	1'723
Hardau (BWS)	33	Computerraum 1.6, Fenster	PIR	558	1'526	726
	34	Computerraum 1.6, Wand	PIR	559	1'526	726
	35	Korridor vor Zimmer 1.6	PIR	1'420	1'263	313
	36	WC Nähe Zimmer 1.6	PIR	904	2'871	1'723
Hardau (Primar)	37	Schulzimmer 1.3, Wand	PIR	161	ohne Beurteilung	
	38	Schulzimmer 1.3, Fenster	PIR	83	(Teilnutzung)	
	39	Korridor vor Zimmer 1.3	PIR	2'930	2'871	1'723
Seefeld	40	Schulzimmer 2.06, Wandtafel (2 Reihen)	PIR	1'016	1'526	726
	41	Schulzimmer 2.06, Fenster (1 Reihe)	PIR	751	1'526	726
	42	Korridor vor Schulzimmer 2.06 (Streiflicht)	PIR	1'560	1'263	313
	43	WC Knaben 2.01	PIR	237	1'263	313
Fluntern	44	Schulzimmer 005, Wand	PIR	501	1'526	726
	45	Schulzimmer 005, Fenster	PIR	359	1'526	726
	46	Korridor vor Zi 005	PIR	1'625	1'263	313

Zonen: Gelb = Schulzimmer, grün = Verkehr mit Tageslicht, blau = Verkehr ohne Tageslicht

Beurteilung der Messwerte: Grün = Lichtregelung in Ordnung, Rot: Lichtregelung mangelhaft



Details zu den einzelnen Gebäude

Schulhaus Im Birch

Übersicht

Es wurden total 6 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Schulzimmer A1.34, Wand	Deckenleuchten, offen, T5-Röhren	DIM	1'204	+66%	37°C
Korridor A1.40, ohne Tageslicht	Deckenleuchten, Prismenabdeckung, T5-Röhren	PIR	1'833	+6%	44°C
Treppe A1.20, mit Tageslicht	Deckenleuchten, Prismenabdeckung, T5-Röhren	PIR	2'558	+717%	25°C
Schulzimmer B2.23, Wand	Deckenleuchten, offen, T5-Röhren	DIM	969	+33%	29°C
Schulzimmer B2.23, Fenster	Deckenleuchten, offen, T5-Röhren	DIM	967	+33%	32°C
Treppe zw. B1.11+ B2.11, Tageslicht	Deckenleuchten, Prismenabdeckung, T5-Röhren	PIR	2'701	+763%	26°C

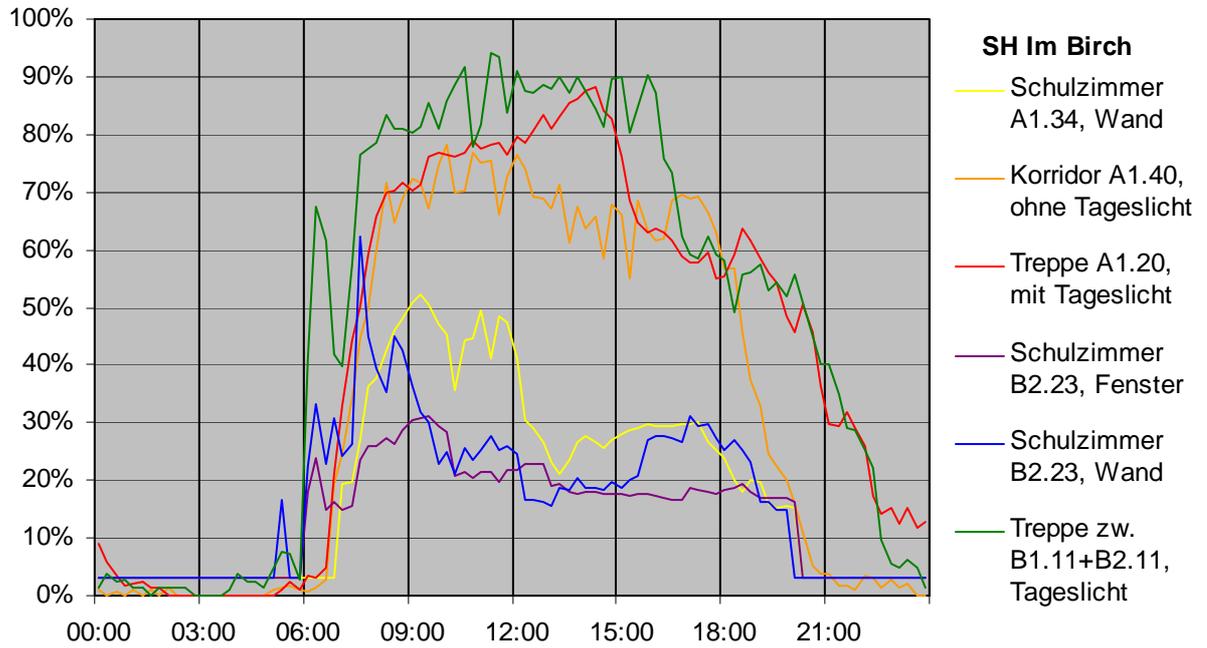
Kommentar

Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Schulzimmer A1.34, Wand	Die Lichtregelung bringt deutlich zu wenig Einsparung; Ursache dürfte das nicht sauber funktionierende Leistsystem sein. (Soll-Volllaststundenzahl = 726 h/a).	ja
Korridor A1.40, ohne Tageslicht	Die Präsentsteuerung funktioniert gemäss Erwartung. Die Lampentemperatur liegt etwas über der optimalen Betriebstemperatur von 35°C; dies führt zu einer leichten Lichtstromminderung.	nein
Treppe A1.20, mit Tageslicht	Die Betriebszeiten liegen massiv zu hoch; der Regler funktioniert nicht.	ja
Schulzimmer B2.23, Wand	Die Lichtregelung bringt zu wenig Einsparung; Ursache dürfte das nicht korrekt eingestellte Leistsystem sein. (Soll-Volllaststundenzahl = 726 h/a). Eine Unterscheidung zwischen wand- und fensterseitigen Leuchten (mit mehr Tageslicht) kann nicht festgestellt werden.	nein
Schulzimmer B2.23, Fenster		
Treppe zw. B1.11+ B2.11, Tageslicht	Die Betriebszeiten liegen massiv zu hoch; der Regler funktioniert nicht.	ja

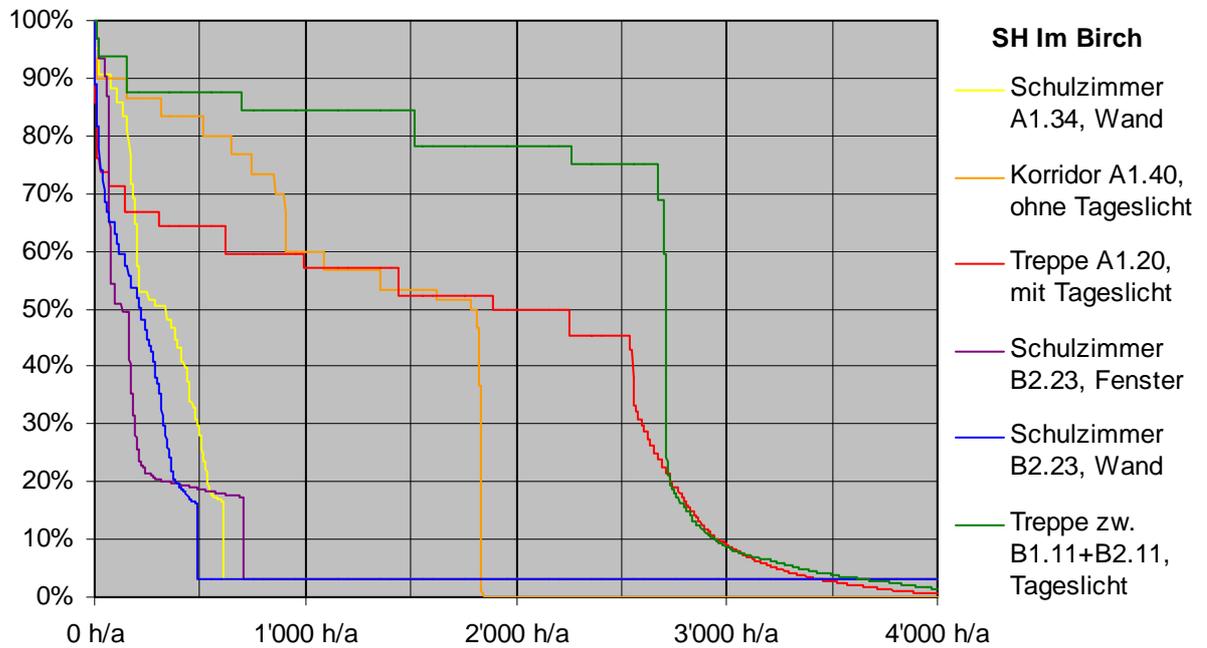
Im Vergleich zum Schulhaus «Im Birch» funktioniert die Konstantlichtregelung im Schulhaus «Am Wasser» einwandfrei.



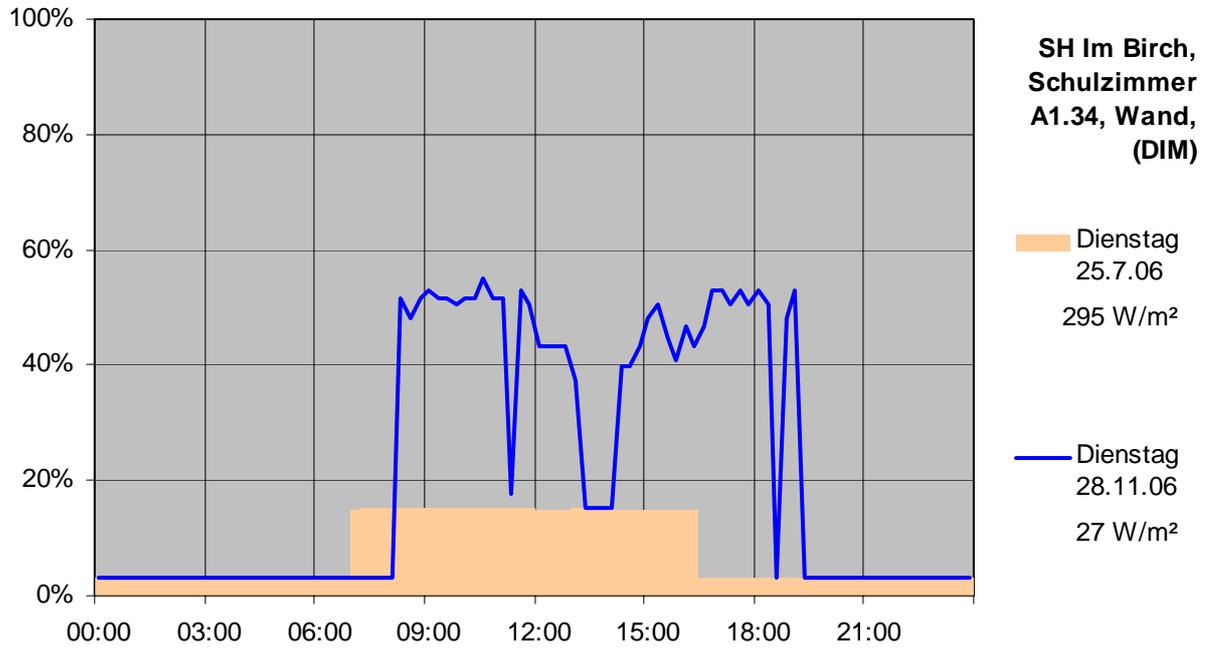
Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)



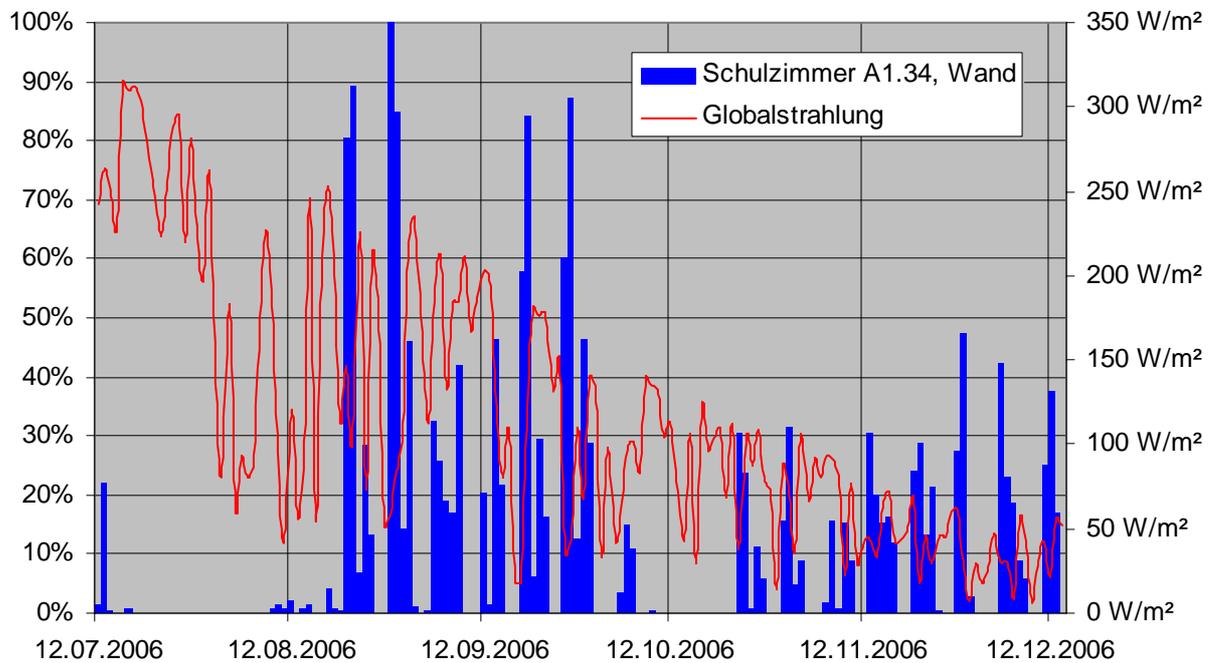
Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden



Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien





Schulhaus Apfelbaum

Übersicht

Es wurden total 5 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

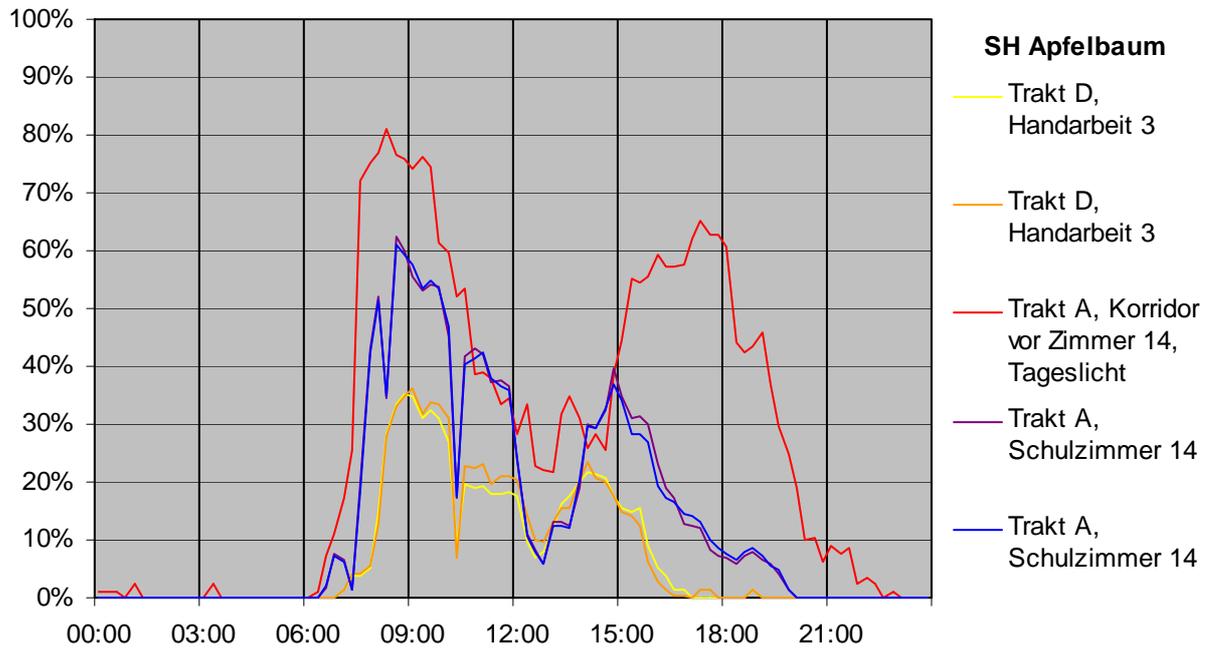
Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Trakt D, Handarbeit 3, Fenster	Pendelleuchten, Kunststoff-raster, T5-Röhren	PIR	263	-64%	31°C
Trakt D, Handarbeit 3, Wand	Pendelleuchten, Kunststoff-raster, T5-Röhren	PIR	265	-63%	27°C
Trakt A, Korridor vor Zi. 14, Tageslicht	Wandleuchten, Kompakt FL, Deckenleuchten, opal, T5	PIR	1'329	+325%	42°C
Trakt A, Schulzimmer 14, Fenster	Pendelleuchten, Kunststoff-raster, T5-Röhren	PIR	631	-13%	29°C
Trakt A, Schulzimmer 14, Wand	Pendelleuchten, Kunststoff-raster, T5-Röhren	PIR	642	-12%	29°C

