

# Beleuchtungssanierung in sieben Schulen und zwei Sporthallen

Untersucht wurden die Beleuchtungsanlagen von sieben Schulen mit insgesamt 32.000 m<sup>2</sup> und zwei Turnhallen mit rund 3.000 m<sup>2</sup> beleuchteter Fläche.

## 1. Schulen

### 1.1 Ist-Zustand

Die Beleuchtungsanlagen in den Schulen wurden früher eher nach innenarchitektonischen Gesichtspunkten, wie z.B. Orientierung am Deckenraster, und nicht nach den räumlichen Erfordernissen der jeweiligen Sehaufgabe gestaltet worden.

In der Regel wurden 2-flammige Leuchten mit 2 x 58W mit konventionellem Vorschaltgerät eingesetzt.



Bild 1: Typische Beleuchtungsanordnung Klasse alt mit über 25 W/m<sup>2</sup>

Der Kennwert für die installierte Leistung beträgt daher – bis auf einige Nebenräume - fast durchgängig über 20 W/m<sup>2</sup> in den Klassenräumen und liegt weit über den Vorgaben nach dem Leitfaden für elektrische Energie (LEE).



Bild 2: Typische Beleuchtungsanordnung in den Fluren

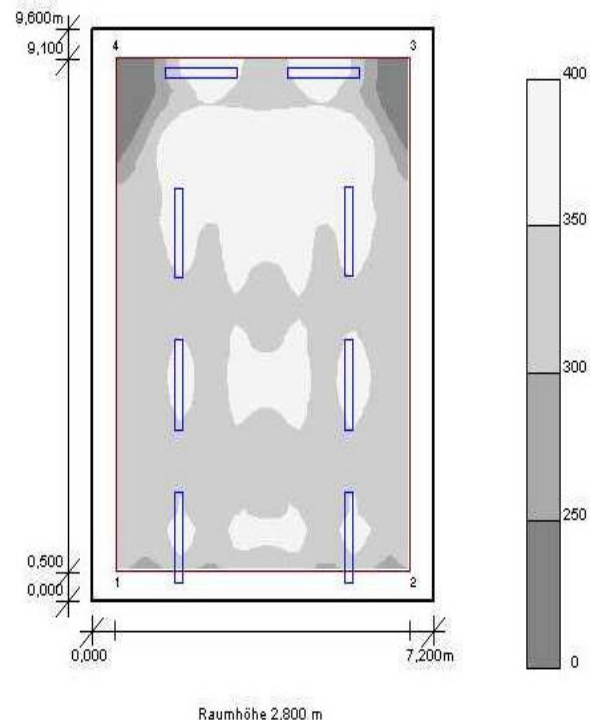
### 1.2 Konzept

Für die unterschiedlichen Raumtypen wurde eine neue Beleuchtungsanordnung mit neuen Spiegelrasterleuchten mit T16 (T5) –Standard mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG) konzipiert.

Die Räume wurden in Raumgruppen ähnlicher Nutzung (Klassen, Flure, Büros, Nebenräume) zusammengefasst.

Für die Sehaufgabe wurden die Beleuchtungsstärken gemäß Tabelle 1 festgelegt. Dabei wurde eine Randzone von 0,5 m toleriert.

Die Auslegung erfolgte nach Leitfaden (LEE) und Dialux 4 (Dial GmbH).



\*)... Nutzenebene vermindert um 0,500 m Randzone

Bild 3: Beleuchtungsverteilung typischer Klassenraum

Die typischen Klassenräume sind zwischen 50 und 70 m<sup>2</sup> groß.

Die Verwendung von Leuchten mit einem Wirkungsgrad von mindestens 85% und einem Lichtstrom von 5.400 Lumen (mit EVG) führt in der Einzelberechnung zu einem Bedarf von 7-10 Leuchten mit 1 x 49 W oder 1 x 35 W. Diese wurden auf Tafel- und Raumleuchten aufgeteilt.

Es ergab sich eine Beleuchtungsanordnung mit jeweils 2 Tafelleuchten und 2 Reihen mit jeweils 3 oder 4 Leuchten 1 x 49 W oder 1 x 35 W. Damit lassen sich installierte Leistungen zwischen 5 und 7 W/m<sup>2</sup> realisieren.

