

## Optimierung einer Beleuchtungsanlage im Schulhaus Bläsi

Autor: Stefan Gasser, Sommer 2019

Die Beleuchtungen in den öffentlichen Bauten der Stadt Zürich werden grundsätzlich nach dem Minergiestandard umgesetzt - in Neu und Umbauten. Wenn eine Zertifizierung des ganzen Gebäudes - z.B. aufgrund von denkmalpflegerischen Vorgaben - nicht machbar ist, wird die Beleuchtung wenn möglich dennoch Minergie gerecht ausgeführt. Die Erneuerung des Schulhauses „Bläsi“ ist ein gutes Beispiel hierfür.

Das aus dem Jahre 1907 stammende Gebäude wurde 2015 total saniert. Dabei wurde auch die gesamte Beleuchtung neu geplant und ausgeführt. Die neuen Leuchten sollten der typischen früheren Schulzimmer-Beleuchtung mit abgependelten, rundlichen Deckenleuchten ähnlich sein - aber selbstverständlich den heutigen Vorgaben an Beleuchtungsstärke, Lichtverteilung und Entblendung entsprechen.

Energetische Vorgabe war der Minergiestandard für Beleuchtung - aber nicht nur auf dem Papier. Eine saubere Inbetriebnahme von Leuchten und Sensorik und eine anschliessende Messung des Energieverbrauchs waren fester Teil der Beleuchtungserneuerung.



Abbildung 1: Aussenansicht des erneuerten Schulhaus Bläsi in Zürich-Höngg

## Erstellung des Energienachweises

Der Energienachweis wurde bereits in einer frühen Planungsphase erstellt. Im Verlaufe von Planung und Ausführung wurde er aktualisiert und schliesslich auch nach der Inbetriebnahme auf den tatsächlichen Stand der effektiv realisierten Anlage gebracht. Dieses Vorgehen der mehrfachen Aktualisierung des Energienachweises ist sinnvoll, wenn man eine maximale Optimierung der Beleuchtungsanlage haben möchte - aber in der Tat nicht Standard in vielen Bauabläufen. Der nachstehend dargestellte Nachweis gibt die Betriebsphase des Schulhauses Bläsi wieder: Die Energiekennzahl des (realisierten) Projektwertes liegt mit 3.9 kWh/m<sup>2</sup> deutlich niedriger als die Minergieanforderung von 8.3 kWh/m<sup>2</sup> - die konsequente Optimierung hat es möglich gemacht.

### Elektrizitätsbilanz

Nutzung	Fläche m <sup>2</sup>	Leistung kW	Volllaststunden h/a	Energiebedarf MWh/a
Schulzimmer	1'215	5.7	1'016	5.8
Verkehrsfläche	561	1.7	632	1.1
Nebenräume	437	1.0	937	0.9
Lehrerzimmer	102	0.4	669	0.3
Garderoben	78	0.2	884	0.2
WC	64	0.7	533	0.4
Büro	84	0.5	884	0.4
Bibliothek	26	0.2	2'215	0.4
Küche	30	0.5	1'250	0.6
Total	2'597	10.9	922	10.1

### Vergleich Projektwerte und Anforderungen

Nutzung	Fläche m <sup>2</sup>	Projektwert kWh/m <sup>2</sup>	SIA Grenzwert kWh/m <sup>2</sup>	Minergie kWh/m <sup>2</sup>
Schulzimmer	1'215	4.8	18.3	12.4
Verkehrsfläche	561	2.0	5.7	3.4
Nebenräume	437	2.1	5.7	3.5
Lehrerzimmer	102	2.9	10.8	6.9
Garderoben	78	2.6	7.7	5.1
WC	64	6.2	10.9	7.0
Büro	84	4.8	21.5	13.7
Bibliothek	26	15.5	11.6	7.8
Küche	30	20.0	6.7	4.2
Gesamtergebnis	2'597	3.9	12.6	8.3