Kommentar

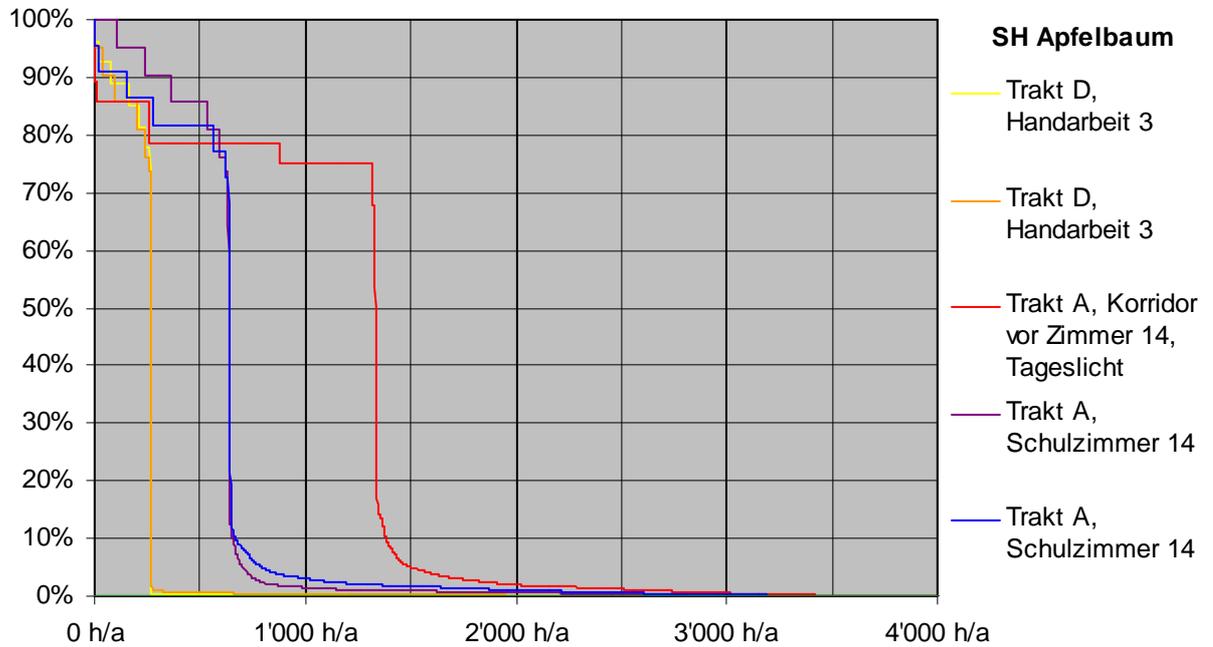
Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Trakt D, Handarbeit 3, Fenster	Die gemessenen Volllaststunden sind sehr tief. Weil das Zimmer nur teilweise genutzt wird, wurde es bei der Gesamtauswertung nicht einbezogen. Eine Unterscheidung zwischen wand- und fensterseitigen Leuchten (mit mehr Tageslicht) kann nicht festgestellt werden.	nein
Trakt D, Handarbeit 3, Wand		
Trakt A, Korridor vor Zi. 14, Tageslicht	Die Betriebsstunden liegen deutlich über den Anorderungen. Ursache sind die nicht korrekt justierten Tageslichtsensoren.	ja
Trakt A, Schulzimmer 14, Fenster	Die Lichtregelung funktioniert grundsätzlich gemäss den Erwartungen. Eine Unterscheidung zwischen wand- und fensterseitigen Leuchten (mit mehr Tageslicht) kann nicht festgestellt werden.	nein
Trakt A, Schulzimmer 14, Wand		



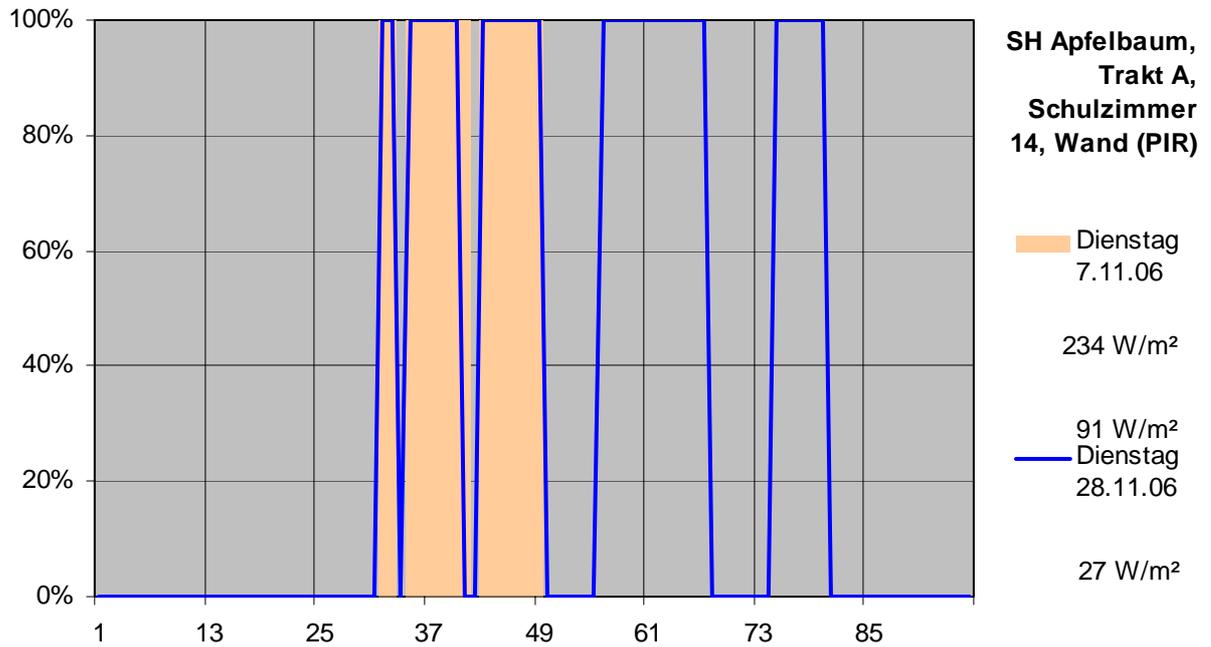
Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)



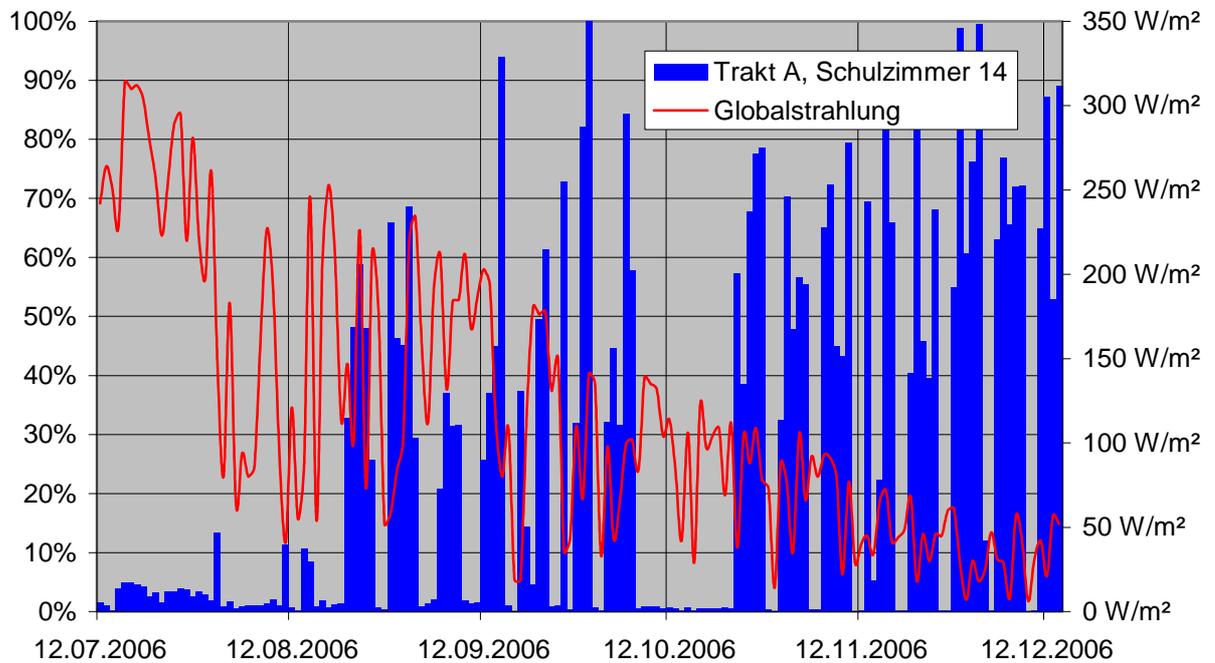
Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden



Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien





Schulhaus Mattenhof

Übersicht

Es wurden total 6 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

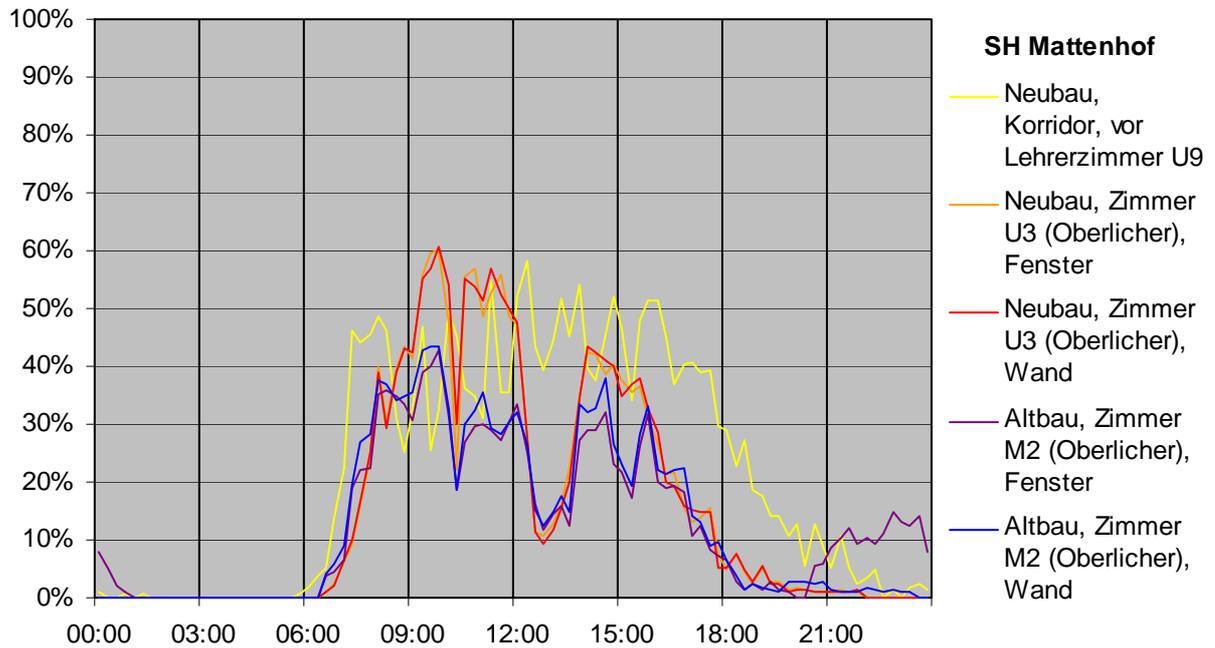
Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Neubau, Korridor, v. Lehrerzimmer U9	Deckeneinbauleuchten, opale Abdeckung, T5	PIR	1'741	+1%	29°C
Neubau, Zimmer U3 (Oberlichter), Wand	Deckeneinbauleuchten, Metallraster, T5	PIR	811	+12%	31°C
Neubau, Zimmer U3 (Oberlichter), Fenster	Deckeneinbauleuchten, Metallraster, T5	PIR	809	+11%	32°C
Altbau, Zimmer M2 (Oberlichter), Wand	Deckeneinbauleuchten, Metallraster, T5	PIR	790	+9%	33°C
Altbau, Zimmer M2 (Oberlichter), Fenster	Deckeneinbauleuchten, Metallraster, T5	PIR	662	-9%	37°C
Altbau, Korridor vor Zimmer M2	Wandleuchten, Kompakt FL	PIR	638	-12%	39°C

Kommentar

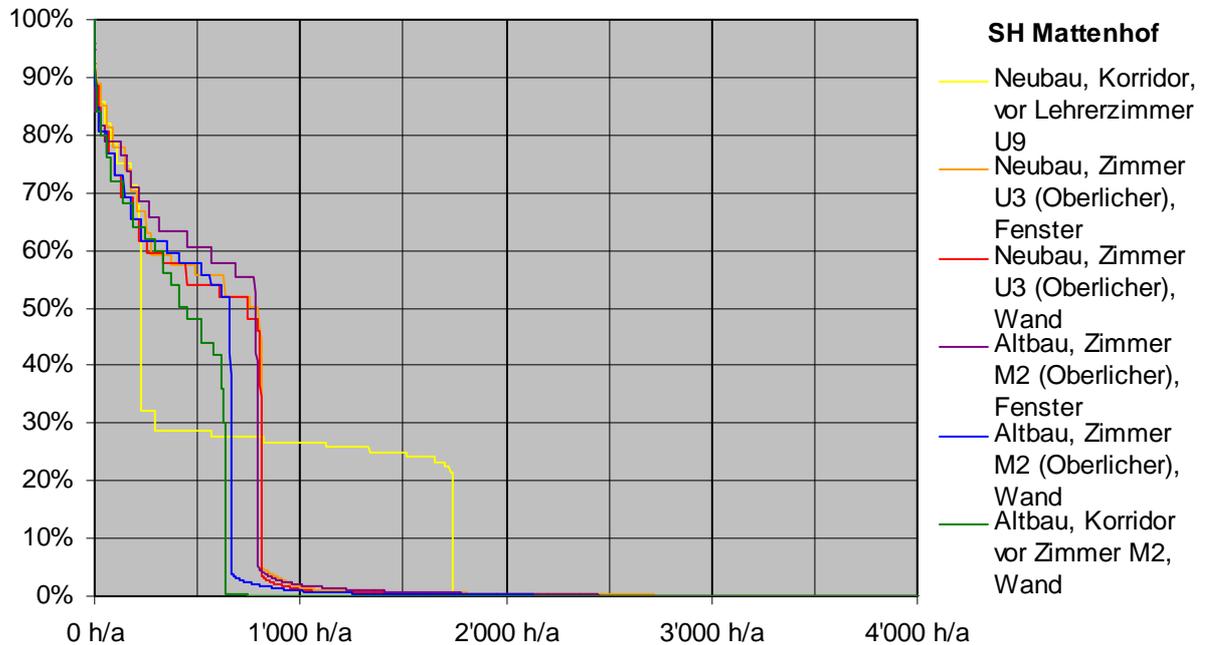
Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Neubau, Korridor, v. Lehrerzimmer U9	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen.	nein
Neubau, Zimmer U3 (Oberlichter), Wand	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen. Eine Unterscheidung zwischen wand- und fensterseitigen Leuchten (mit mehr Tageslicht) kann nicht festgestellt werden.	nein
Neubau, Zimmer U3 (Oberlichter), Fenster		
Altbau, Zimmer M2 (Oberlichter), Wand	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen. Im Unterschied zu den meisten untersuchten Räumen kann hier eine Unterscheidung zwischen wand- und fensterseitigen Leuchten (mit mehr Tageslicht) festgestellt werden.	nein
Altbau, Zimmer M2 (Oberlichter), Fenster		
Altbau, Korridor vor Zimmer M2	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen.	nein



Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)

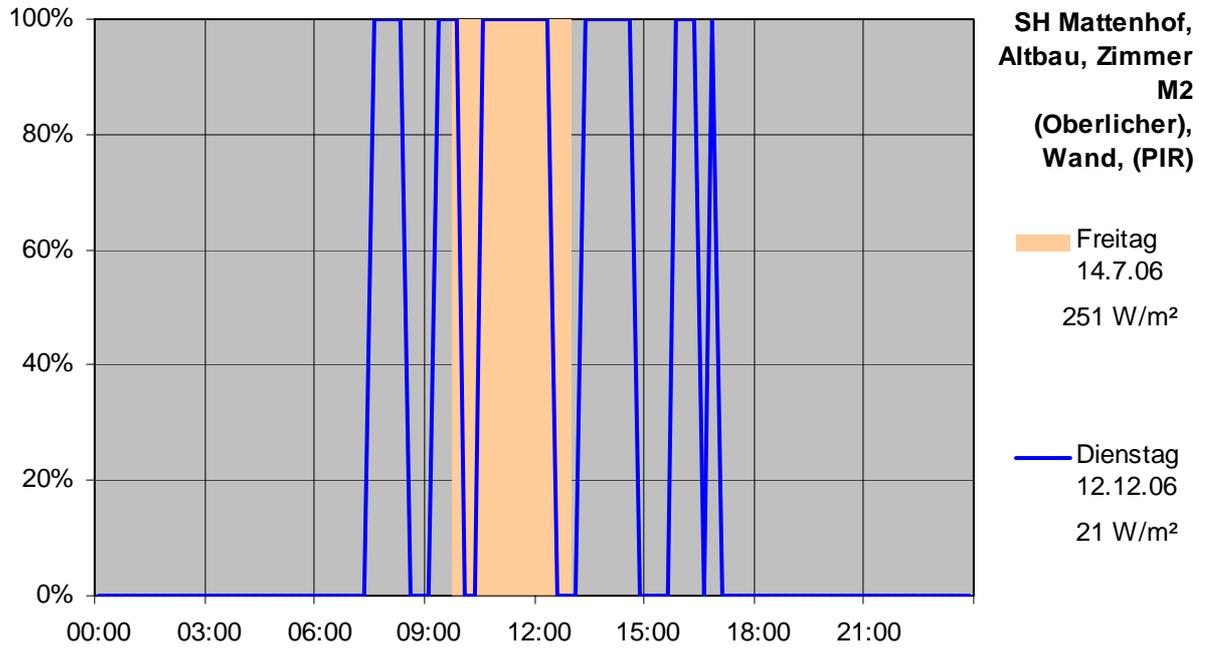


Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden

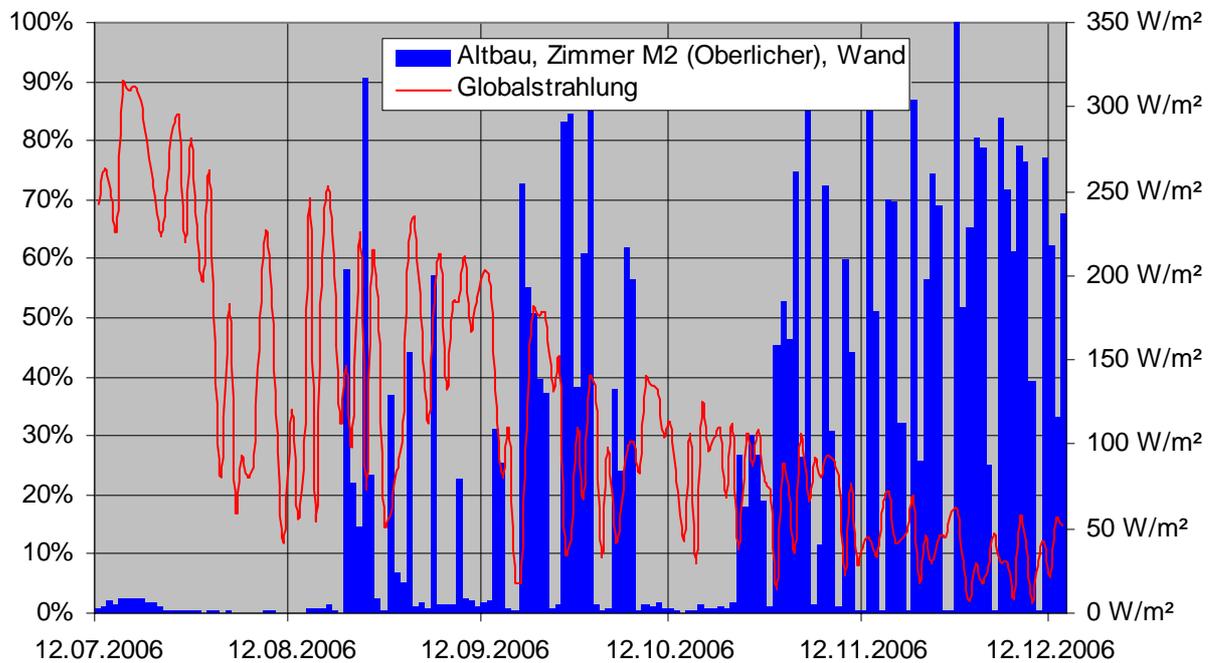




Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien





Schulhaus Entlisberg

Übersicht

Es wurden total 4 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Korridor vor Zimmer 5	Wandleuchten, Kompakt FL, opal, EVG	PIR	1'290	-25%	46°C
Schulzimmer 5 (EG), Wand	Pendelleuchten, Metallloch-raster, T5-Röhren	PIR	525	-28%	29°C
Schulzimmer 5 (EG), Fenster	Pendelleuchten, Metallloch-raster, T5-Röhren	PIR	507	-30%	28°C
WC Knaben Nähe Zimmer 5	Deckenleuchten, offen, T5-Röhren	PIR	923	-46%	21°C

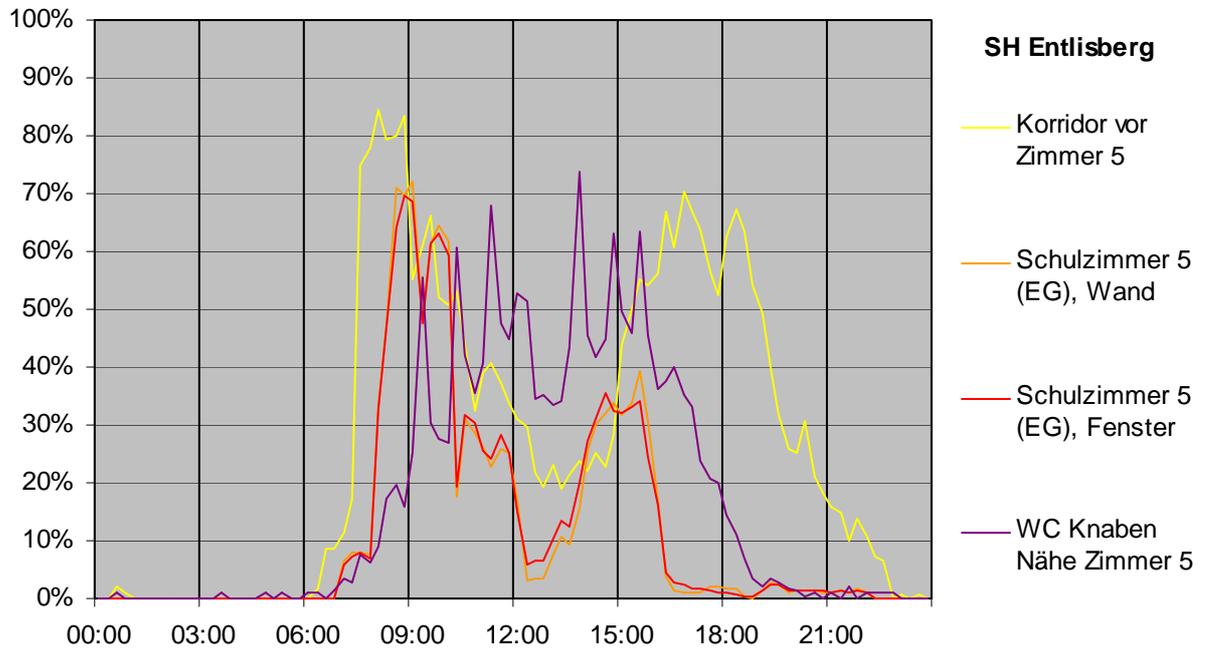
Kommentar

Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Korridor vor Zimmer 5	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen. Die Lampentemperatur liegt etwas über der optimalen Betriebstemperatur von 35°C; dies führt zu einer leichten Lichtstromminderung.	nein
Schulzimmer 5 (EG), Wand	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen. Eine Unterscheidung zwischen wand- und fensterseitigen Leuchten (mit mehr Tageslicht) kann nicht festgestellt werden.	nein
Schulzimmer 5 (EG), Fenster		
WC Knaben Nähe Zimmer 5	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen.	nein

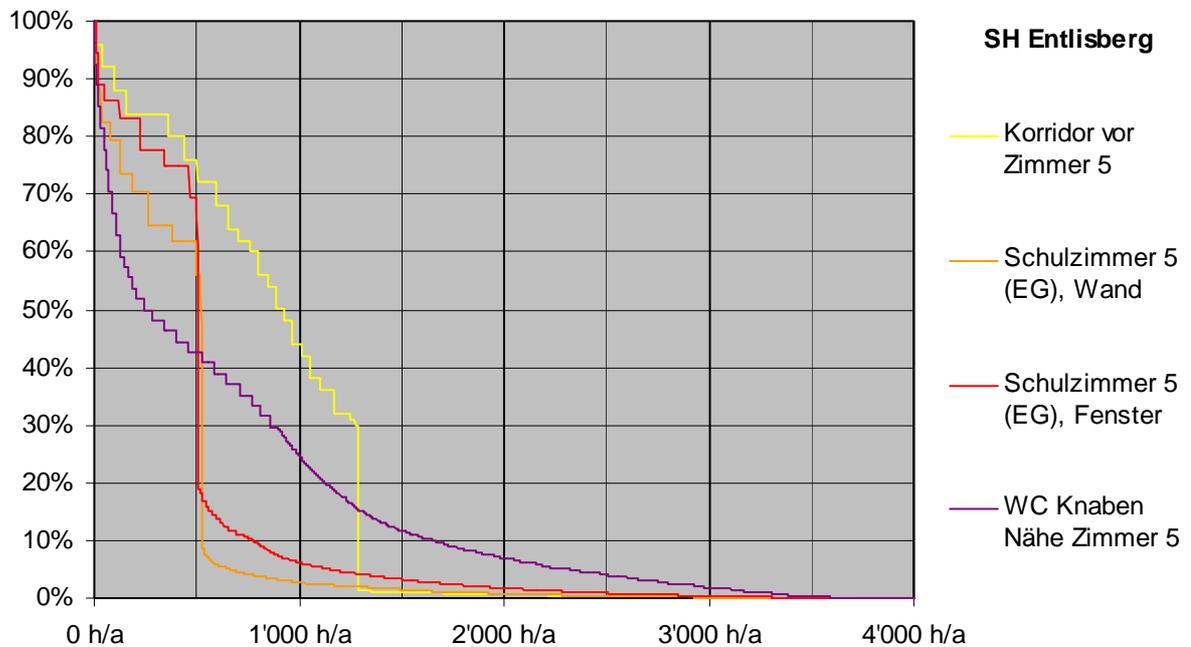


Schulhaus Entlisberg

Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)

