



# LED-Pilot-Projekt VZ Werd

Vergleich von zwei Beleuchtungsanlagen in zwei identischen Korridoren mit herkömmlicher Leuchtstofflampentechnik und mit LED-Technik und optimiertem Lichtmanagement.

## Schlussbericht

## **IMPRESSUM**

### **Auftraggeberin:**

Stadt Zürich,  
Amt für Hochbauten,  
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,  
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21  
8021 Zürich

### **Bearbeitung:**

eteam GmbH, Stefan Gasser  
Schaffhauserstrasse 34, 8006 Zürich  
stefan.gasser@eteam.ch

### **Projektleitung:**

Markus Simon  
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,  
Amt für Hochbauten

### **Projektteam:**

Franz Sprecher (Stadt Zürich, Amt für Hochbauten)  
Stefan Gasser (eteam GmbH, Zürich)

Download als pdf von  
[www.stadt-zuerich.ch/egt](http://www.stadt-zuerich.ch/egt)  
> Projekte realisiert

Zürich, August 2011

# Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	4
2	Projektziel und Ablauf.....	6
3	Installation .....	7
3.1	Messgeräte .....	7
3.2	Korridor 7. OG mit neuen LED-Lichtbändern.....	8
3.3	Korridor 8. OG mit konventionellen FL-Lichtbändern .....	9
4	Messungen .....	10
4.1	Überblick .....	10
4.2	Messperiode 1: 10.4. bis 21.4.2011 .....	11
4.3	Messperiode 2: 22.4. bis 27.5.2011 .....	13
4.4	Messperiode 3: 28.5. bis 26.6.2011 .....	15
4.5	Messperiode 4: 18.7. bis 3.8.2011 .....	17
5	Jahresbilanz .....	19
5.1	Korridorbeleuchtung.....	19
5.2	Beleuchtung Liftvorplatz.....	19

# 1 Zusammenfassung

Im Verwaltungszentrum Werd wurde die Beleuchtung von zwei identischen Korridoren hinsichtlich Energiesparpotential mit LED und optimierter Präsenzregelung untersucht:

- Korridor 1 mit Leuchtstofflampen und Präsenzmeldern mit 10-Minuten-Intervall
- Korridor 2 mit LED-Licht-Linie und Präsenzmeldern mit variablen Intervallen

In beiden Korridoren herrschen dieselben Beleuchtungsstärken und Lichtverteilungen. Ohne Expertenblick lassen sich die zwei Beleuchtungen äusserlich nicht differenzieren.

Während die Beleuchtung und die Regulierung in Korridor 1 (8. Obergeschoss) während der gesamten Messperiode von 4 Monaten unverändert blieb, wurden bei der LED-Beleuchtung (7. OG) die Verzögerungsintervalle der Präsenzmelder in mehreren Schritten reduziert. Dank dem verschleissfreien Sofortstartverhalten der LED-Leuchten ist eine Verkürzung der Verzögerungszeit im Gegensatz zu den Leuchtstofflampen problemlos möglich.

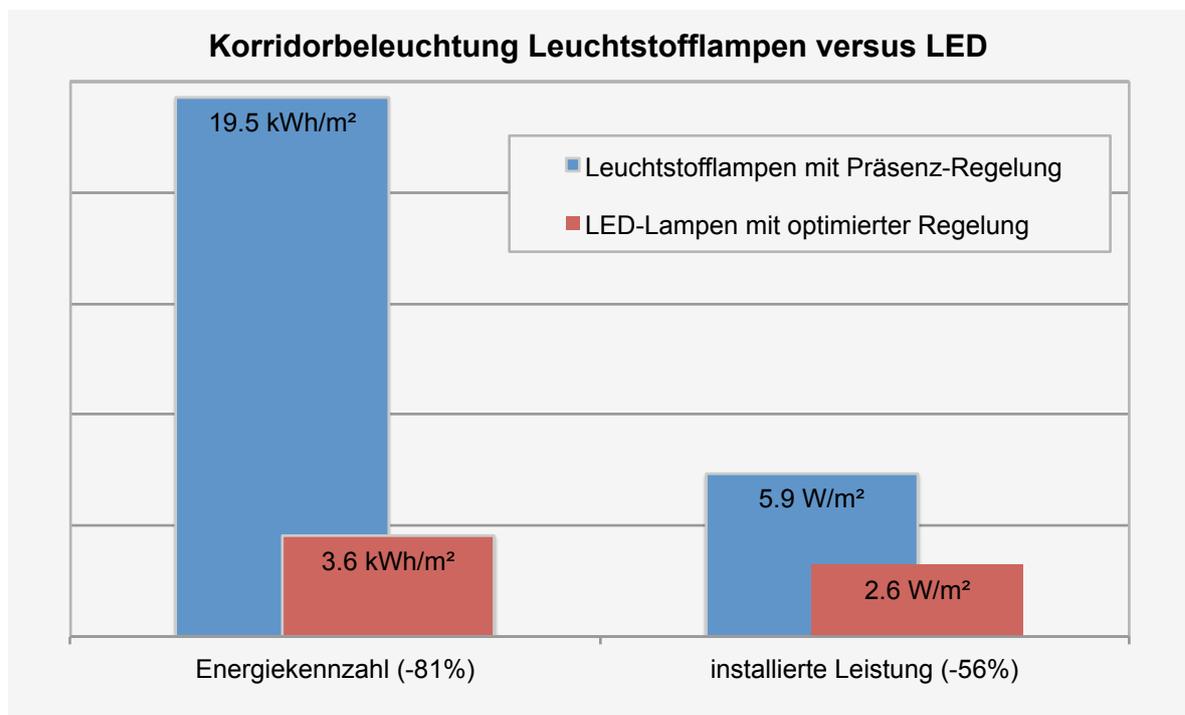


Abbildung 1: Korridorbeleuchtung Leuchtstofflampen versus LED

Das Resultat am Ende der Messzeit ist beeindruckend. Die LED-Beleuchtung spart im energieoptimalsten Betrieb (1-Minute-Intervall ohne Restlicht im Aus-Zustand, Messperiode 3) gegenüber der bisherigen Leuchtstofflampentechnik über 80% elektrische Energie ein. Während einerseits die installierte Leistung von 5.9 W/m² auf 2.6 W/m² reduziert wurde, ging andererseits auch die tägliche Betriebszeit von 13.2 h/d bei der Beleuchtung mit Leuchtstofflampen auf 5.7 h/d bei LED zurück.

Die Reduktion der Verzögerungszeit von 10 auf 5 Minuten (Messperiode 2) bringt praktisch keine Energieeinsparung, so dass diese Einstellung nicht empfehlenswert ist. In der Messperiode 4 wurde im Auszustand während des Tages ein Restlicht von 15% belassen; dies soll die Akzeptanz der schnellen Beleuchtungsschaltung verbessern. Der Einspareffekt wurde mit der Restlichteinstellung von 81% auf 77% nur geringfügig vermindert.

Dieses Resultat zeigt exemplarisch auf, dass die LED-Technik mit entsprechender Lichtregelung ein enormes Sparpotential aufweist gegenüber heute üblichen – als energieeffizient geltenden – Korridorbeleuchtungen. Nicht ausser Acht gelassen darf bei diesem Vergleich, dass Lichtregelungen in heute üblichen Beleuchtungsanlagen in der Praxis meist viel weniger Einsparungen bringen als man bisher von ihnen erwartet hatte.