Abbildung 2: Innenansicht eines Schulzimmers mit Pendelleuchten „Arno“

### **Inbetriebnahme der Leuchten mit optimierter Beleuchtungsstärke (500 statt 750 Lux)**

Das Gebäude ist zu einem grossen Teil mit Pendelleuchten (Typ Arno) der Firma „Licht+Raum“ ausgerüstet. Mit einer elektrischen Leistung von 53 Watt und einem Lichtstrom von 6800 Lumen erreicht die Leuchte einen Leuchtenlichtausbeute von 123 lm/W. Da die Positionierung der einzelnen Leuchten architektonischen und lichttechnischen Gegebenheiten Rechnung tragen muss, ergeben sich je nach Raum stark unterschiedliche Beleuchtungsstärken. Da nun aber die Leuchten mit dimmbaren Vorschaltgeräten ausgerüstet wurden, konnte bei der Inbetriebnahme jede Leuchte individuell eingestellt werden, so dass die notwendige - aber keine erhöhte - Beleuchtungsstärke entsprechend der Nutzung (Schulzimmer, Korridor, Lehrerzimmer, Mehrzweckraum) erreicht wird. Mit dieser Einjustierung der Leuchten auf die effektiv notwendige Beleuchtungsstärke konnte die installierte Leistung von 15.6 kW auf 10.9 kW gesenkt werden, was einer Energieeinsparung von 30% entspricht.

### **Inbetriebnahme der Sensoren mit verkürzten Nachlaufzeiten (5 statt 15 Minuten)**

Im ganzen Gebäude sind kombinierte Tageslicht-Präsenz-Melder installiert. In den Verkehrszo-  
nen (Korridore, WC, Nebenräume) sind diese vollautomatisch eingestellt, d.h. das Licht löscht  
bei genügend Tageslicht bzw. Absenz von Personen automatisch ab - und schaltet sich bei zu  
wenig Tageslicht und Anwesenheit von Personen von selber wieder ein. In den Schulzimmern  
ist die Beleuchtung halbautomatisch; d.h. nur die Abschaltung erfolgt mit der Regelung - die  
Einschaltung muss manuell vorgenommen werden.

Wesentlicher Effizienzfaktor ist die Abschaltverzögerung beim Wegfall der Personenpräsenz o-  
der bei genügend Tageslicht. Während diese Verzögerungszeit in den meisten Gebäuden auf  
15 Minuten eingestellt ist, wurde sie im Schulhaus Bläsi auf 5 Minuten reduziert. Der Einsparef-  
fekt beträgt rund 20%. Würde auf 2 Minuten reduziert, lägen nochmals 20% drin!

## Fazit Optimierung

Durch die Justierung der Leuchten auf die richtige Beleuchtungsstärke und die Eistellung der Lichtsensoren mit verkürzter Ausschaltverzögerung reduziert sich der Energieverbrauch für Beleuchtung um knapp 50% - konkret im Schulhaus Bläsi von 7.5 kWh/m<sup>2</sup> auf 3.9 kWh/m<sup>2</sup>. Die Messung soll belegen, ob die Berechnung auch in der Praxis realisiert werden kann!