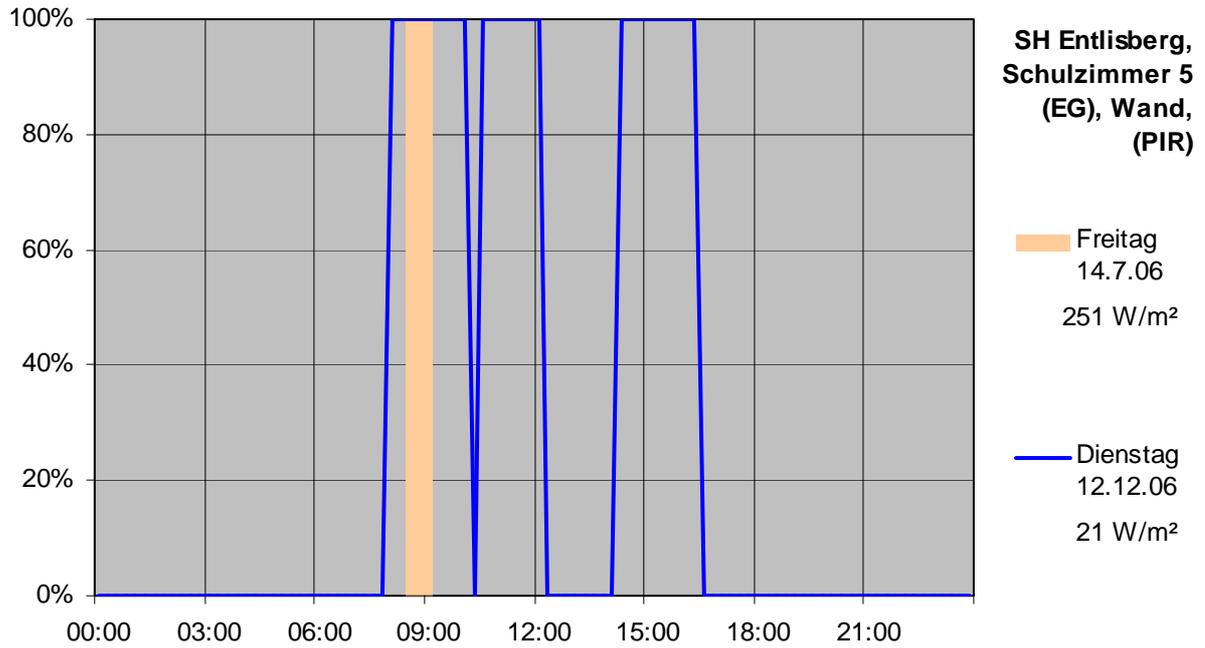


Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden

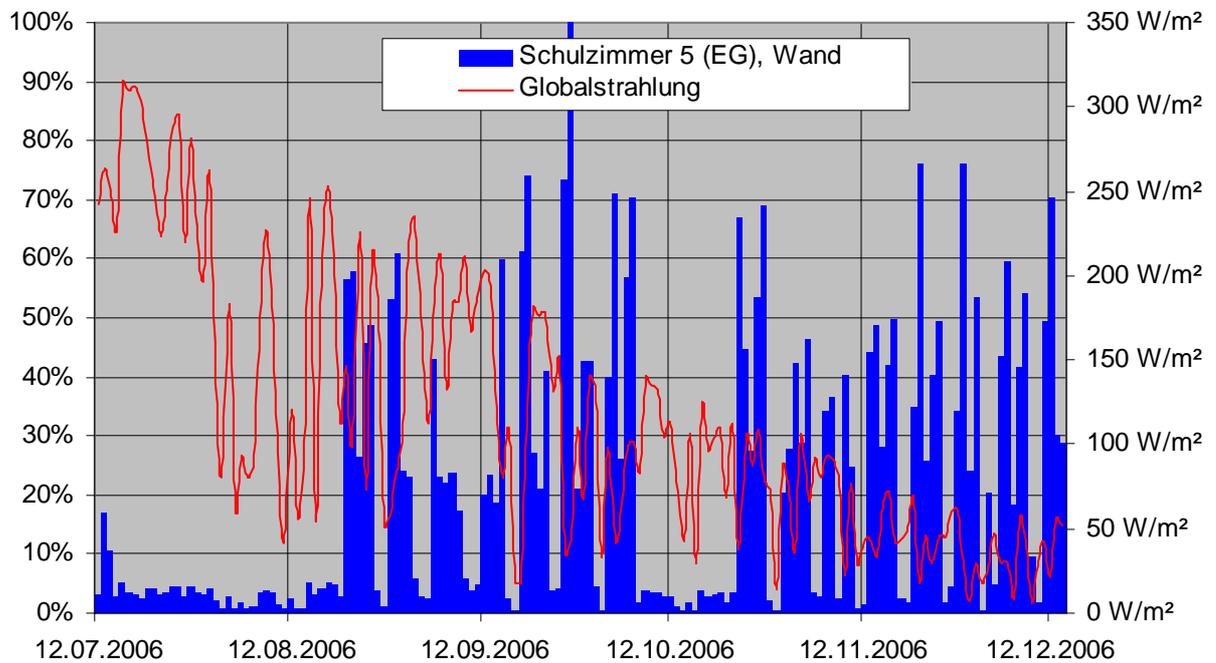




Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien





Schulhaus Gabler

Übersicht

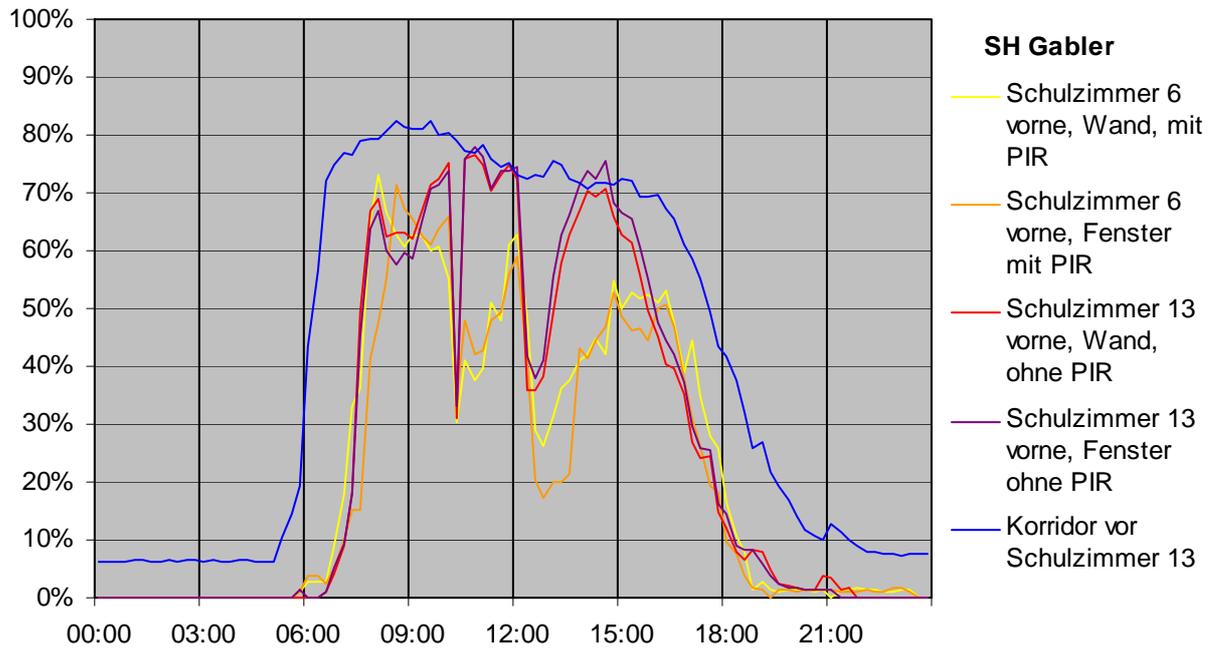
Es wurden total 5 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Schulzimmer 6 vorne, Wand, mit PIR	Punkt-Pendel-Leuchte, Prismenraster, Kompakt FL, EVG	PIR	1'141	+57%	28°C
Schulzimmer 6 vorne, Fenster mit PIR	Punkt-Pendel-Leuchte, Prismenraster, Kompakt FL, EVG	PIR	1'022	+41%	27°C
Schulzimmer 13 vorne, Wand, ohne PIR	Punkt-Pendel-Leuchte, Prismenraster, Kompakt FL, EVG	manuell	1'171	-23%	27°C
Schulzimmer 13 vorne, Fenster ohne PIR	Punkt-Pendel-Leuchte, Prismenraster, Kompakt FL, EVG	manuell	1'184	-22%	27°C
Korridor vor Schulzimmer 13	Deckenleuchten, Prismenabdeckung, T5-Röhren.	manuell	2'232	-22%	37°C

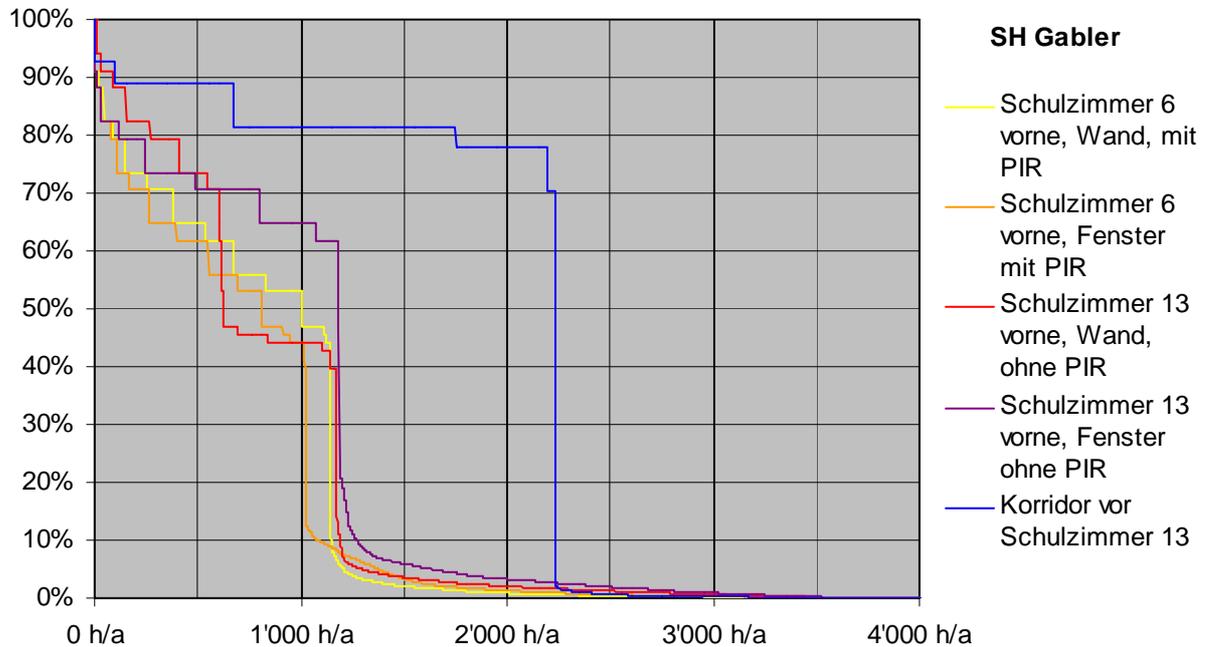
Kommentar

Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Schulzimmer 6 vorne, Wand, mit PIR	In dem Schulzimmer wurde erst kürzlich eine EIN-AUS-Lichtregelung (PIR) eingebaut; die Einsparung ist feststellbar, sie liegt aber deutlich unter den Erwartungen. Im Diagramm «Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien» ist das Nicht-Funktionieren der Tageslichtregelung deutlich sichtbar.	ja
Schulzimmer 6 vorne, Fenster mit PIR		
Schulzimmer 13 vorne, Wand, ohne PIR	In diesem Zimmer wird das Licht noch manuell geschaltet. Die Volllaststunden liegen unter den Werten von SIA 380/4. Die Ursache dürfte im verantwortungsbewussten Schalten der Lehrkräfte liegen. Hier ist der Einbau von PIRS zu empfehlen	ja
Schulzimmer 13 vorne, Fenster ohne PIR		
Korridor vor Schulzimmer 13	Die Korridorbeleuchtung läuft häufig die ganze Nacht durch; In der Grafik «Mittelwertkurven Schultage» ist das deutlich zu sehen. Die Werte liegen zwar unter dem Grenzwert von SIA 380/4, die Installation von PIRs wird aber empfohlen.	ja

Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)

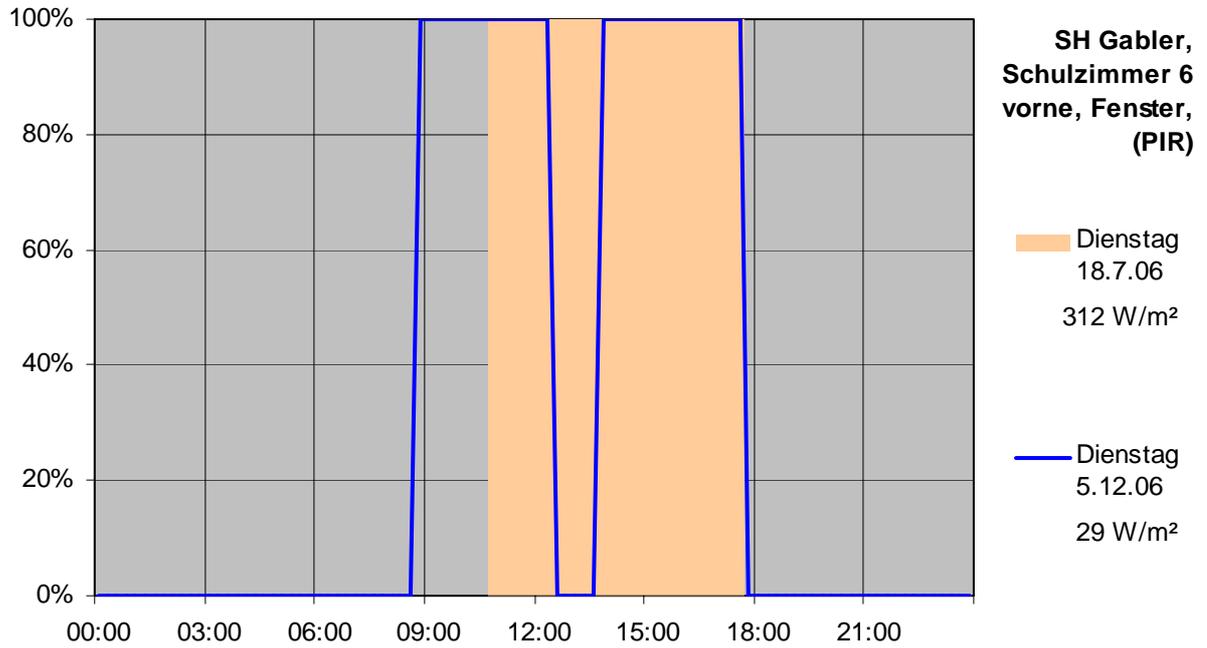


Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden

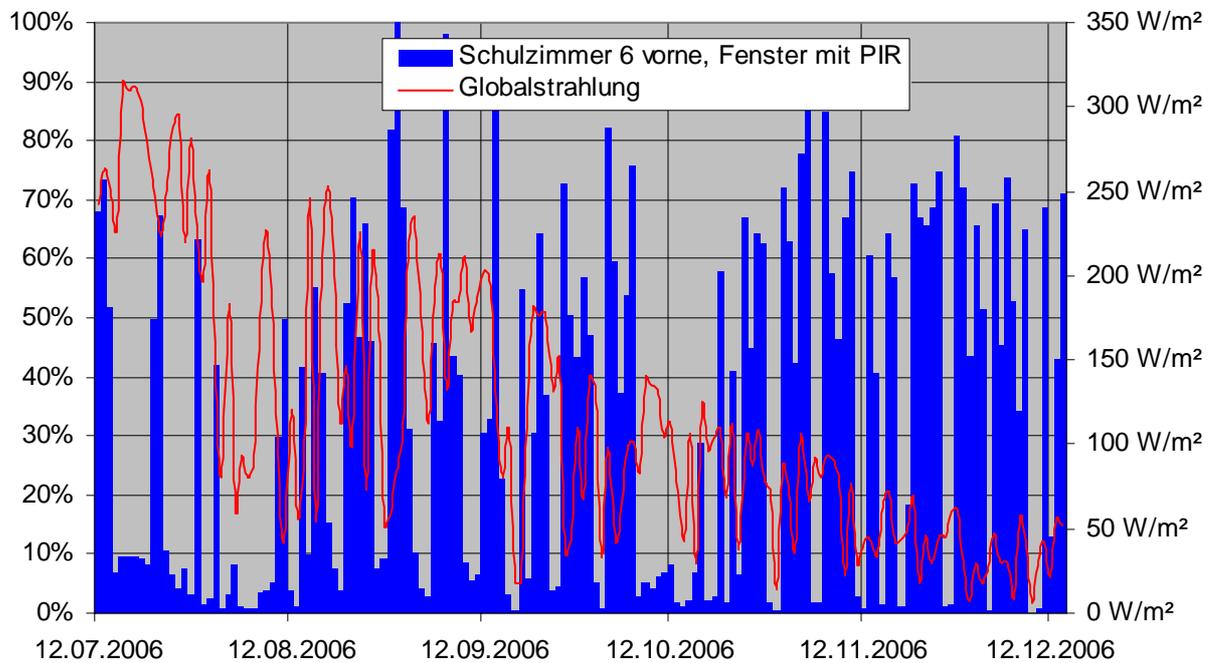




Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien





Schulhaus Wollishofen

Übersicht

Es wurden total 3 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

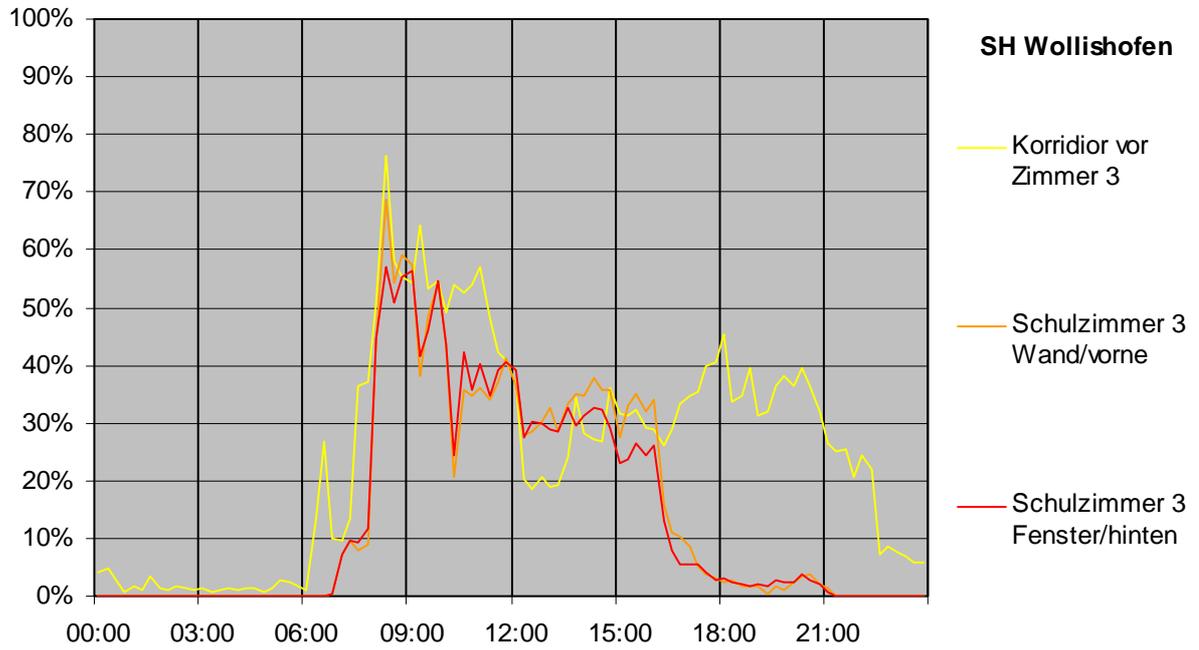
Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Korridor vor Zimmer 3	Deckenleuchten, opale Abdeckung, T26, KVG	PIR	1'036	-18%	40°C
Schulzimmer 3 Wand/vorne	Deckenleuchten, opale Abdeckung, T26, KVG	manuell	576	-62%	44°C
Schulzimmer 3 Fenster/hinten	Deckenleuchten, opale Abdeckung, T26, KVG	manuell	587	-62%	39°C