Eine gute Wirtschaftlichkeit von LED-Leuchten mit optimierter Lichtregelung in Verkehrsflächen dürfte derzeit trotz sehr hoher und nachgewiesener Stromeinsparung nicht in jedem Fall gegeben sein. Um eine Amortisationszeit von 5 Jahren erreichen zu können, darf der Mehrpreis von LED ca. CHF 50.- pro Downlighter oder pro Laufmeter Lichtleiste betragen, bei CHF 100.- Mehrkosten beträgt die Rückzahlzeit 8 Jahre. Bei Downlightern dürften 5 Jahre realistisch sein.

Das Pilotprojekt LED-Werd sollte zur Verifizierung der sehr guten Resultate auf andere Objekte und Anwendungen (z.B. Spitalkorridore) übertragen werden.

## 2 Projektziel und Ablauf

Zwecks Eruiierung des Effizienzpotentials von LED-Beleuchtungen im Korridorbereich im Vergleich zu üblichen Beleuchtungen mit Leuchtstofflampen wird im Verwaltungszentrum Werd eine Pilotmessung durchgeführt.

- Von zwei identischen Korridoren mit Lichtbändern wird während mehrerer Monate kontinuierlich die elektrische Leistung mittels Datenlogger aufgezeichnet. (Speicherintervall: 1 Minute)
- Die Beleuchtungsstärken beider Korridorbeleuchtungen sind identisch.
- In beiden Korridoren wird das Licht mittels Bewegungsmeldern geregelt.
- Korridor 1 ist mit konventionellen FL-Lichtbändern ausgerüstet; diese Beleuchtung wird während der gesamten Messperiode wie bisher unverändert betrieben.
- Korridor 2 ist mit LED-Lichtbändern ausgerüstet; die Lichtsteuerung wird während der Messperiode mehrfach verändert.
- Es soll analysiert werden, welche Betriebsweise die beste Energieeffizienz bringt.

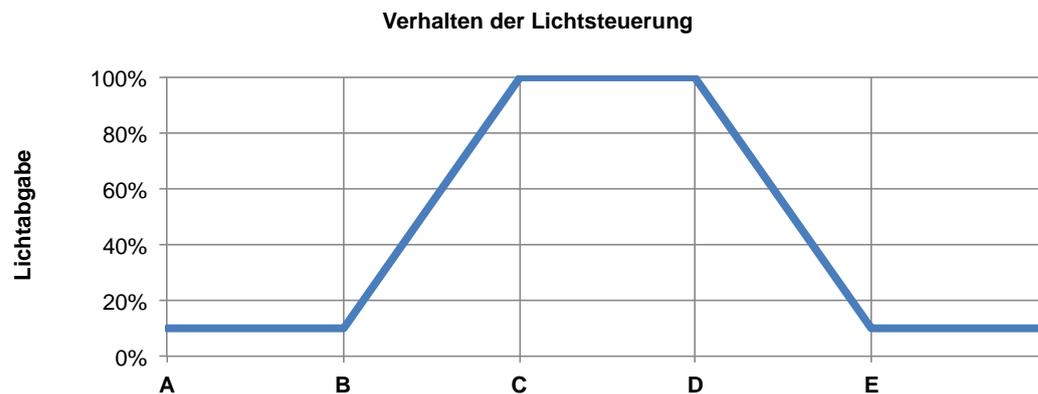


Abbildung 2: Schema zum Verhalten der Lichtsteuerung

- A: Lichtabgabe im Korridor ohne Personenpräsenz  
 B: Einschaltflanke des Lichtes bei Detektion von Personenpräsenz  
 C: Minimale Zeit der Lichtabgabe mit Personenpräsenz  
 D: Abschaltflanke des Lichtes beim Wegfall der Personenpräsenz  
 E: Nacht und Wochenende

Messablauf		A	B	C	D	E
Korridor 1	Ganze Messperiode	0%	0 Sek.	10 Min.	0 Sek.	0%
Korridor 2 (LED)	1. Messperiode	0%	0 Sek.	10 Min.	0 Sek.	0%
	2. Messperiode	0%	1 Sek.	5 Min.	5 Sek.	0%
	3. Messperiode	0%	1 Sek.	1 Min.	5 Sek.	0%
	4. Messperiode	15%	1 Sek.	1 Min.	5 Sek.	0%

# 3 Installation

## 3.1 Messgeräte



Abbildung 3: Energie- und Leistungsmessgerät mit Datenlogger für SD-Karte

In den Unterverteilungen im 7. und 8. Stock des Verwaltungsgebäudes wurde je ein Elektrozähler installiert, der jeweils nur die Beleuchtung im Korridor erfasst. Die Zähler verfügen je über einen Datenlogger, der die einzelnen Messwerte auf Speicherkarten schreibt. Für die Messung wurde ein Speicherintervall von 1 Minute eingestellt. Pro Tag und Korridor wurden so 1440 einzelne Leistungswerte aufgezeichnet; total sind es über 300'000 Messwerte.

In regelmässigen Abständen wurden die Messdaten mittels Notebook ausgelesen und ins Excel-Format transformiert. Anschliessend wurden die Messwerte strukturiert ausgewertet und grafisch dargestellt.

Zur Überprüfung der gespeicherten Daten dienten die Displays der Stromzähler, die die aktuellen Leistung- und Energiewerte visualisierten. Neben der automatischen Aufzeichnung wurden zur Sicherheit auch manuelle Ablesungen durchgeführt.

### 3.2 Korridor 7. OG mit neuen LED-Lichtbändern



Abbildung 4: Korridor im 7. OG mit neuer LED-Lichtschiene

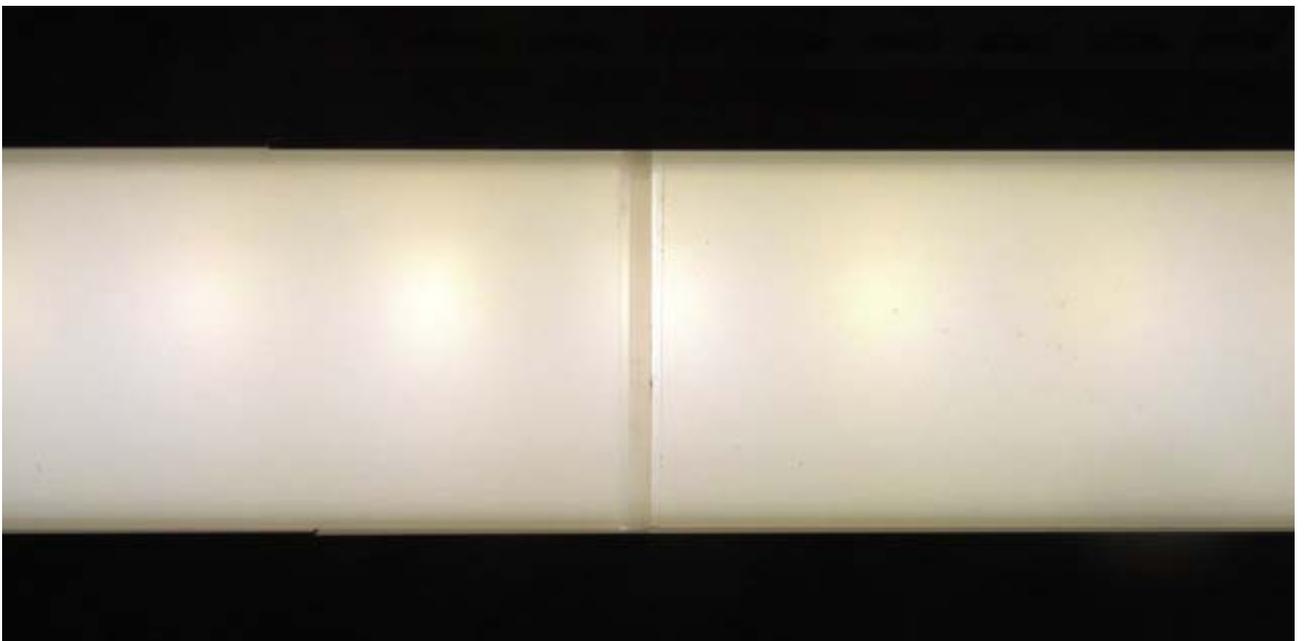


Abbildung 5: Detailansicht LED-Leuchte: ohne Randschatten zwischen 2 Leuchten

#### **Installation**

- LED-Lichtband, 28 Meter à 23 Watt, betrieben mit max. 6.7 Watt pro Laufmeter
- Fabrikat: Zumtobel Slotlight II 1/57 LED
- Maximale Leistung im Betrieb: 187 Watt oder 2.6 W/m<sup>2</sup> Korridorfläche