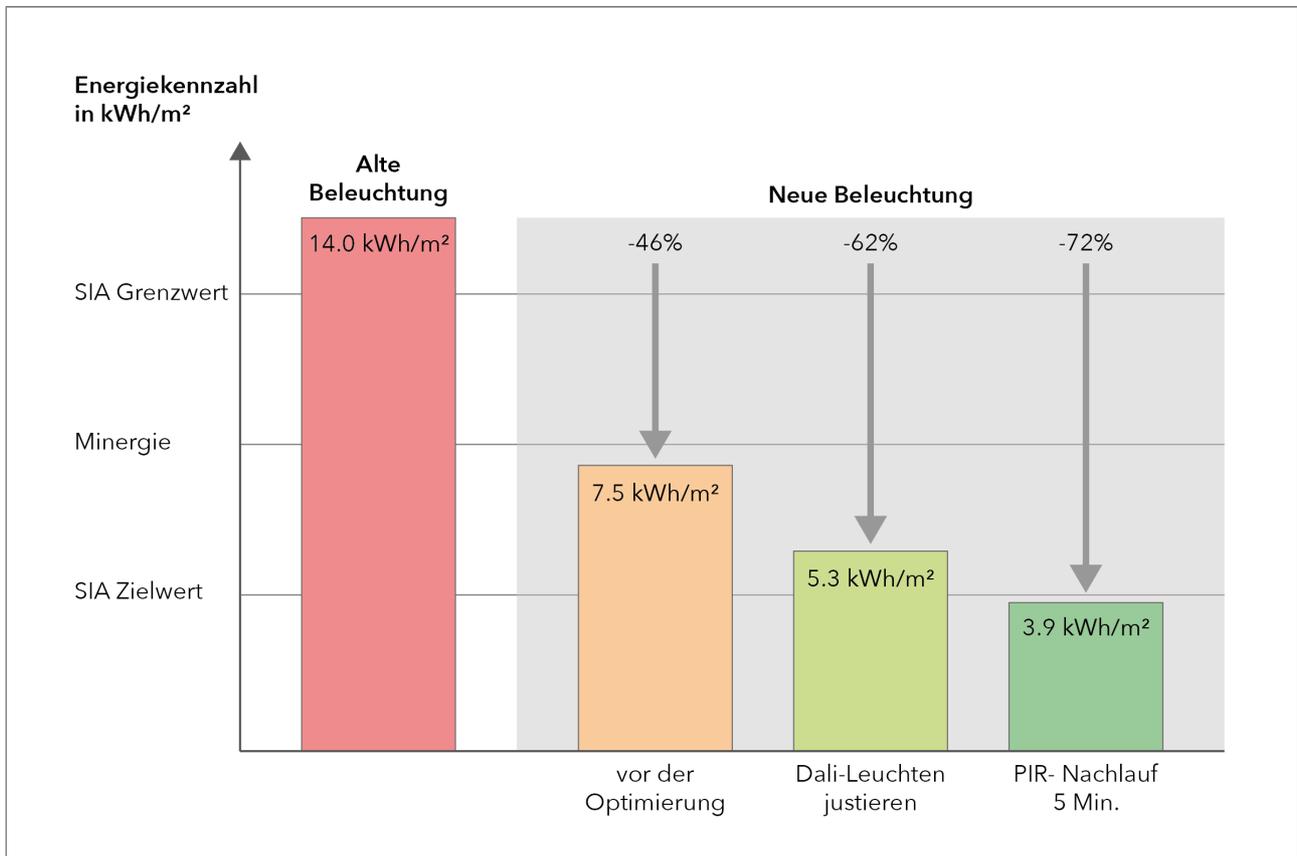


Abbildung 3: Optimierung der neuen Beleuchtung in 2 Schritten

## Messungen des realen Energieverbrauchs - kein Performance Gap!

Damit die Berechnungen und Optimierungen des Energiebedarfs auf ihren echten Energieverbrauch hin überprüft werden können, wurde ein separater Energiezähler für die Beleuchtung installiert. Da die Stromnetze in Gebäuden in der Regel nicht nach Verbrauchergruppen aufgeteilt werden, bedeutete die separate Führung der Stromleitungen für die Beleuchtung im Schulhaus Bläsi einen installationstechnischen Mehraufwand.

Während eines ganzen Jahres wurde der Energieverbrauch für die Beleuchtung kontinuierlich aufgezeichnet; im 5-Minuten-Takt abgespeichert ergaben sich so rund 100'000 Messwerte, die ausgewertet und interpretiert werden mussten. In der Abbildung sind Wochenwerte dargestellt - gut ersichtlich der Energieverbrauchsrückgang während den Schulferien, ferner die saisonalen und witterungsbedingten Unterschiede.