Kommentar

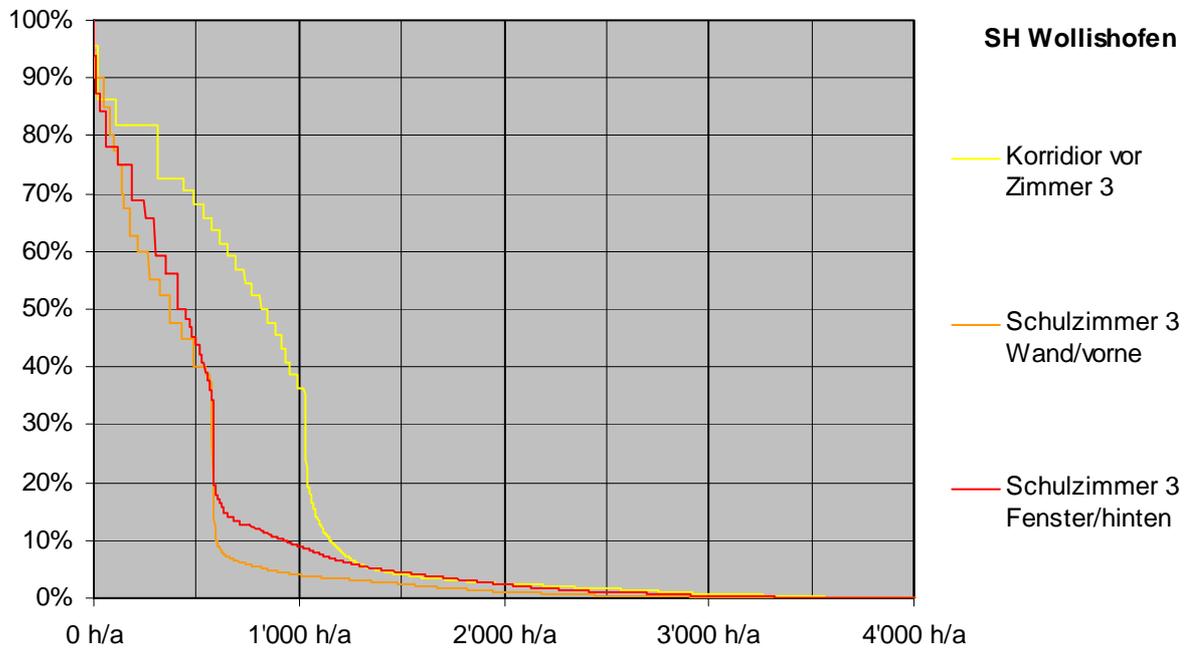
Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Korridor vor Zimmer 3	Die Korridorbeleuchtung brennt oft am Abend, z.T. auch in der Nacht. Der PIR (falls effektiv vorhanden) sollte kontrolliert werden.	ja
Schulzimmer 3 Wand/vorne	Die manuell gesteuerte Beleuchtung wird so gut ein- und ausgeschaltet, dass PIRs überflüssig erscheinen. Allerdings ist die Beleuchtung massiv veraltet und den heutigen Ansprüchen in keiner Art und Weise mehr genügend. Die Beleuchtung sollte möglichst bald ersetzt werden. Die Beleuchtungsstärke ist ungenügend, die Lampen- und Leuchtentypen von niedrigster Qualität.	ja
Schulzimmer 3 Fenster/hinten		



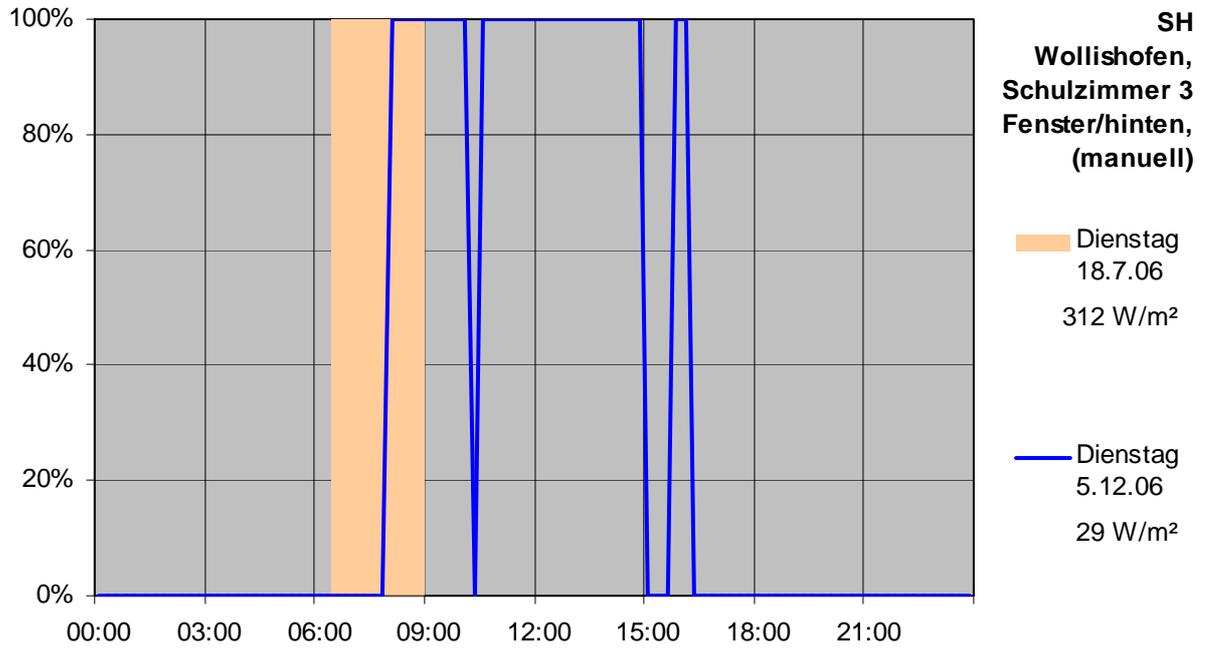
Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)



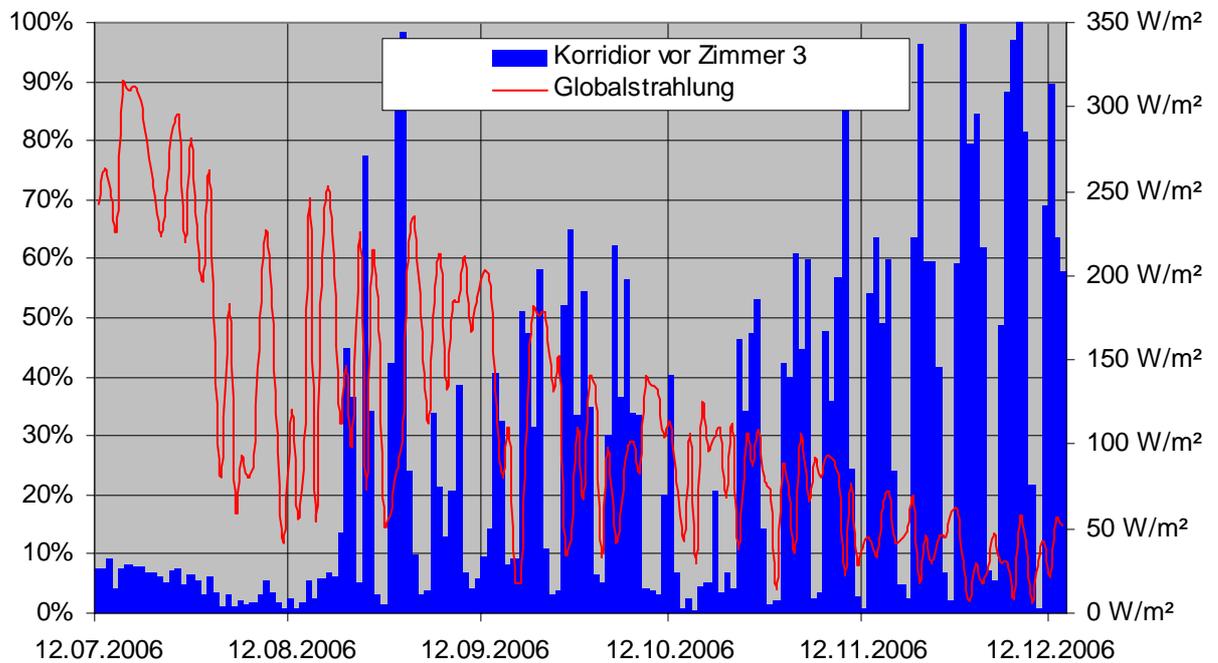
Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden



Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien





Schulhaus Am Wasser

Übersicht

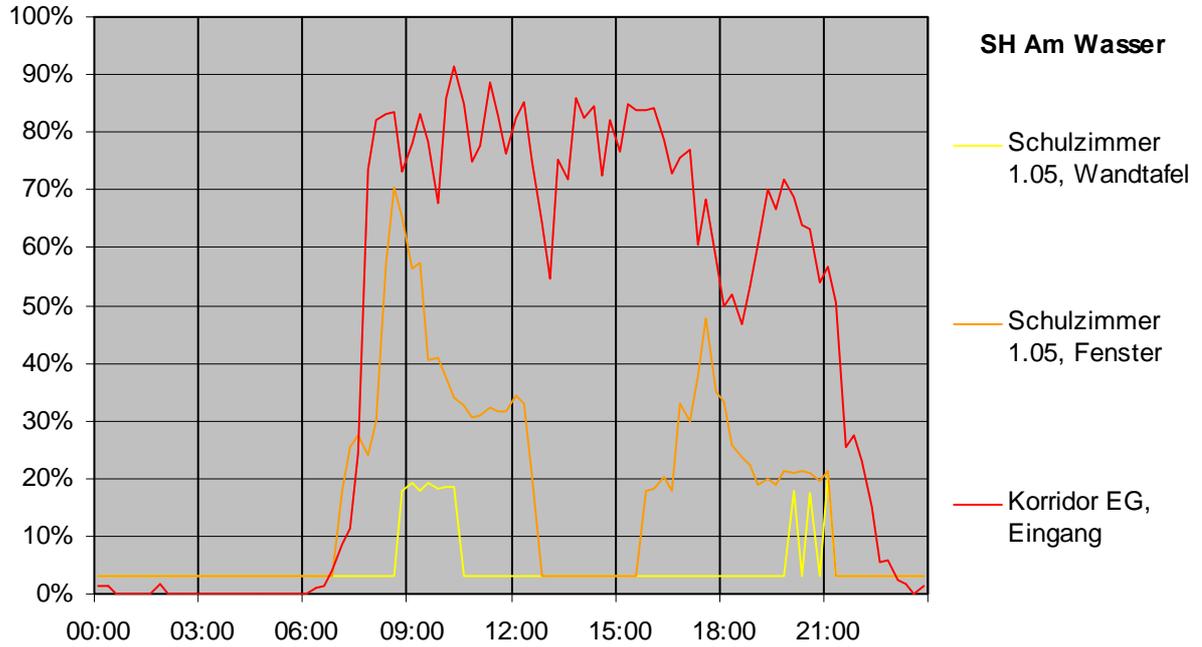
Es wurden total 3 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Schulzimmer 1.05, Wandtafel	Pendelleuchten, Prismenraster, T5-Röhren	DIM	537	-26%	46°C
Schulzimmer 1.05, Mitte	Pendelleuchten, Prismenraster, T5-Röhren	DIM	850	+17%	42°C
Korridor EG, Eingang	Downlight, Kompakt FL, EVG	PIR	2'139	+24%	43°C

Kommentar

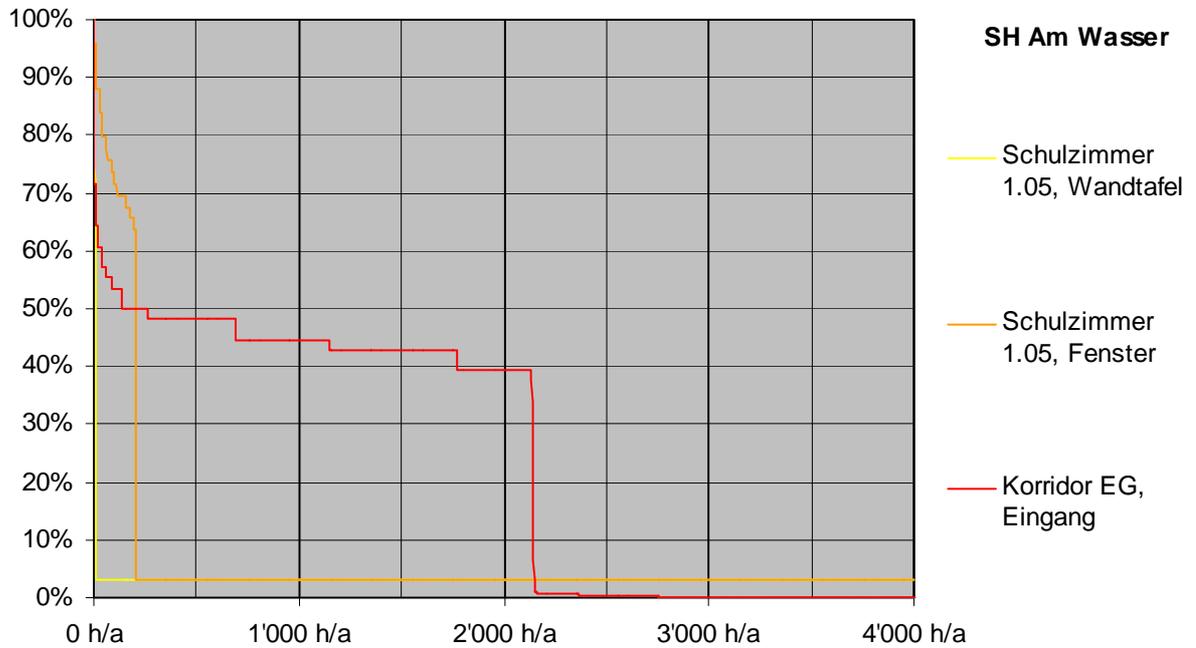
Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Schulzimmer 1.05, Wandtafel	Die Beleuchtungsregelung (Konstantlichtregelung) läuft optimal. Die mittlere Leuchtentemperatur ist etwas zu hoch; dies führt zu einer gewisser Lichtstromreduktion und somit zu etwas knappen Beleuchtungsstärkeverhältnissen bei Dunkelheit.	nein
Schulzimmer 1.05, Mitte		
Korridor EG, Eingang	Die Lichtregulierung ist in Ordnung.	nein

Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)

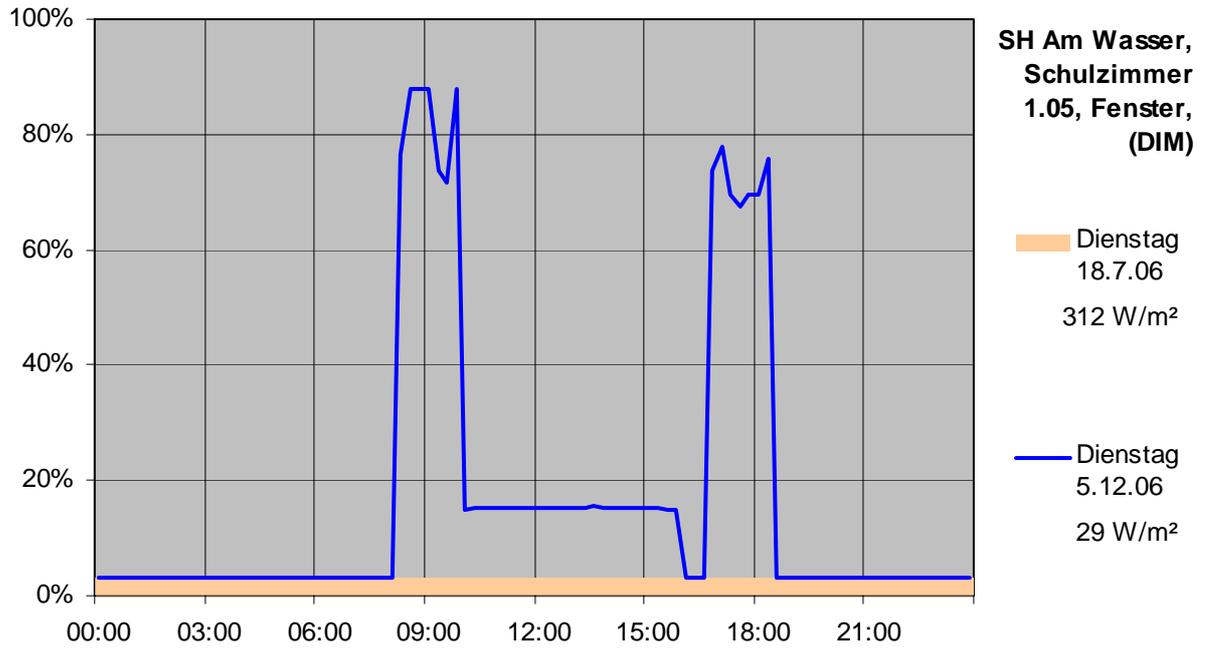


Die orange Kurve zeigt exemplarisch, wie eine Konstantlichtregelung funktionieren sollte; störend ist nur die Stand-by-Verlustleistung von ca. 3%.