### 3.3 Korridor 8. OG mit konventionellen FL-Lichtbändern



Abbildung 6: Korridor im 8. OG mit der bisherigen Leuchtstofflampen-Beleuchtung



Abbildung 7: Detailansicht FL-Leuchte: mit Randschatten zwischen zwei Leuchten

#### ***Installation***

- FL-Lichtband, 19 Lampen à 35 Watt (+3 Watt EVG), Dimmgrad bei 100 Lux: 58%
- Fabrikat: Zumtobel Slotlight 2/35 T5
- Maximale Leistung im Betrieb: 420 Watt oder 5.9 W/m<sup>2</sup>

# 4 Messungen

## 4.1 Überblick

Die unten stehende Grafik zeigt die täglichen Energieverbräuche für die Korridorbeleuchtungen während den ersten drei Messperioden. Die blauen Säulen stehen für die konventionelle Beleuchtung mit Leuchtstofflampen (8. OG); die rote für die neue Beleuchtung mit dem LED-Lichtband (7.OG).

Durch die rund halb so hohe Anschlussleistung der LED-Beleuchtung ist deren Verbrauch bereits in der Anfangsphase mit gleicher Regelung deutlich tiefer als bei der konventionellen Beleuchtung. Während die Herabsetzung der Verzögerungszeit von 10 Minuten auf 5 Minuten bei der LED-Beleuchtung am 22. April keine zusätzliche Einsparung brachte, wird die Reduktion durch ein weiteres Heruntersetzen der Verzögerungszeit bei der LED-Beleuchtung am 28. Mai auf 1 Minute deutlich sichtbar.

In der Grafik ebenfalls sichtbar ist der Umstand, dass die LED-Beleuchtung wegen des Eigenverbrauchs der DALI-Steuerung einen minimalen Standby (6 Watt für die gesamte Lichtleiste von 28 Metern) verursacht, während dieser Verbrauch bei der Leuchtstofflampen-Beleuchtung mit direkter Relaisabschaltung durch die Präsenzmelder entfällt.

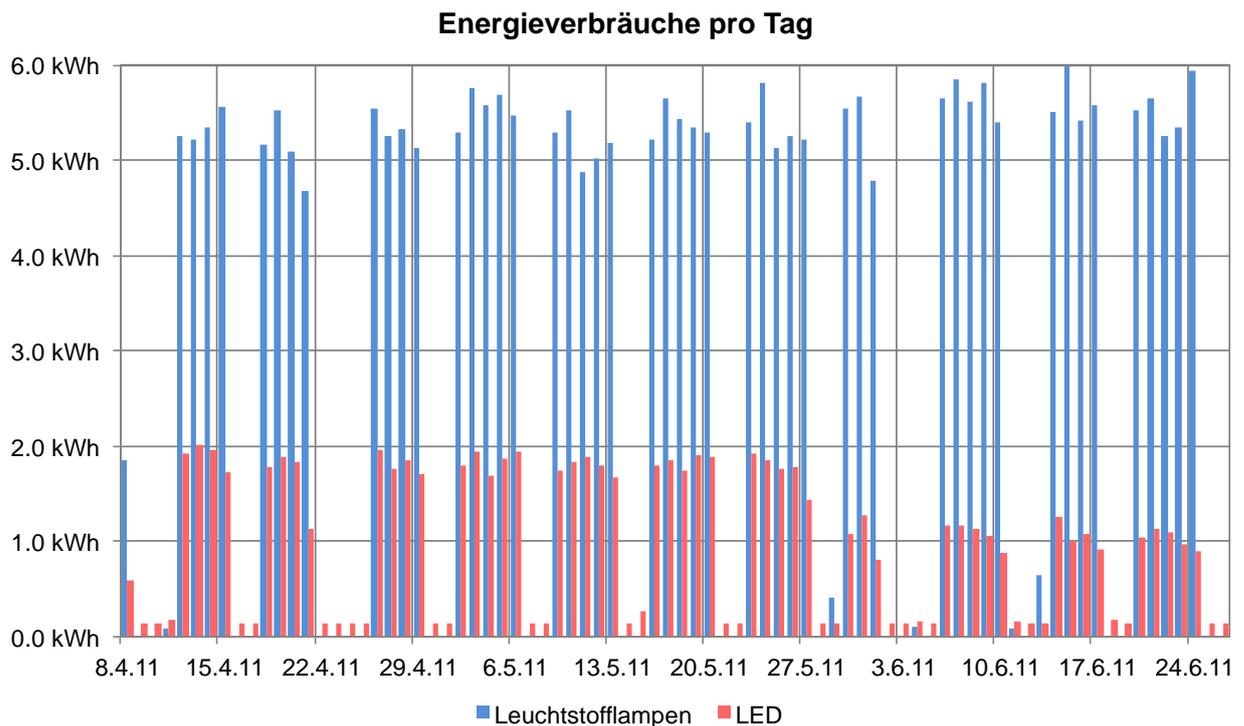


Abbildung 8: Tägliche Energieverbräuche während den ersten drei Messperioden

## 4.2 Messperiode 1: 10.4. bis 21.4.2011

### Ausschaltverzögerung

- Leuchtstofflampen: 10 Minuten
- LED-Leuchten: 10 Minuten

Datum	FL-Leuchten (420 Watt)			LED-Leuchten (187 Watt)		
	Stunden	on-off	Energie	Stunden	on-off	Energie
08.04.11	4.4 h	3	1.8 kWh	3.1 h	12	0.6 kWh
09.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
10.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
11.04.11	0.2 h	1	0.1 kWh	0.9 h	1	0.2 kWh
12.04.11	12.5 h	2	5.3 kWh	10.2 h	42	1.9 kWh
13.04.11	12.4 h	5	5.2 kWh	10.7 h	32	2.0 kWh
14.04.11	12.7 h	4	5.3 kWh	10.4 h	36	2.0 kWh
15.04.11	13.2 h	7	5.6 kWh	9.1 h	38	1.7 kWh
16.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
17.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
18.04.11	12.2 h	4	5.2 kWh	9.4 h	33	1.8 kWh
19.04.11	13.1 h	3	5.5 kWh	10.0 h	33	1.9 kWh
20.04.11	12.1 h	5	5.1 kWh	9.7 h	36	1.8 kWh
<b>Mittelwert *</b>	<b>12.6 h</b>	<b>4.1</b>	<b>5.3 kWh</b>	<b>10.0 h</b>	<b>32.8</b>	<b>1.9 kWh</b>
<b>Einsparung</b>				<b>-21%</b>		<b>-65%</b>

\*) Mittelwert ohne arbeitsfreie Tage

In der 1. Messperiode waren die Betriebsstunden der LED-Beleuchtung um 21% (2.4 h/d) tiefer als diejenigen der konventionellen Beleuchtung. Der Energieverbrauch war bei LED um 65% tiefer. LED schaltete im Durchschnitt 33-mal, die FL-Leuchten 4-mal pro Tag.