Bild 4 zeigt eine typische Tafelbeleuchtung und typische Tischbeleuchtung.



Bild 4: Klassen nach der Sanierung

Insgesamt kann so die installierte Leistung über alle Nutzungszonen auf weniger als 6 W/m<sup>2</sup> als Mittelwert über alle Räume und Nutzungszonen (zwischen 100 – 300 Lux) gesenkt werden, obwohl ein Teil der Beleuchtung erhalten wird, weil ein Austausch wegen der Substanz oder eingeschränkter Nutzungszeiten noch nicht angesagt ist.

Über alle sieben Schulen ist es gelungen, die installierte Leistung für die Beleuchtung von 465 auf 190 kW zu senken. Der Verbrauch sinkt von 11,8 kWh/m<sup>2</sup>a auf 4,6 kWh/m<sup>2</sup>a. Gleichzeitig wird der Richtwert für Beleuchtungsausstattung nach LEE erreicht.

| Nutzung              | Lux |
|----------------------|-----|
| Schulraum            | 300 |
| Büro                 | 300 |
| Verkehrsflächen      | 100 |
| Sporthalle Übung     | 200 |
| Sporthalle Wettkampf | 400 |

Tabelle 1: Beleuchtungsstärken für die Nutzungszonen nach LEE

Die Anzahl der Leuchten verringert sich von 3.800 auf 3.100, davon sind 2.600 erneuert.

### 1.3 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde nach der Methodik der Gesamtkostenrechnung entsprechend den Leitlinien der Stadt Frankfurt durchgeführt.

Die Investitionskosten betragen 336.884 €. Durch die Umrüstung sinkt der jährliche Verbrauch von 380.000 kWh auf 150.000 kWh.

Bei einem Kapitalzins von 3 %/a, Energiepreissteigerungen von 5 %/a bei einem Basispreis von 15 ct/kWh für (HT und NT) und einem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren ist die Umrüstung wirtschaftlich erfolgreich, die Amortisationszeit beträgt etwas weniger als 5 Jahre.

Gemäß den Richtlinien der Stadt Frankfurt sind für die CO<sub>2</sub>-Emissionen 50 €/t als Umweltfolgekosten angesetzt. Das Diagramm 1 zeigt die Gesamtkostenverteilung. Es wird eine deutliche Verringerung der Gesamtkosten erreicht.

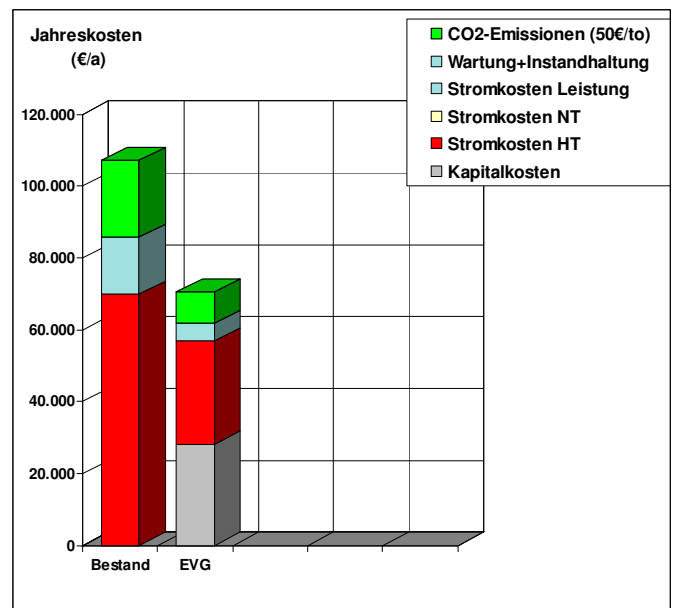


Diagramm 1: Gesamtkostenberechnung

## 2. Turnhallen

### 2.1. Ist-Zustand

In der Regel wurden hier in der Vergangenheit 3- bis 6-flammige Leuchten mit 58 W oder 36 W mit konventionellem Vorschaltgerät eingesetzt.