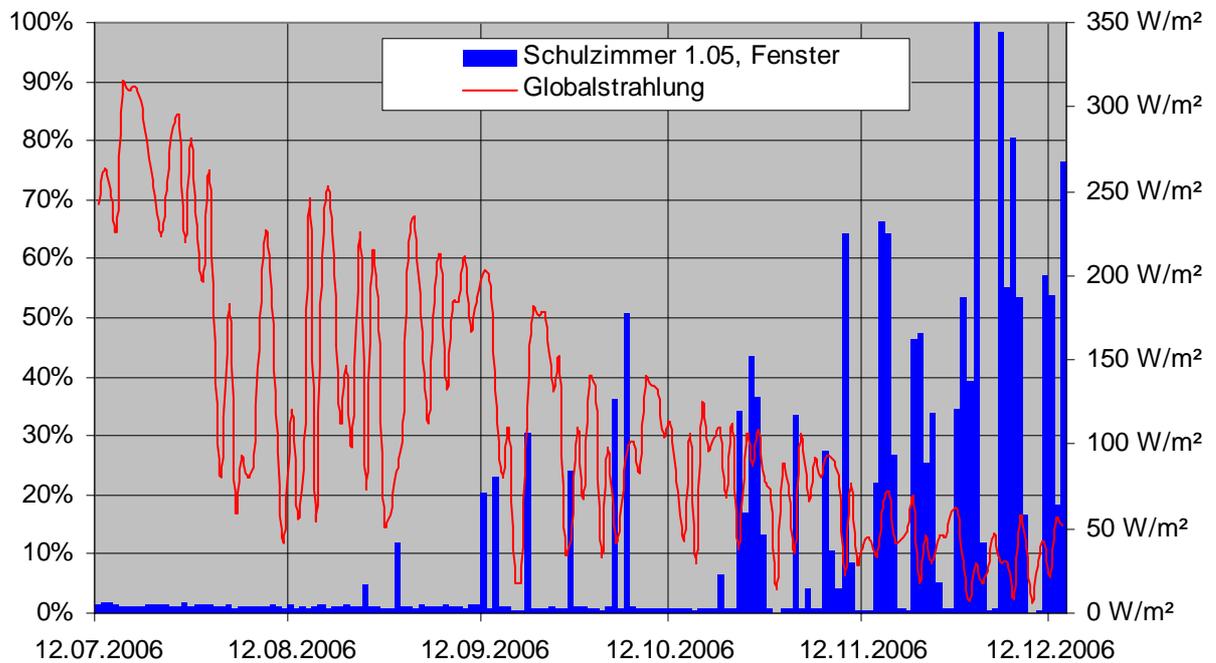
Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden



Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien



Das Zusammenspiel zwischen Globalstrahlung und Lichtleistung der Beleuchtung ist in diesem Gebäude klar ersichtlich.



Berufswahlschule Hardau

Übersicht

Es wurden total 4 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

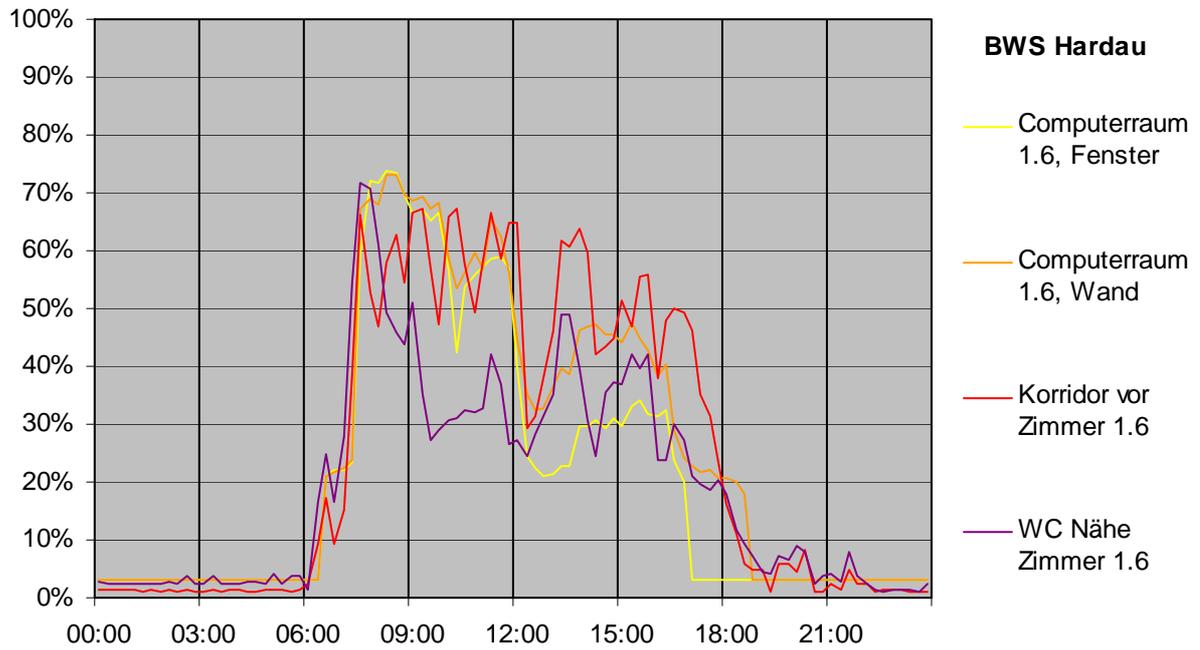
Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Computerraum 1.6, Fenster	Pendelleuchten, Prismenraster, T5-Röhren	PIR	558	-23%	38°C
Computerraum 1.6, Wand	Pendelleuchten, Prismenraster, T5-Röhren	PIR	559	-23%	40°C
Korridor vor Zimmer 1.6	Deckenleuchten, Prismenraster, T5-Röhren	PIR	1'420	+354%	25°C
WC Nähe Zimmer 1.6	Deckenleuchten, offen, T5-Röhren	PIR	904	-48%	35°C

Kommentar

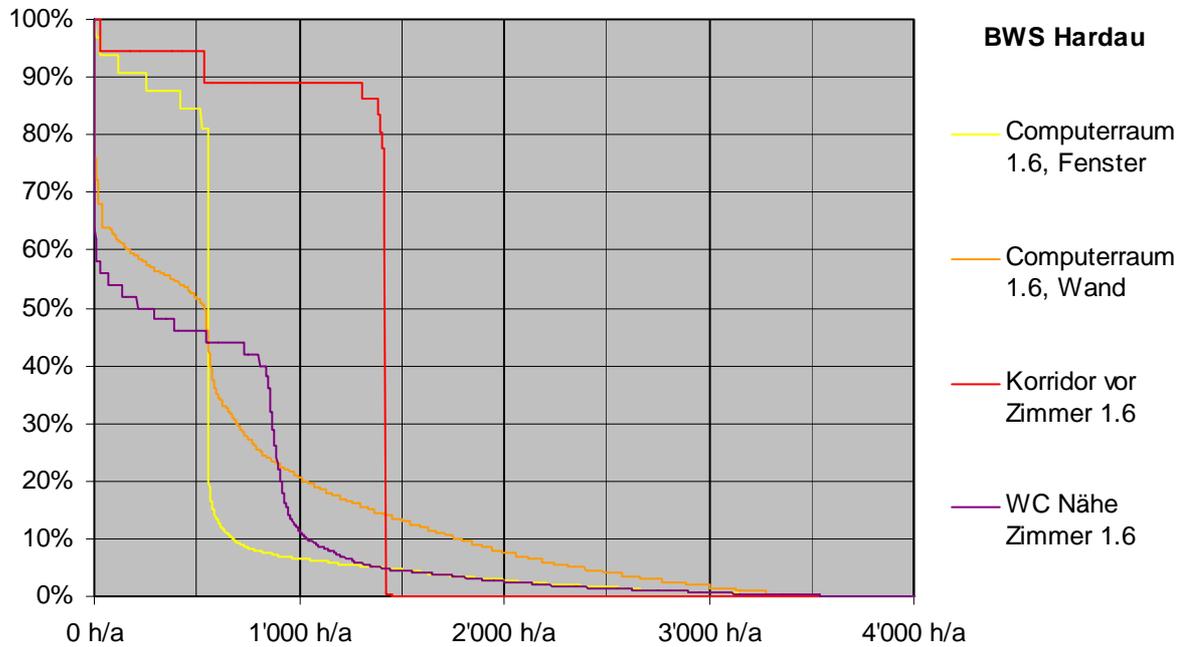
Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Computerraum 1.6, Fenster	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen. Eine Unterscheidung zwischen wand- und fensterseitigen Leuchten (mit mehr Tageslicht) kann nicht festgestellt werden.	nein
Computerraum 1.6, Wand		
Korridor vor Zimmer 1.6	Die Tageslichtregelung für die Korridorbeleuchtung funktioniert überhaupt nicht. In der Grafik «Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen» ist das deutlich zu sehen. Grund dürfte die Nicht-Justierung der PIRs sein.	ja
WC Nähe Zimmer 1.6	Die Lichtregulierung ist in Ordnung.	nein



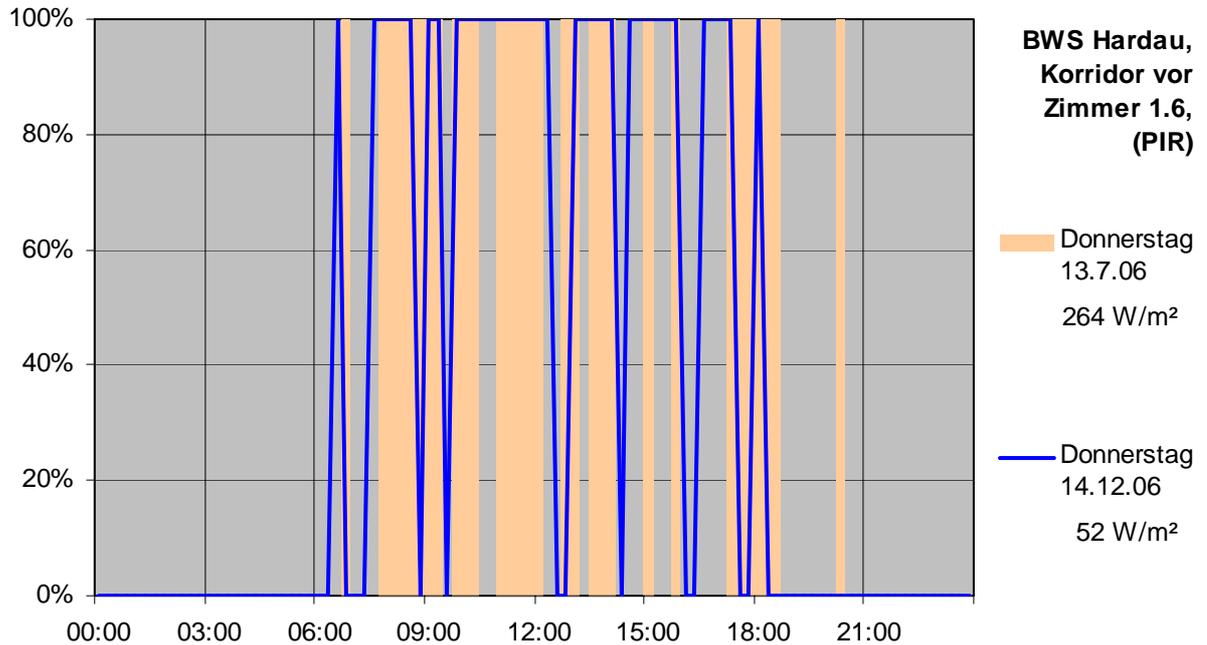
Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)



Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden

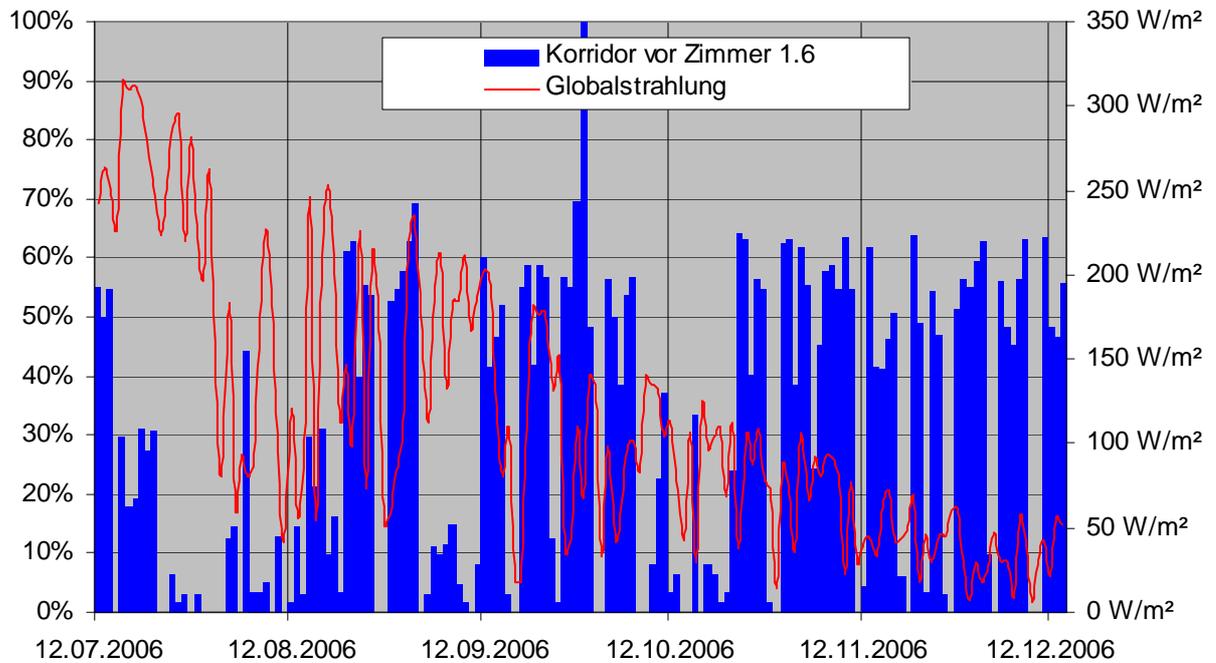


Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Der Tagesgang ist ein typisches Beispiel, das zeigt, dass die Präsenzerfassung funktioniert und die Tageslichtsteuerung nicht.

Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien



Die Tageslichtsensorik funktioniert nicht; Globalstrahlung und Lichtstrom der künstlichen Beleuchtung hat keinen Zusammenhang.



Primarschule Hardau

Übersicht

Es wurden total 3 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

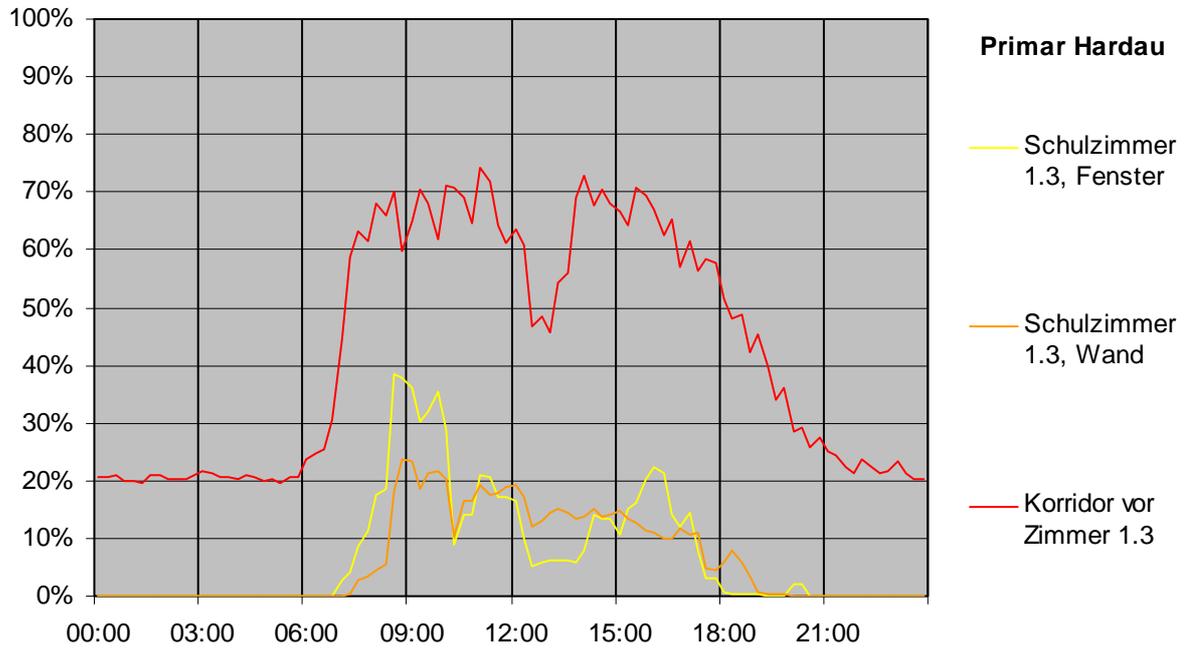
Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Schulzimmer 1.3, Wand	Pendelleuchten, Prismenraster, T5-Röhren	PIR	161	-78%	30°C
Schulzimmer 1.3, Fenster	Pendelleuchten, Prismenraster, T5-Röhren	PIR	83	-89%	32°C
Korridor vor Zimmer 1.3	Deckenleuchten, Prismenraster, T5-Röhren	PIR	2'930	+70%	23°C

Kommentar

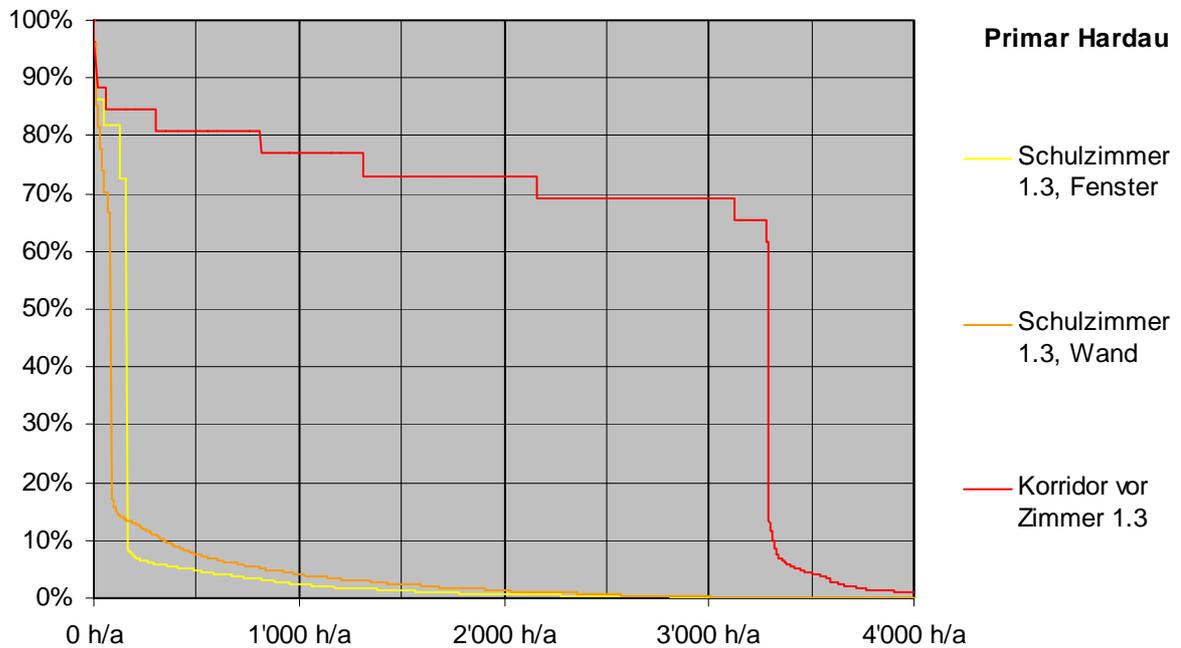
Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Schulzimmer 1.3, Wand	Die gemessenen Volllaststunden sind sehr tief. Weil das Zimmer nur teilweise genutzt wird, wurde es bei der Gesamtauswertung nicht einbezogen.	nein
Schulzimmer 1.3, Fenster		
Korridor vor Zimmer 1.3	Die Präsenzregelung für die Korridorbeleuchtung funktioniert überhaupt nicht. In der Grafik « Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien» ist das deutlich zu sehen.	ja



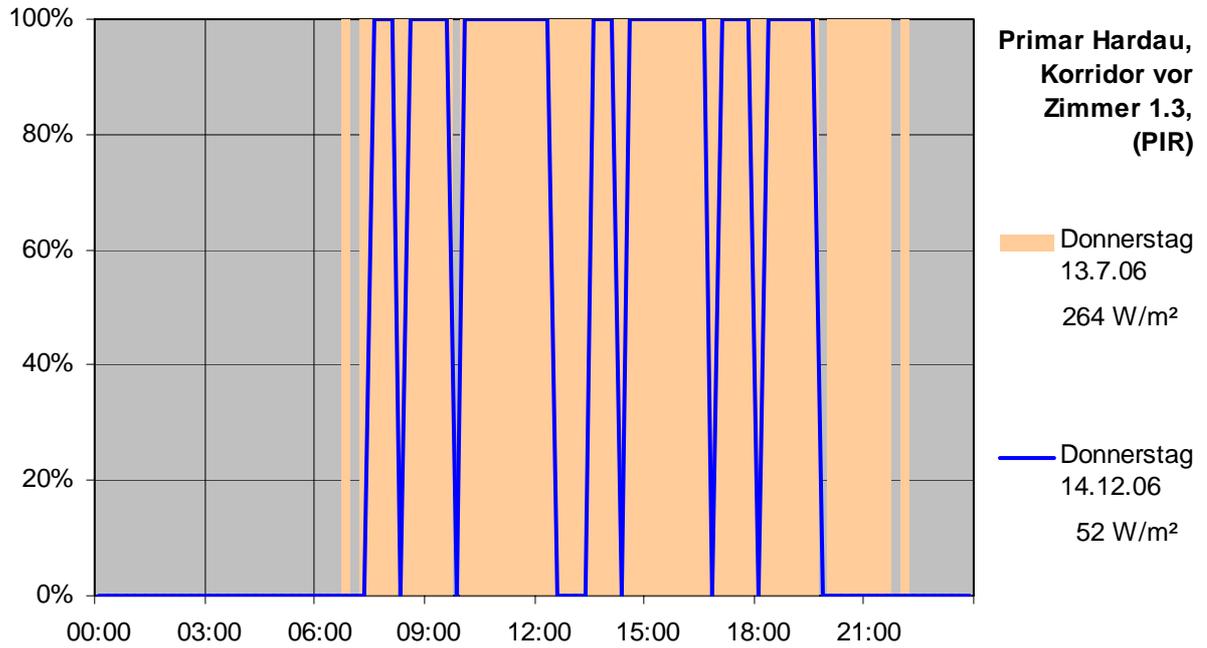
Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)



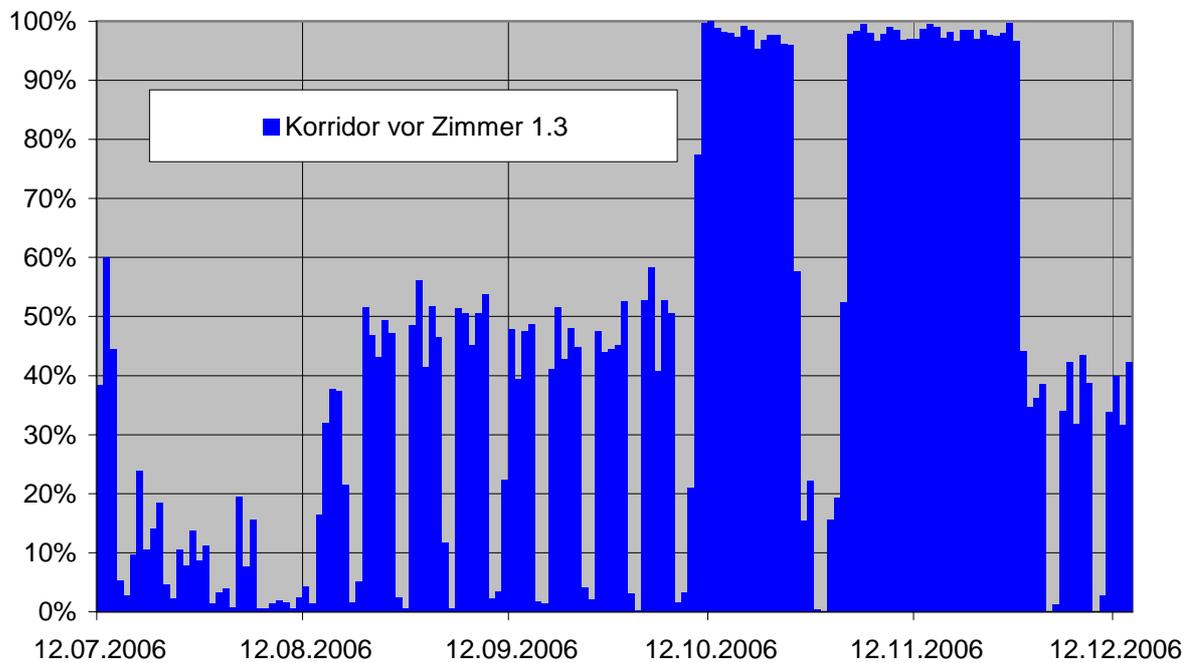
Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden



Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung (Raum ohne Tageslicht)





Schulhaus Seefeld

Übersicht

Es wurden total 4 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

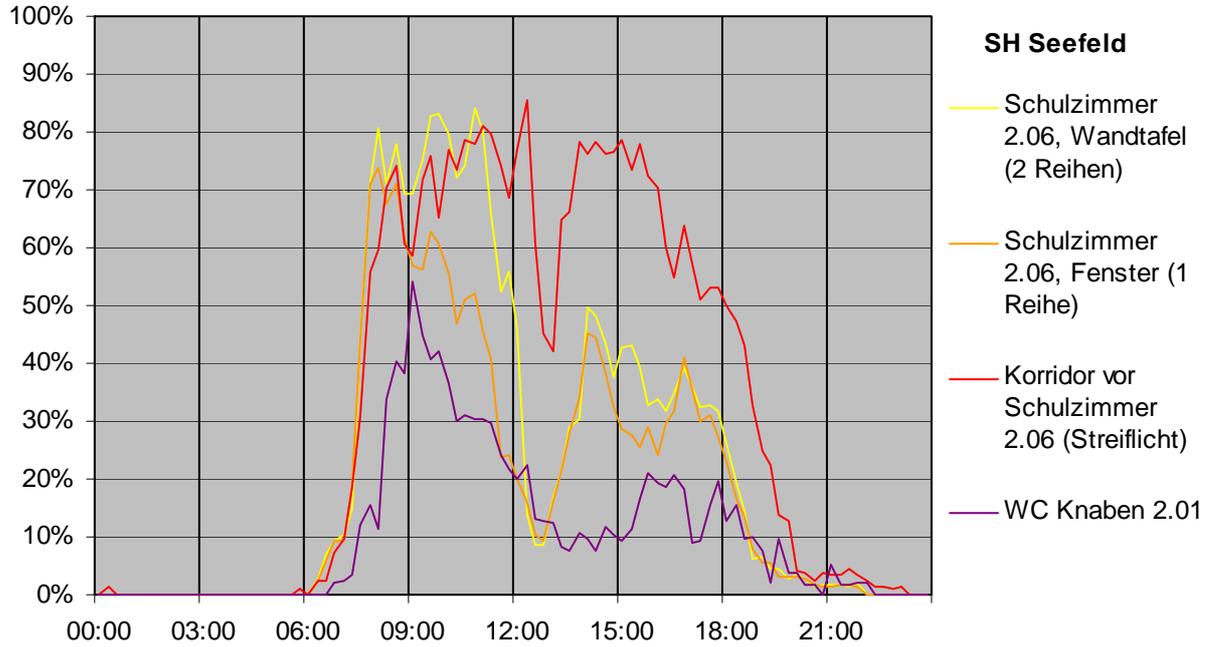
Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Schulzimmer 2.06, Wandtafel (2 Reihen)	Deckeneinbauleuchten, Metallraster, T5	PIR	1'016	+40%	31°C
Schulzimmer 2.06, Fenster (1 Reihe)	Deckeneinbauleuchten, Metallraster, T5	PIR	751	+3%	28°C
Korridor vor Schulzimmer 2.06 (Streiflicht)	Wandleuchte indirekt, T5	PIR	1'560	+398%	26°C
WC Knaben 2.01	Deckenleuchten, offen, T5-Röhren	PIR	237	-24%	24°C

Kommentar

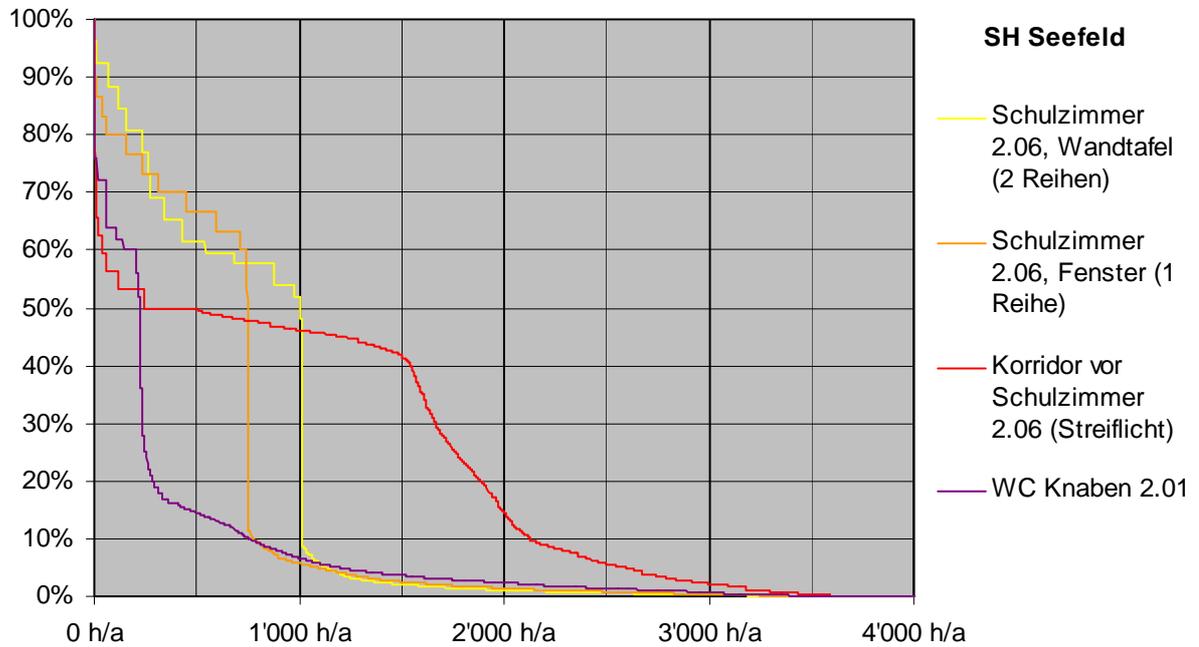
Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Schulzimmer 2.06, Wandtafel (2 Reihen)	Die Lichtregulierung ist in Ordnung. Die etwas überhöhten Werte im Wahntafelbereich sind im Sinne eines optimalen Unterrichts kein Problem.	nein
Schulzimmer 2.06, Fenster (1 Reihe)		
Korridor vor Schulzimmer 2.06 (Streiflicht)	Das indirekt strahlende, kaum sichtbare Streiflicht oberhalb der Garderoben brennt trotz PIR praktisch unkontrolliert, vergleiche Grafiken «Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen» und « Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien». Da die Beleuchtung selbst bei wenig Tageslicht kaum Licht in den Raum abgeben dürfte, sollte ein Ersatz der Beleuchtung überlegt werden.	ja
WC Knaben 2.01	Die Lichtregulierung ist in Ordnung.	nein