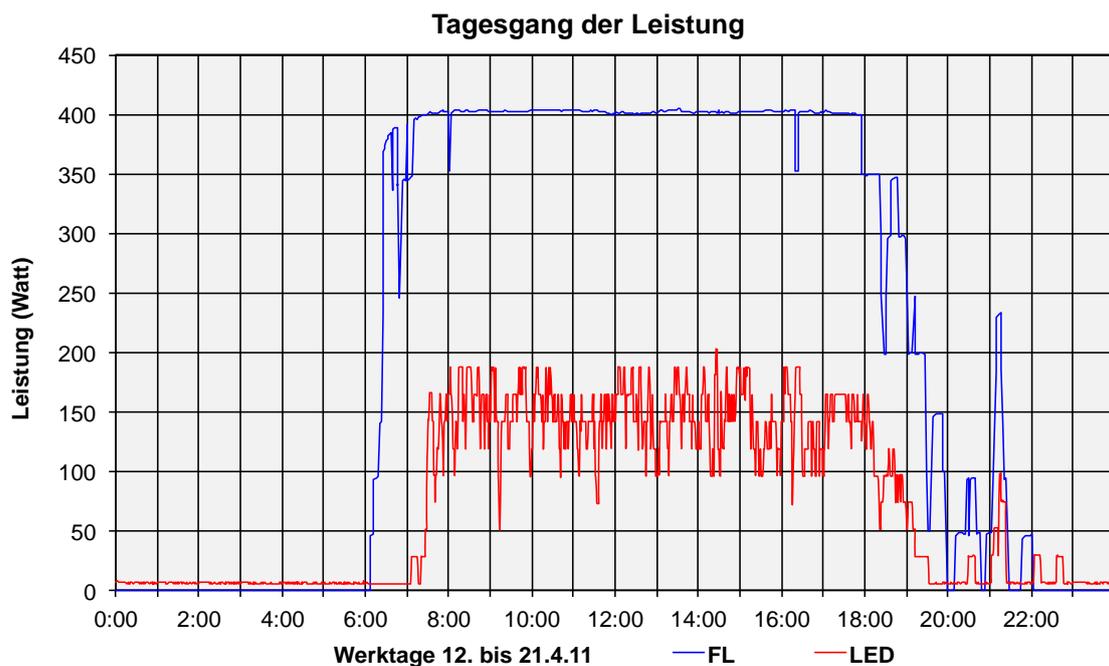


Abbildung 9: Mittelwertkurven der Leistung an Werktagen in der 1. Messperiode

### Ausgewählter Werktag in der 1. Messperiode

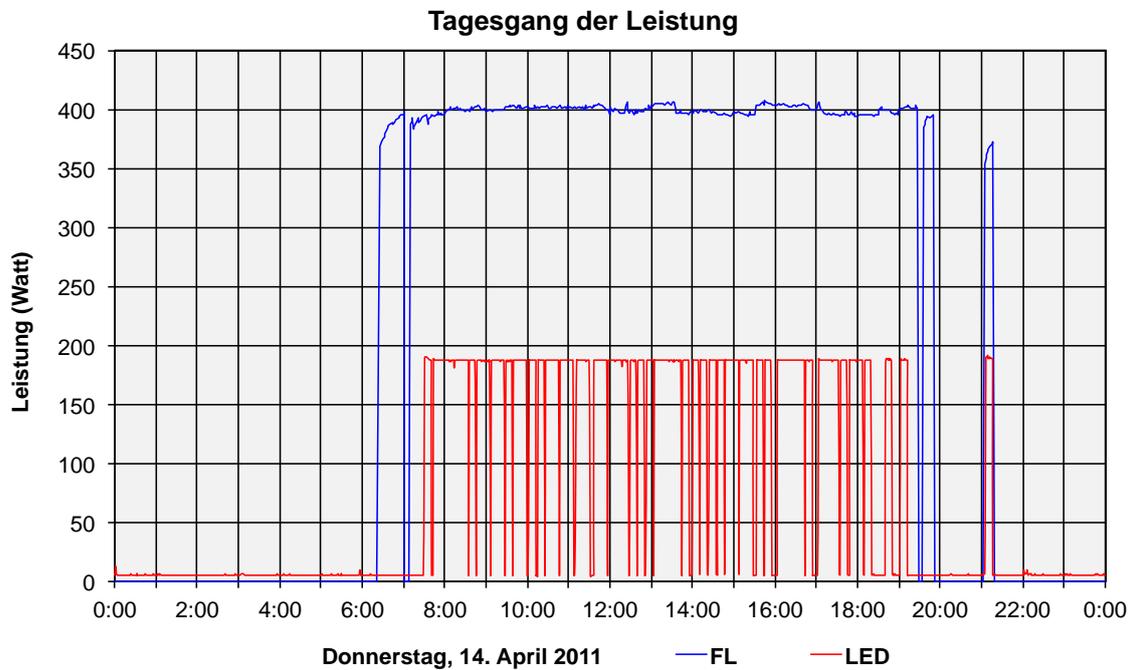


Abbildung 10: Tagesgang der Leistung an einem typischen Werktag in der 1. Messperiode

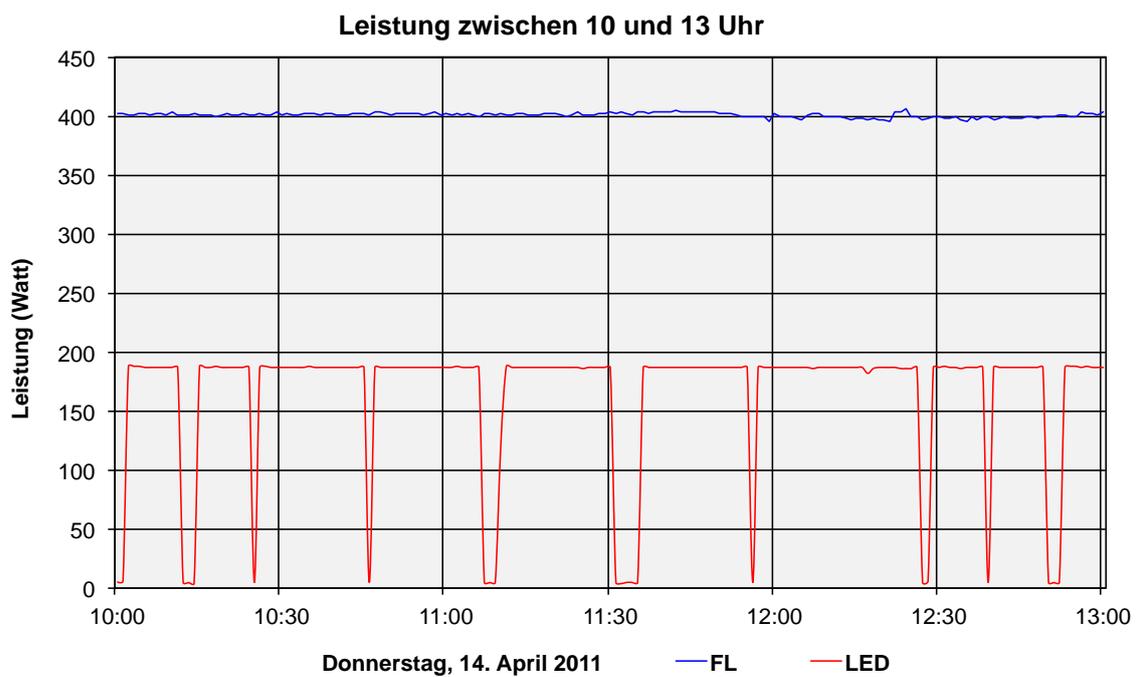


Abbildung 11: Leistung zwischen 10 und 13 Uhr an einem typischen Werktag in der 1. Messperiode