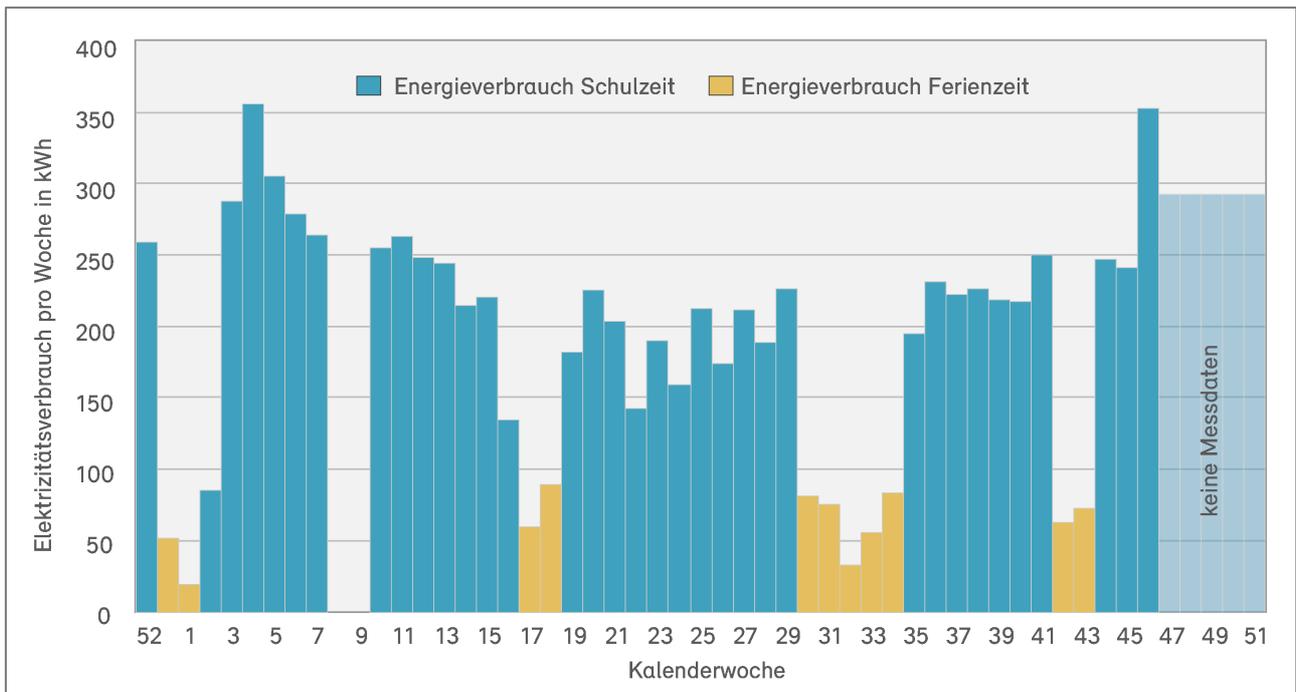


Abbildung 4: Messung des Elektrizitätsverbrauchs für Beleuchtung im Schulhaus Bläsi

Der Vergleich zwischen Berechnung und Messung zeigt ein erstaunliches Ergebnis: Messung und Berechnung sind über das Jahr gesehen praktisch identisch – es gibt keinen Performance Gap. Mit dieser Genauigkeit ist das sicher ein Zufall – dennoch darf wohl die Aussage gewagt werden, dass das Rechenmodell der SIA-Norm 387/4 wohl eine gute Genauigkeit erreicht und für Minergie und den gesetzlichen Vollzug tauglich ist.

#### Vergleich Messung – Berechnung

Kenngrosse	Einheit	Messwert	Rechenwert
Energieverbrauch	MWh/a	10.2	10.1
	kWh/m <sup>2</sup>	3.9	3.9
Installierte Leistung	kW	8.4	10.9
	W/m <sup>2</sup>	3.2	4.2
Volllaststunden	h/a	1'220	922

#### **Projekt-Team**

- Auftraggeber: Amt für Hochbauten der Stadt Zürich
- Architekten: Horisberger Wagen Architekten
- Elektroplaner: Walter Salm, Meier & Partner AG
- Messungen: elight GmbH

#### **Publikation:**

- Fachbuch «Licht im Haus», [www.faktor.ch](http://www.faktor.ch)
- Broschüre «Minergie Wissen Beleuchtung», [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)