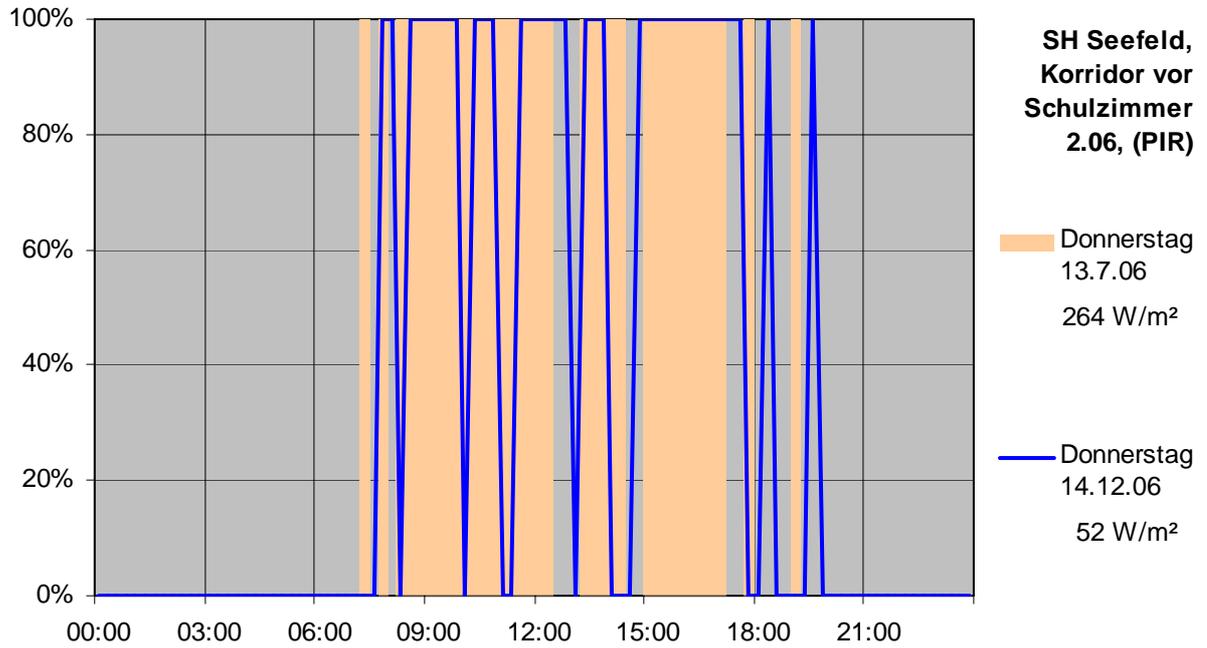
Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)



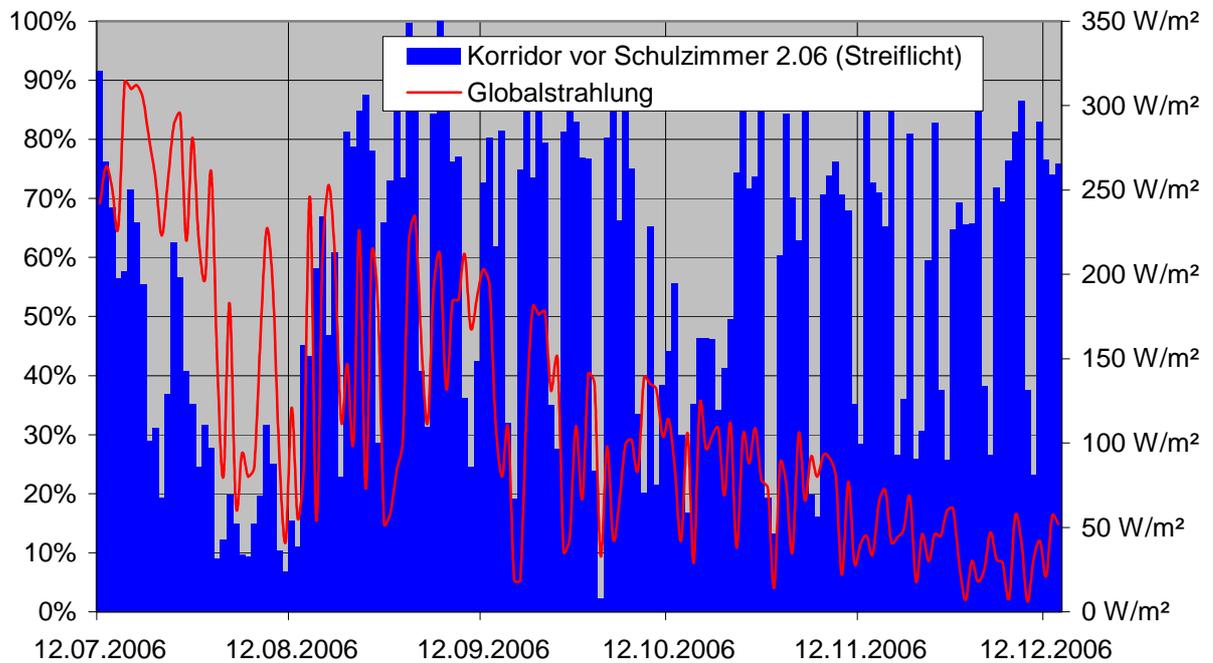
Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden



Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien





Schulhaus Fluntern

Übersicht

Es wurden total 3 Sensoren installiert. Lokalität, installierte Leuchten, gemessene jährliche Volllaststundenzahl und die Abweichung zur Anforderung sowie die Innentemperaturen der Leuchten sind in der nachstehenden Tabelle angegeben. Die Soll Volllaststunden entsprechen dem Zielwert von SIA 380/4.

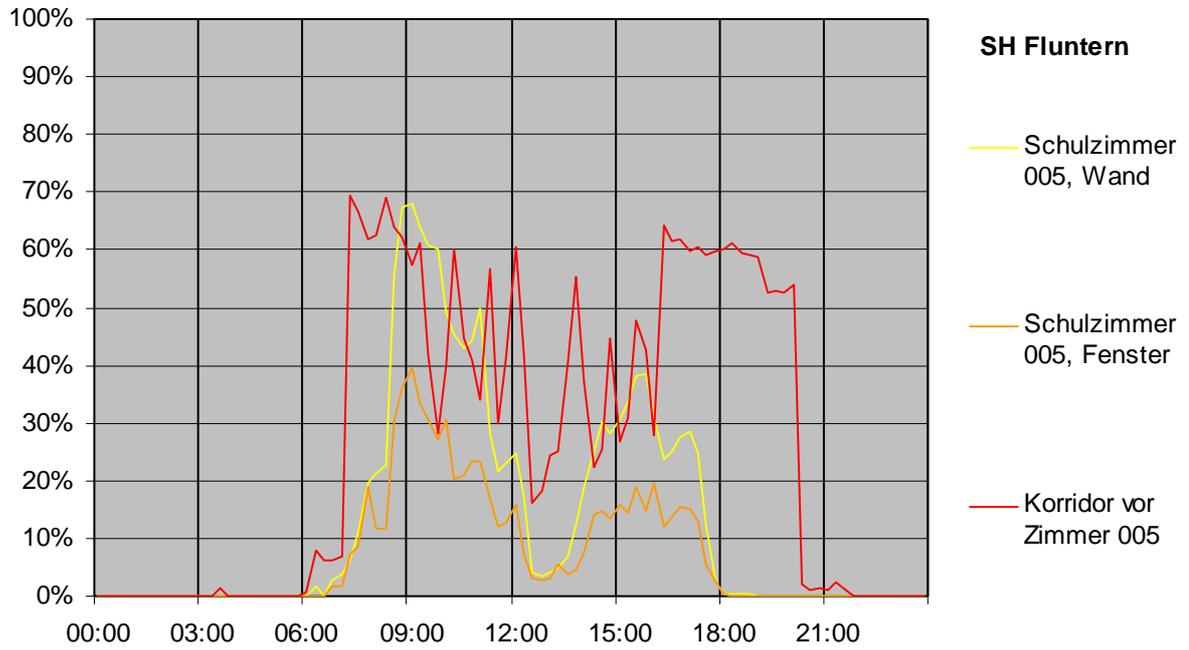
Raum	Leuchten	Regelung	Volllaststunden	Messwert zu Anforderung	Leuchten-temperatur
Schulzimmer 005, Wand	Pendelleuchten, Wabenraster, T5-Röhren	PIR	501	-31%	27°C
Schulzimmer 005, Fenster	Pendelleuchten, Wabenraster, T5-Röhren	PIR	359	-51%	29°C
Korridor vor Zi 005	Wandleuchten, Kompakt FL, opal, EVG	PIR	1'625	+419%	40°C

Kommentar

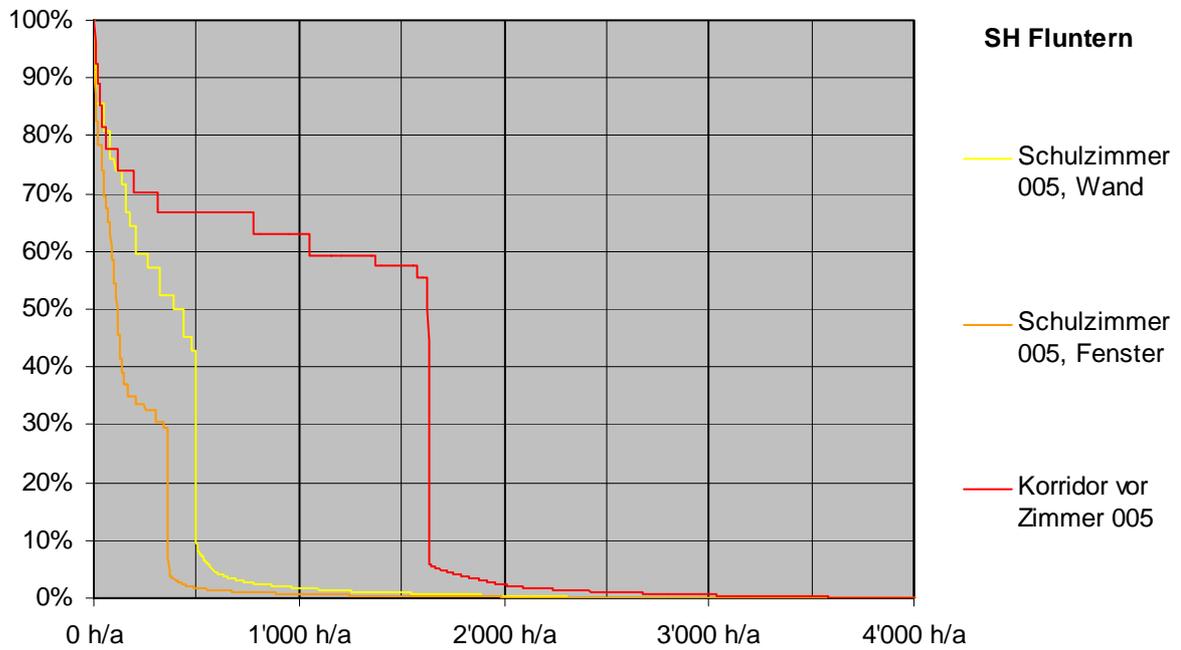
Raum	Bemerkungen	Handlungsbedarf
Schulzimmer 005, Wand	Die Lichtregelung funktioniert gemäss den Erwartungen. Im Unterschied zu den meisten untersuchten Räumen kann hier eine Unterscheidung zwischen wand- und fensterseitigen Leuchten (mit mehr Tageslicht) festgestellt werden. Sehr schön in den Grafiken «Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen» und «Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien» erkennbar.	nein
Schulzimmer 005, Fenster		
Korridor vor Zi 005	Der Korridor ist deutlich unterbelichtet (nur ca. 40 Lux). Da auch die Fenster relativ klein sind, ist die deutlich zu hohe Betriebszeit in diesem Fall nicht auf eine Falschjustierung der Sensoren zurückzuführen. Ein Ersatz der Leuchten sollte geprüft werden.	ja



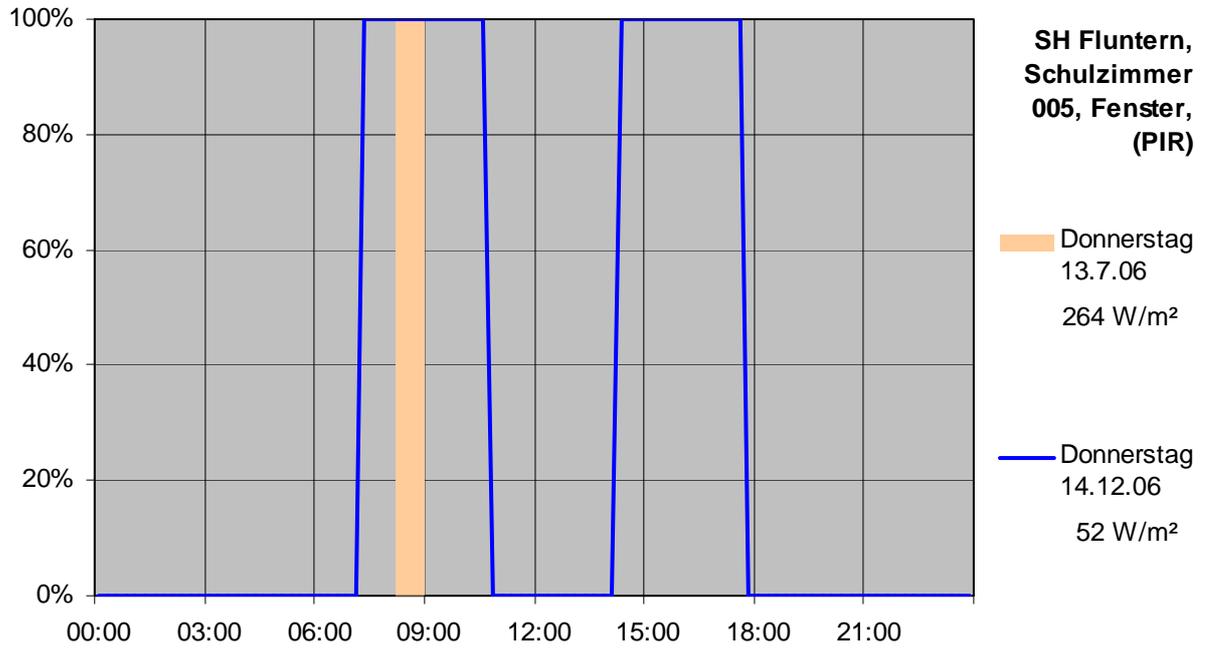
Mittelwertkurven Schultage (ohne Wochenende/Ferien)



Lichtstrom-Verteilung und Volllaststunden



Tagesgang der Beleuchtung an ausgewählten Tagen



Tageswerte der Beleuchtung und Globalstrahlung im Freien