### 4.3 Messperiode 2: 22.4. bis 27.5.2011

#### Ausschaltverzögerung

- Leuchtstofflampen: 10 Minuten
- LED-Leuchten: 5 Minuten

Datum	FL-Leuchten			LED-Leuchten		
	Stunden	on-off	Energie	Stunden	on-off	Energie
21.04.11	11.1 h	2	4.7 kWh	6.0 h	27	1.1 kWh
22.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
23.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
24.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
25.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
26.04.11	13.2 h	2	5.5 kWh	10.4 h	23	2.0 kWh
27.04.11	12.5 h	3	5.3 kWh	9.3 h	32	1.8 kWh
28.04.11	12.7 h	3	5.3 kWh	9.8 h	30	1.9 kWh
29.04.11	12.2 h	4	5.1 kWh	9.1 h	39	1.7 kWh
30.04.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	1	0.2 kWh
01.05.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
02.05.11	12.6 h	4	5.3 kWh	9.5 h	28	1.8 kWh
03.05.11	13.7 h	3	5.8 kWh	10.2 h	25	1.9 kWh
04.05.11	13.2 h	2	5.6 kWh	9.0 h	28	1.7 kWh
05.05.11	13.5 h	2	5.7 kWh	9.9 h	25	1.9 kWh
06.05.11	13.0 h	6	5.5 kWh	10.2 h	35	1.9 kWh
07.05.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
08.05.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
09.05.11	12.5 h	5	5.3 kWh	9.2 h	31	1.7 kWh
10.05.11	13.1 h	2	5.5 kWh	9.7 h	24	1.8 kWh
11.05.11	11.6 h	2	4.9 kWh	10.0 h	29	1.9 kWh
12.05.11	11.9 h	5	5.0 kWh	9.5 h	30	1.8 kWh
13.05.11	12.3 h	4	5.2 kWh	8.9 h	30	1.7 kWh
14.05.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
15.05.11	0.0 h	0	0.0 kWh	1.5 h	7	0.3 kWh
16.05.11	12.4 h	5	5.2 kWh	9.5 h	29	1.8 kWh
17.05.11	13.4 h	3	5.7 kWh	9.8 h	25	1.8 kWh
18.05.11	12.9 h	5	5.4 kWh	9.2 h	29	1.7 kWh
19.05.11	12.7 h	3	5.3 kWh	10.1 h	17	1.9 kWh
20.05.11	12.6 h	2	5.3 kWh	10.0 h	34	1.9 kWh
21.05.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
22.05.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
23.05.11	12.8 h	3	5.4 kWh	10.2 h	21	1.9 kWh
24.05.11	13.8 h	4	5.8 kWh	9.8 h	22	1.9 kWh
25.05.11	12.2 h	2	5.1 kWh	9.3 h	17	1.8 kWh
26.05.11	12.5 h	3	5.3 kWh	9.5 h	24	1.8 kWh
27.05.11	12.4 h	5	5.2 kWh	7.6 h	75	1.4 kWh
<b>Mittelwert *</b>	<b>12.8 h</b>	<b>3.4</b>	<b>5.4 kWh</b>	<b>9.7 h</b>	<b>29.3</b>	<b>1.8 kWh</b>
<b>Einsparung</b>				<b>-24%</b>		<b>-66%</b>

\*) Mittelwert ohne arbeitsfreie Tage

In der 2. Messperiode lagen die Betriebsstunden der LED-Beleuchtung um 24% (3.1 h/d) tiefer als diejenigen der konventionellen Beleuchtung. Der Energieverbrauch war bei LED um 66% tiefer. Die Verkürzung der Ausschaltverzögerung von 10 auf 5 Minuten bringt also praktisch keinen Beitrag zur Energieeinsparung. Die LED-Beleuchtung schaltete im Durchschnitt 30-mal pro Tag, die FL-Leuchten 3.4-mal.

**Ausgewählter Werktag in der 2. Messperiode**

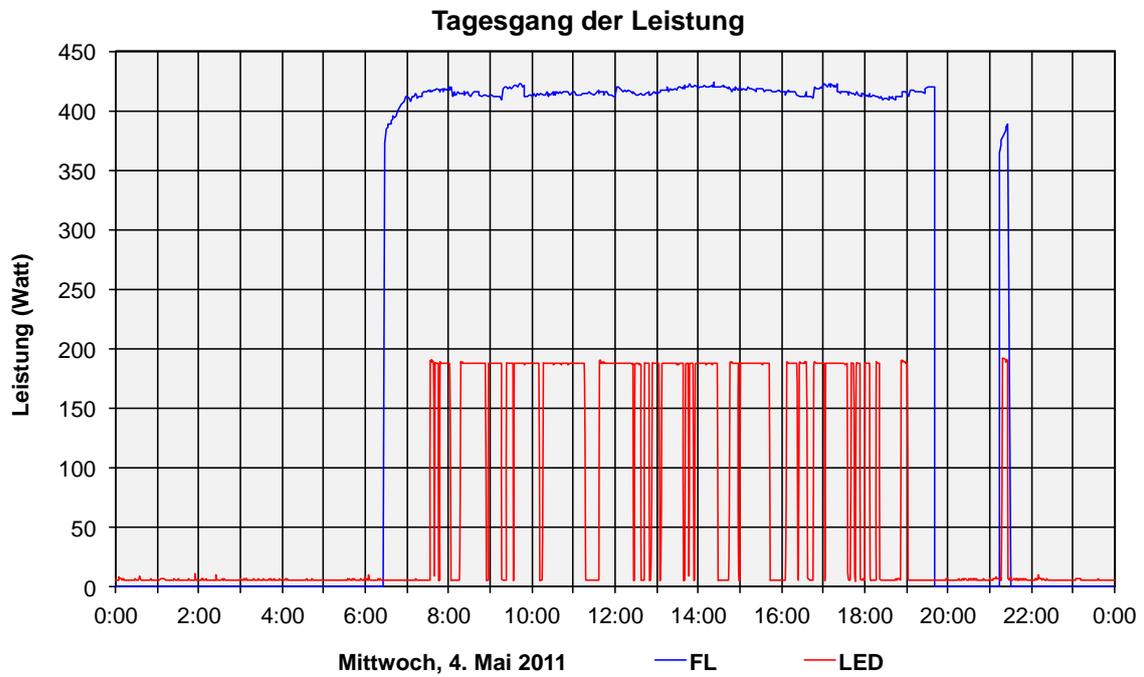


Abbildung 12: Tagesgang der Leistung an einem typischen Werktag in der 2. Messperiode

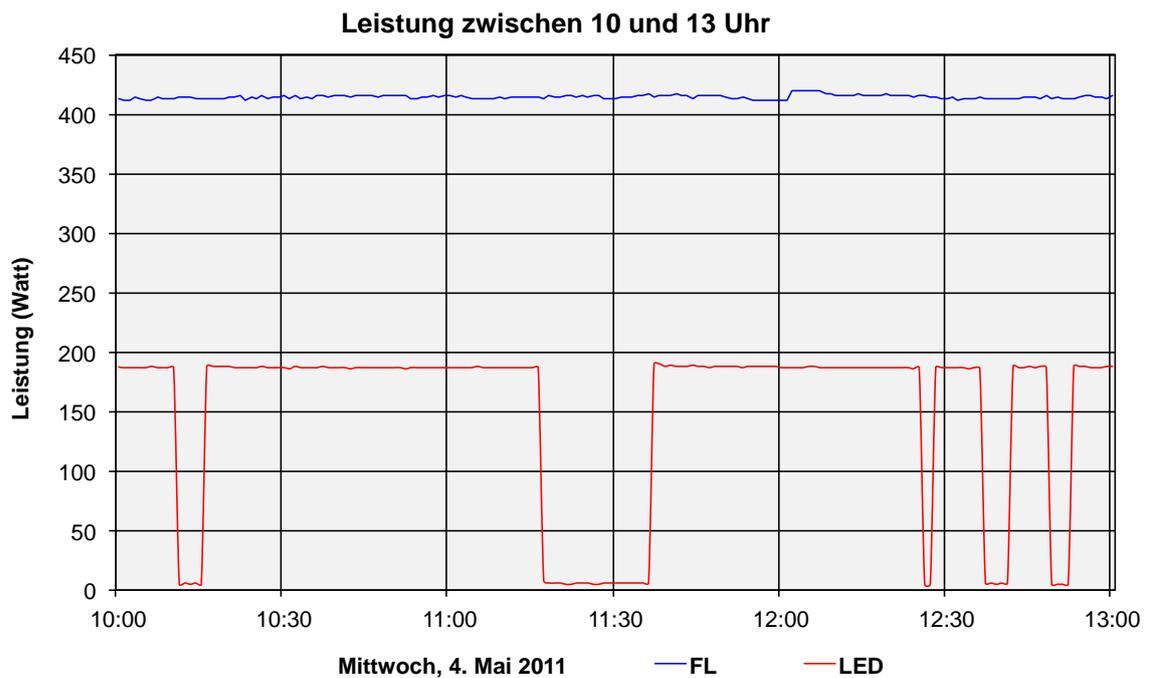


Abbildung 13: Leistung zwischen 10 und 13 Uhr an einem typischen Werktag in der 2. Messperiode

#### 4.4 Messperiode 3: 28.5. bis 26.6.2011

##### **Ausschaltverzögerung**

- Leuchtstofflampen: 10 Minuten
- LED-Leuchten: 1 Minuten

Datum	FL-Leuchten			LED-Leuchten		
	Stunden	on-off	Energie	Stunden	on-off	Energie
28.05.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
29.05.11	1.0 h	2	0.4 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
30.05.11	13.2 h	2	5.5 kWh	5.7 h	108	1.1 kWh
31.05.11	13.5 h	5	5.7 kWh	6.8 h	112	1.3 kWh
01.06.11	11.3 h	4	4.8 kWh	4.3 h	85	0.8 kWh
02.06.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
03.06.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
04.06.11	0.3 h	1	0.1 kWh	0.8 h	1	0.2 kWh
05.06.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
06.06.11	13.4 h	3	5.6 kWh	6.2 h	104	1.2 kWh
07.06.11	13.9 h	5	5.9 kWh	6.2 h	112	1.2 kWh
08.06.11	13.4 h	4	5.6 kWh	6.0 h	110	1.1 kWh
09.06.11	13.8 h	3	5.8 kWh	5.6 h	106	1.1 kWh
10.06.11	12.8 h	3	5.4 kWh	4.7 h	97	0.9 kWh
11.06.11	0.2 h	1	0.1 kWh	0.8 h	1	0.2 kWh
12.06.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
13.06.11	1.5 h	4	0.7 kWh	0.8 h	0	0.2 kWh
14.06.11	13.1 h	3	5.5 kWh	6.7 h	93	1.3 kWh
15.06.11	14.2 h	5	6.0 kWh	5.4 h	110	1.0 kWh
16.06.11	12.9 h	6	5.4 kWh	5.7 h	105	1.1 kWh
17.06.11	13.2 h	6	5.6 kWh	4.9 h	97	0.9 kWh
18.06.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.9 h	4	0.2 kWh
19.06.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
20.06.11	13.1 h	4	5.5 kWh	5.5 h	101	1.0 kWh
21.06.11	13.4 h	3	5.7 kWh	6.0 h	108	1.1 kWh
22.06.11	12.5 h	4	5.3 kWh	5.8 h	113	1.1 kWh
23.06.11	12.7 h	4	5.3 kWh	5.1 h	107	1.0 kWh
24.06.11	14.1 h	4	5.9 kWh	4.8 h	103	0.9 kWh
25.06.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
26.06.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.8 h	0	0.1 kWh
27.06.11	3.9 h	3	1.6 kWh	1.6 h	31	0.3 kWh
<b>Mittelwert *</b>	<b>13.2 h</b>	<b>3.9</b>	<b>5.6 kWh</b>	<b>5.7 h</b>	<b>100.1</b>	<b>1.1 kWh</b>
<b>Einsparung</b>				<b>-57%</b>		<b>-81%</b>

\*) Mittelwert ohne arbeitsfreie Tage

In der 3. Messperiode lagen die Betriebsstunden der LED-Beleuchtung um 57% (7.5 h/d) tiefer als diejenigen der konventionellen FL-Beleuchtung. Der Energieverbrauch war bei LED um 81% tiefer. Die Verkürzung der Ausschaltverzögerung von 10 auf 1 Minute bringt also einen erheblichen Beitrag zur Energieeinsparung. Die LED-Beleuchtung schaltete im Durchschnitt 100-mal pro Tag, die FL-Leuchten 4-mal.

**Ausgewählter Werktag in der 3. Messperiode**

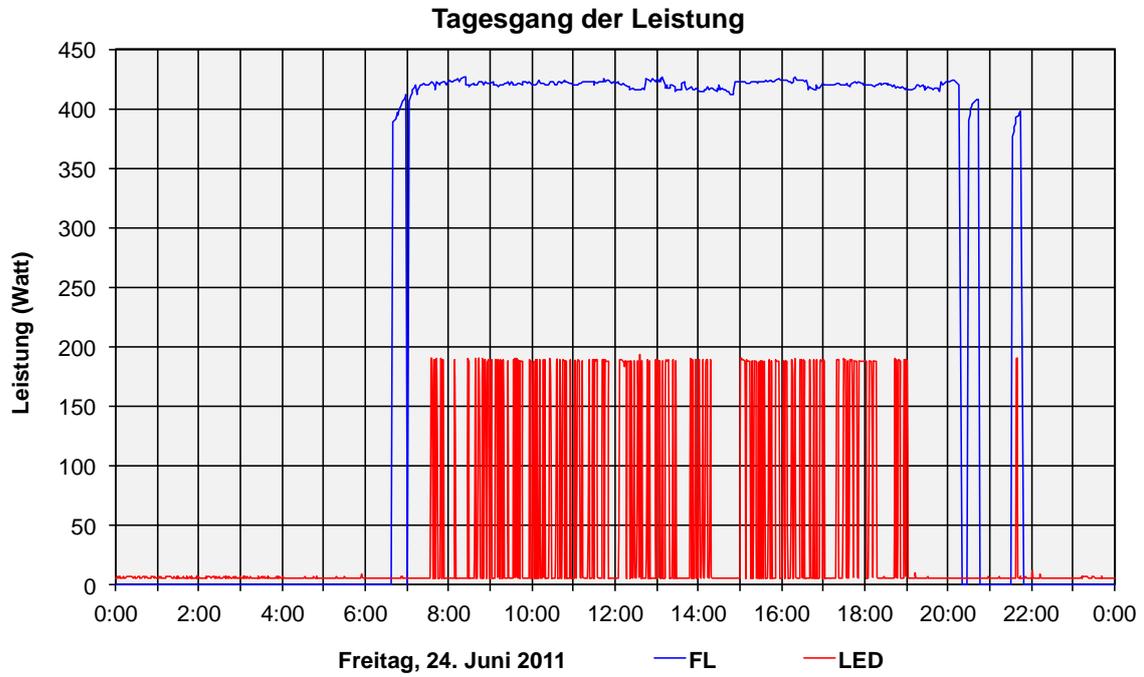


Abbildung 14: Tagesgang der Leistung an einem typischen Werktag in der 3. Messperiode