Der Kennwert für die installierte Leistung betrug daher – bis auf einige Nebenräume - fast durchgängig über 30 W/m<sup>2</sup>.

Bild 5 zeigt eine typische Anordnung der Sporthalle der Wilhelm-Merton-Schule im Bestand.



Bild 5: Turnhalle Wilhelm-Merton-Schule im Bestand

### 2.2. Konzept

Für die unterschiedlichen Raumtypen wurde eine neue Beleuchtungsanordnung mit ballwurfsicheren Rasterleuchten mit T26 (T8) –Standard mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG) konzipiert.

Für die Sehaufgabe wurden die Beleuchtungsstärken gemäß Tabelle 1 festgelegt. Dabei wurde noch eine Randzone von 1 m toleriert.



Bild 7: nach der Sanierung Wilhelm-Merton-Schule

Die installierte Leistung konnte von 95 kW auf 25 kW verringert werden.

Die installierte Leistung verringert sich von 32,6 auf 8,8 W/m<sup>2</sup>. Damit sinkt der Verbrauch von rund 190.000 kWh/a auf rund 50.000 kWh/a.

Die Anzahl der Leuchten verringert sich von 312 auf 249. Die durchschnittliche Wattage sinkt von 307 W auf 104 W/Leuchte.

### 2.3 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde ebenfalls nach der Methodik der Gesamtkostenrechnung nach den Leitlinien der Stadt Frankfurt durchgeführt.

Die Investitionskosten betragen 60.363 €. Durch die Umrüstung sinkt der jährliche Verbrauch von 190.000 kWh auf 52.000 kWh.

Bei einem Kapitalzins von 3 % per a, Energiepreissteigerungen von 5 % per a bei einem Basispreis von 15 ct/kWh für (HT und NT) und einem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren ist die Umrüstung wirtschaftlich erfolgreich. Die Amortisationszeit liegt bei 3,2 Jahren.

Gemäß den Richtlinien der Stadt Frankfurt sind für die CO<sub>2</sub>-Emissionen 50 €/t als Umweltfolgekosten angesetzt. Das Diagramm 2 zeigt die Gesamtkostenverteilung. Auch hier wird eine deutliche Verringerung der Gesamtkosten erreicht.

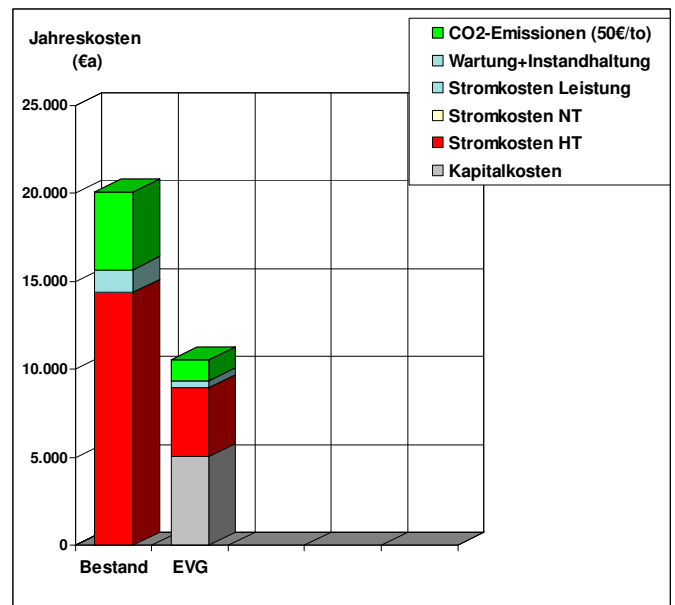


Diagramm 2: Jahreskosten von zwei Sporthallen

### 3. Sonstige Maßnahmen

#### 3.1 Präsenzmelder

Da die Nutzerfrequenz der Treppen- und Toilettenanlagen stark schwankt, ist ein bedarfsorientiertes Beleuchtungskonzept sinnvoll. Um die Beleuchtung nur während der tatsächlichen Benutzung zu gebrauchen, wurden teilweise Präsenzmelder eingebaut. Dadurch lassen sich die Betriebszeiten auf weniger als 500 Betriebsstunden vermindern.