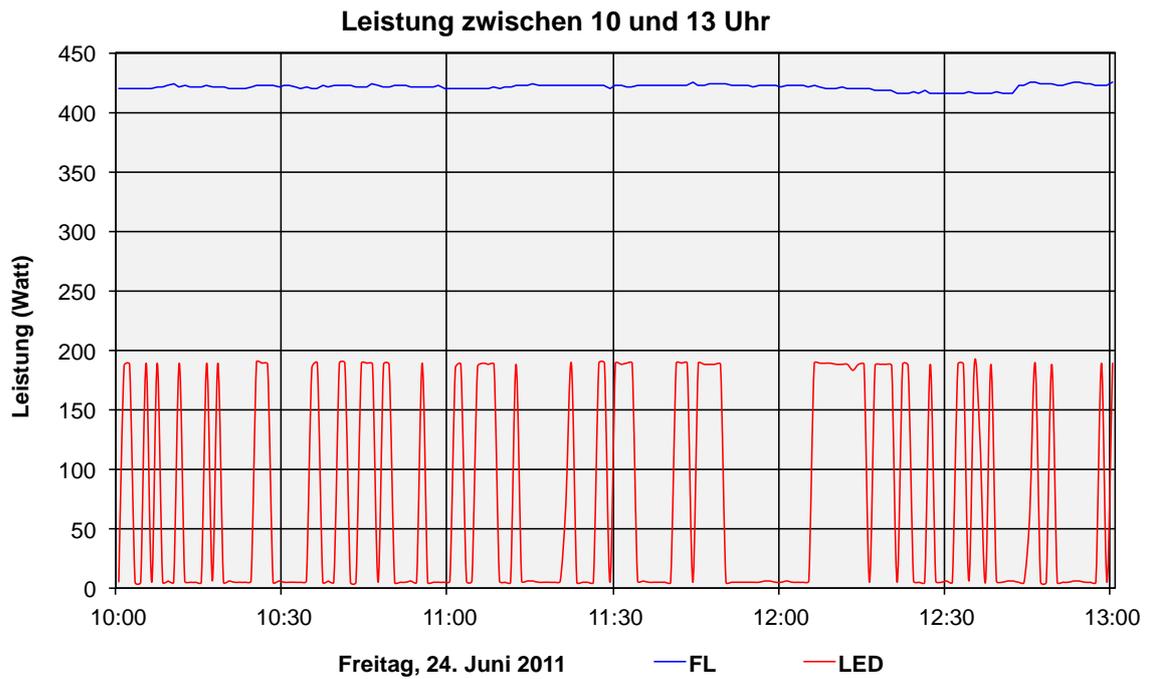


Abbildung 15: Leistung zwischen 10 und 13 Uhr an einem typischen Werktag in der 3. Messperiode

#### 4.5 Messperiode 4: 18.7. bis 3.8.2011

##### **Ausschaltverzögerung**

- Leuchtstofflampen: 10 Minuten
- LED-Leuchten: 1 Minute, 15% Restlicht im Auszustand während des Tages

Datum	FL-Leuchten			LED-Leuchten		
	Stunden	on-off	Energie	Stunden	on-off	Energie
18.07.11	12.5 h	6	5.3 kWh	6.0 h	113	1.1 kWh
19.07.11	12.9 h	4	5.4 kWh	8.0 h	105	1.5 kWh
20.07.11	12.8 h	6	5.4 kWh	6.6 h	103	1.2 kWh
21.07.11	12.6 h	4	5.3 kWh	6.3 h	104	1.2 kWh
22.07.11	12.7 h	5	5.3 kWh	5.7 h	91	1.1 kWh
23.07.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.7 h	0	0.1 kWh
24.07.11	0.2 h	1	0.1 kWh	0.6 h	0	0.1 kWh
25.07.11	13.0 h	4	5.5 kWh	5.8 h	107	1.1 kWh
26.07.11	12.3 h	3	5.2 kWh	7.0 h	106	1.3 kWh
27.07.11	12.9 h	4	5.4 kWh	5.7 h	88	1.1 kWh
28.07.11	12.5 h	3	5.3 kWh	6.4 h	98	1.2 kWh
29.07.11	14.6 h	6	6.2 kWh	6.0 h	98	1.1 kWh
30.07.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.7 h	0	0.1 kWh
31.07.11	0.0 h	0	0.0 kWh	0.7 h	0	0.1 kWh
01.08.11	1.4 h	4	0.6 kWh	3.2 h	0	0.6 kWh
02.08.11	12.0 h	3	5.0 kWh	7.2 h	111	1.4 kWh
03.08.11	12.2 h	3	5.2 kWh	5.5 h	94	1.0 kWh
<b>Mittelwert *</b>	<b>12.8 h</b>	<b>4.3</b>	<b>5.4 kWh</b>	<b>6.5 h</b>	<b>101.5</b>	<b>1.2 kWh</b>
<b>Einsparung</b>				<b>-49%</b>		<b>-77%</b>

\*) Mittelwert ohne arbeitsfreie Tage

Die 4. Messperiode entspricht der dritten, ausser dass die LED-Leuchten während des Tages nicht vollständig abgestellt, sondern auf ca. 15% Restlicht herunter gedimmt wurden. Dadurch wird der Beleuchtungskomfort erhöht, aber die Energieeinsparung gemindert. Statt 81% Einsparung wurden so „nur noch“ 77% erreicht; die Einsparung bei den Volllaststunden betrug während der 4. Messperiode noch 5.7 Stunden – statt 7.5 Stunden bei vollständigem Abschalten. Die LED-Beleuchtung schaltete im Durchschnitt 100-mal pro Tag, die FL-Leuchten 4.3-mal.

### Ausgewählter Werktag in der 4. Messperiode

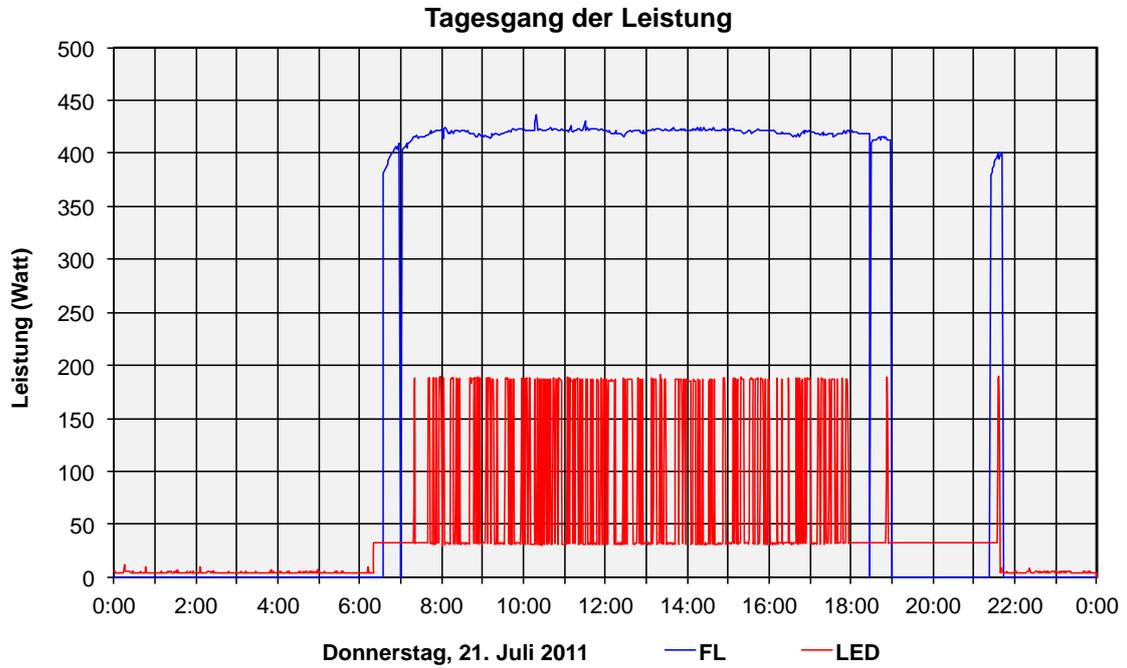


Abbildung 16: Tagesgang der Leistung an einem typischen Werktag in der 4. Messperiode

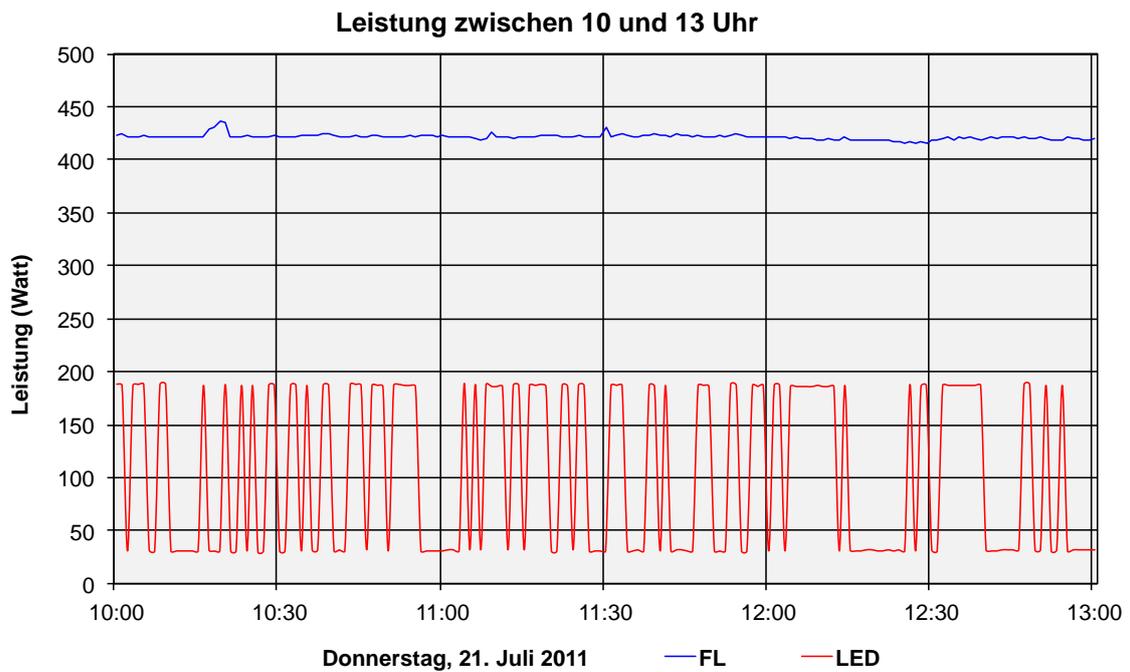


Abbildung 17: Leistung zwischen 10 und 13 Uhr an einem typischen Werktag in der 4. Messperiode

# 5 Jahresbilanz

## 5.1 Korridorbeleuchtung

Rechnet man die energieoptimale LED-Beleuchtung (1-Minuten-Vezögerung, kein Restlicht) auf den Ganzjahresbetrieb hoch, ergeben sich folgende Vergleichszahlen.

	LED-Lampen	Kompaktleuchtstofflampen
max. Betriebsleistung	187 W	420 W
Betriebsstunden	1'463 h/a	3'343 h/a
Energieverbrauch	274 kWh/a	1404 kWh/a
Energiekennzahl	3.8 kWh/m <sup>2</sup> = 0.60 Fr./m <sup>2</sup> a	19.5 kWh/m <sup>2</sup> = 3.10 Fr./m <sup>2</sup> a
Grenzwert SIA 380/4	19.0 kWh/m <sup>2</sup>	
Zielwert SIA 380/4	7.5 kWh/m <sup>2</sup>	
Anforderung Minergie	10.5 kWh/m <sup>2</sup>	

Es ergibt sich eine jährliche Stromeinsparung von 15.7 kWh/m<sup>2</sup> oder CHF 2.50/m<sup>2</sup>, das entspricht CHF 6.- pro Jahr und Laufmeter Korridor. Da LED-Leuchten während der gesamten Nutzungszeit (15 Jahre) keine Ersatzlampen benötigen, mindern sich auch die Unterhaltskosten – erfahrungsgemäss um etwa den gleichen Betrag wie die Energiekosteneinsparung.

Bei einer angenommenen Mehrinvestition von CHF 100.- pro Laufmeter LED-Licht im Korridor ergibt sich also eine Amortisationszeit der LED-Beleuchtung von gut 8 Jahren.

## 5.2 Beleuchtung Liftvorplatz

Parallel zur Korridorbeleuchtung wurden im 7. OG auch die Downlighter mit Kompaktleuchtstofflampen durch LED-Varianten ausgetauscht. Die über Bewegungsmelder geregelten Lampen wurden auf der bisherigen Verzögerungszeit von 10 Minuten belassen. Der Vergleich des Liftvorplatzes mit LED-Beleuchtung zur herkömmlichen Beleuchtung ergibt über die gesamte Messzeit eine Stromeinsparung von 66%. Wie die Tabelle zeigt, sinkt die Energiekennzahl für die Beleuchtung des Liftvorplatzes von 21.6 kWh/m<sup>2</sup> (höher als der SIA Grenzwert) auf 9.6 kWh/m<sup>2</sup>, was dem SIA Zielwert entspricht.

	LED-Lampen	Kompaktleuchtstofflampen
max. Betriebsleistung	56 W	125 W
Betriebsstunden	2'765 h/a	2'765 h/a
Energieverbrauch	155 kWh/a	346 kWh/a
Energiekennzahl	9.6 kWh/m <sup>2</sup> = 1.55 Fr./m <sup>2</sup> a	21.6 kWh/m <sup>2</sup> = 3.50 Fr./m <sup>2</sup> a
Grenzwert SIA 380/4	19.0 kWh/m <sup>2</sup>	
Zielwert SIA 380/4	7.5 kWh/m <sup>2</sup>	
Minergie	10.5 kWh/m <sup>2</sup>	

Die LED-Downlighter bringen im 16 m<sup>2</sup> grossen Liftvorplatz eine jährliche Stromkosteneinsparung von CHF 5.20 pro Leuchte. Unter Berücksichtigung der wegfallenden Unterhaltskosten amortisiert sich ein LED-Downlighter, der CHF 50.- teurer ist als ein herkömmlicher, in rund 5 Jahren.