Bei den Bewegungsmeldern wurde eine akustische Variante vorgesehen, da es sich um verschachtelte Räume handelt, die eine 100 %ige Infrarotfassung schwierig gestalten. Hier bietet die opto-akustische Variante zusätzliche Sicherheit für die Nutzer.

#### 3.2 Fluchtwegbeleuchtung

In einigen Schulen waren die Not- und Fluchtwegleuchten teilweise defekt oder mit veralteten Piktogrammen versehen. Die Leuchten waren - wahrscheinlich durch minderwertige Vorschaltgeräte - geräuschintensiv. Den Zustand zeigt Bild 7. Diese wurden durch LED-beleuchtete Piktogramme ersetzt (Bild 8). Damit wird nur rund ein Zehntel des Stroms verbraucht.



Bild 7: Fluchtwegbeleuchtung alt



Bild 8: Fluchtwegbeleuchtung neu

Mit verschiedenen weiteren Maßnahmen (z.B. Ersatz der Außenbeleuchtung und Panikbeleuchtung im Außenbereich) wurde die bestehende Situation verbessert. Diese Maßnahmen sind zwar nicht wirtschaftlich, verbessern aber die Sicherheit.

### 4. Ergebnis

Die Gesamtmaßnahme in den sieben Schulen und zwei Sporthallen erforderte im Jahr 2005 und 2006 Investitionskosten von rund 398.000.- € incl. aller Neben- und Planungskosten.

An Strom werden jährlich rund 370.000 kWh gespart und der spezifische Verbrauch sank von 16 auf 5,7 kWh/m<sup>2</sup>a,

Die installierte Leistung sank von 16,2 auf 6,2 W/m<sup>2</sup>, bzw. absolut von 561 auf 217 kW.

Die Anzahl der Leuchten wurde von 4.000 auf 3.300 Stück reduziert, damit sank die Wattage von durchschnittlich 135 W auf 64 W/Leuchte.

Zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung 2004 lagen die durchschnittlichen Stromkosten noch bei 15 ct/kWh.

Im Januar 2007 rechnete das Hochbauamt mit 18 ct/kWh und 5% Preissteigerungsrate. Durch günstige Kommunalkredite waren Zinssätze bis 3 % möglich und die Preissteigerung bei 5%.

Damit rechnen sich die Maßnahmen bei Vollkostenbetrachtung noch schneller.

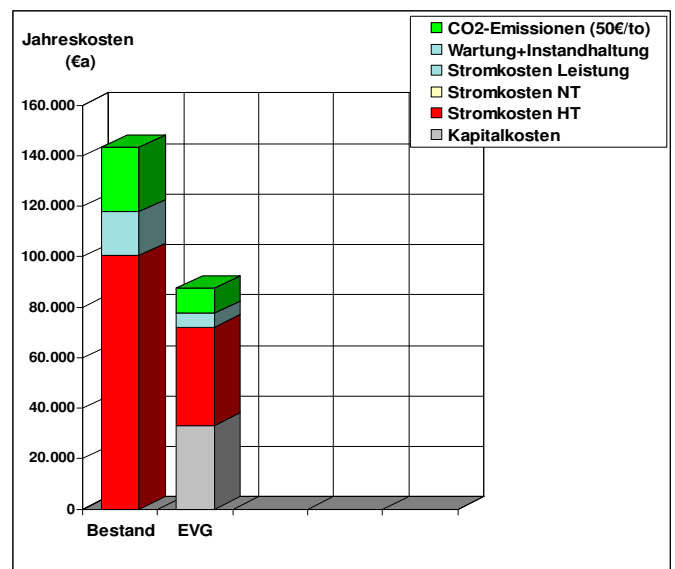


Diagramm 3: Alle Maßnahmen unter Bedingungen Anfang 2007

Die Unterlagen zu den Einzelmaßnahmen können Sie bei der Abteilung Energiemanagement 65.25.31 bekommen.

[www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement](http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement)