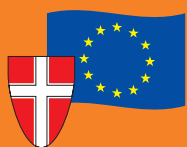




# Technologieleitfaden

## Beleuchtung



Magistratsabteilung 27  
EU-Strategie und  
Wirtschaftsentwicklung

StadT  Wien  
*Wien ist anders.*

# Technologieleitfaden Beleuchtung

## ABKÜRZUNGEN

KAV	Wiener Krankenanstaltenverbund
KLIP	Klimaschutzprogramm der Stadt Wien
LBS	Lampenbezeichnungssystem von ZVEI
MA	Magistratsabteilung, Abteilungen der Stadtverwaltung Wien
PUMA	Programm Umweltmanagement im Magistrat der Stadt Wien
VFA	Versuchs- und Forschungsanstalt
WBSF	Wiener Boden- und Stadterneuerungsfonds
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (Deutschland)

## TECHNISCHE ABKÜRZUNGEN

CDM-Lampen	Halogen-Metall dampflampe
EK	Energieeffizienzklasse
EVG	elektronisches Vorschaltgerät
HL-D Standart	Standard T8-Leuchtstofflampe
HPL-N	Standard Quecksilberdampflampe
[HME]	Quecksilberdampflampe laut ZVEI (standardisierte Nomenklatur für Leuchtmittel, LBS)
HQL	Hochdruck-Quecksilberdampflampe
KVG	konventionelles Vorschaltgerät
MHN-TD	Quarz-Metall-Halogendampflampe
[HIT]	Halogen-Metall dampflampe laut ZVEI (standardisierte Nomenklatur für Leuchtmittel, LBS)
NV-Halogen	Niedervolt Halogenlampen
PL-S	UV-C Kompaktleuchtstofflampe
PLC Lampe	Videoprojektorlampe
SON	Standard Hochdruck-Natriumdampflampe
[HST]	Hochdruck-Natriumdampflampen tubulär laut ZVEI (standardisierte Nomenklatur für Leuchtmittel, LBS)
VG	Vorschaltgerät

## IMPRESSUM

### Eigentümer, Herausgeber:

MA 27, EU-Strategie und Wirtschaftsentwicklung  
Energie und SEP-Koordinierungsstelle  
Schlesingerplatz 2  
1082 Wien  
E-Mail: [post@meu.magwien.gv.at](mailto:post@meu.magwien.gv.at)  
[www.sep.wien.at](http://www.sep.wien.at)

### Redaktion:

BLUEWATERS – Environmental Consultants, Mag. Doris Wirth

**Redaktionsschluss:** Juni 2007

**Copyright:** Magistratsabteilung 27, Stadt Wien

**Finanzierung:** Magistratsabteilung 27, Stadt Wien

**Autoren:** DI (FH) Gerhard Rucker, Christoph Weindl, Elisabeth Wirth,  
Mag. Doris Wirth

### Alle Autoren:

BLUEWATERS – Environmental Consultants,  
Mag. Doris Wirth, Amalienstraße 3, A-1130 Wien

### Layout/Design/sonstige Fotos:

camaa music + art, [www.camaamusic.com](http://www.camaamusic.com)

### Hersteller:

Friedrich VDV, gedruckt auf ökologischem Papier aus der  
Mustermappe von „ÖkoKauf Wien“

Verlags- und Herstellungsort: Wien

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ZIELE DER STADT WIEN</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>TECHNISCHE EINFÜHRUNG</b>	<b>4</b>
3.1	Grundlagen der Lichttechnik	4
3.1.1	Grundgrößen der Lichttechnik	4
3.1.2	Richtwerte zur Beleuchtung von Nutzflächen	6
3.2	Vorschaltgeräte	7
3.2.1	konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	7
3.2.2	verlustarme Vorschaltgerät (VVG)	8
3.2.3	elektronisches Vorschaltgerät (EVG)	8
3.3	Blindstrom	8
3.4	Energieeffizienzklassen	9
3.5	Lichtsteuerungssystem	10
<b>4</b>	<b>IST ZUSTAND</b>	<b>11</b>
4.1	Beleuchtungseinsatz in der Stadt Wien	11
4.2	Überblick Stadt Wien	12
<b>5</b>	<b>INNENRAUMBELEUCHTUNG</b>	<b>15</b>
5.1	Ausgangssituation	15
5.1.1	Beleuchtungsfunktionen	15
5.1.2	Leuchtmittel	16
5.1.3	Leuchten	19
5.2	Technologie- und Wirtschaftlichkeitsvergleich Lampen	20
5.3	Energieeffiziente Beleuchtungssysteme	22
<b>6</b>	<b>AUSSENBELEUCHTUNG</b>	<b>27</b>
6.1	Öffentliche Beleuchtung	27
6.1.1	Leuchtmittel	27
6.1.2	Leuchten	29
6.2	Anstrahlungen	30
6.2.1	Leuchtmittel	30
6.2.2	Leuchtsystem	31
6.3	Technologie- und Wirtschaftlichkeitsvergleich	31

<b>7</b>	<b>EMPFEHLUNGEN</b>	34
7.1	Allgemeine Empfehlungen	34
7.1.1	Lichtplanung	34
7.1.2	Adapter zu Leuchtstoffröhren	36
7.2	Empfehlungen für die privaten Haushalte und Gewerbe	37
<b>8</b>	<b>ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN</b>	40
<b>9</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	42
<b>10</b>	<b>ANHANG</b>	43
10.1	Quellenverzeichnis	43
10.2	Abbildungsverzeichnis	43
10.3	Tabellenverzeichnis	44



# 1

## EINLEITUNG

**Das Städtische Energieeffizienz-Programm, kurz SEP, soll den Energieverbrauchszuwachs nachhaltig reduzieren, ohne den Lebensstandard der Bürgerinnen und Bürger einzuschränken. Konkret geht es darum, den Endenergieverbrauchszuwachs bis 2015 von 12% auf 7% zu reduzieren.**

Die Maßnahmen des SEP wurden für die Sektoren Haushalte, Private Dienstleistungen, öffentliche Dienstleistungen, Industrie und produzierendes Gewerbe entwickelt. Der Verkehr wird nur gestreift, steht doch mit dem Masterplan Verkehr Wien 2003 der Stadt Wien ein umfangreiches Instrumentarium zur Verfügung.

Im SEP wurden über 100 gezielte Maßnahmen in verschiedensten Bereichen entwickelt, eine davon ist die „Steigerung der Marktdurchdringung und des Einsatzes energieeffizienter Geräte und Forcierung energieeffizienter Technologien für Umwälzpumpen, Aufzüge, Ventilatoren und Beleuchtungen“.

Diese Broschüre soll aufzeigen, welche Einsparpotenziale bei verschiedenen Beleuchtungs-Anwendungen existieren. Dazu soll im Vorfeld eine technische Einführung zum Thema Lichttechnik erfolgen, um die Zusammenhänge besser verstehen zu können. Anschließend wird die Situation in der Stadt Wien dargestellt. Im Hauptteil werden aktuelle technische Entwicklungen für verschiedene Anwendungen bei Innen- und Außenbeleuchtung beschrieben. Technologie- und Wirtschaftlichkeitsvergleiche sollen Anregungen geben, durch den vermehrten Einsatz der effizientesten Lichttechnik die Energiekosten zu senken und das Klima zu entlasten.





# 2

## ZIELE DER STADT WIEN

Im Rahmen des Städtischen Energieeffizienz Programms (SEP) hat das Thema Energieeffizienz in der Beleuchtung einen hohen Stellenwert.

Als öffentliches Dienstleistungsunternehmen spielt die Stadt Wien eine große Rolle. Um seiner Vorbildfunktion gerecht zu werden, hat sich das Magistrat Wien unter anderem das Ziel gesetzt, den Stromverbrauch für öffentliche Beleuchtung zu reduzieren.

Im Rahmen der Erstellung des vorliegenden Technologieleitfadens wurden Beleuchtungsanwendungen im gesamten Wiener Stadt- und Verwaltungsbe- reich untersucht.

Die Verwaltung hat hierbei bereits gute Fortschritte gemacht. Einerseits haben die bisherigen Umweltprogramme wie Ökokauf, PUMA und KLIP zu einer starken Sensibilisierung geführt, andererseits ist in den verantwortli- chen technischen Stellen bereits ein großes Wissen vorhanden, was zur Folge hat, dass im überall eingeschränkten wirtschaftlichen Korsett nach bester Möglichkeit Beleuchtungsenergie gespart wird.

Im privatwirtschaftlichen Bereich sieht es sehr differenziert aus. Große Unter- nehmen handeln aus Kostengründen energieeffizient, kleinen Betrieben und Einzelunternehmen mangelt es an Zugang zu Wissen und Kapital für Investi- tionen in neue Beleuchtung. Gleichermaßen zeigt sich das Bild im privaten Haushalt.

Der vorliegende Technologieleitfaden soll aktuelle Informationen zur Beleuch- tungstechnik bereitstellen.





# 3

## TECHNISCHE EINFÜHRUNG

### 3.1 Grundlagen der Lichttechnik

#### 3.1.1 Grundgrößen der Lichttechnik

##### Lichtstrom

Abbildung 3.1.1 – Lichtstrom



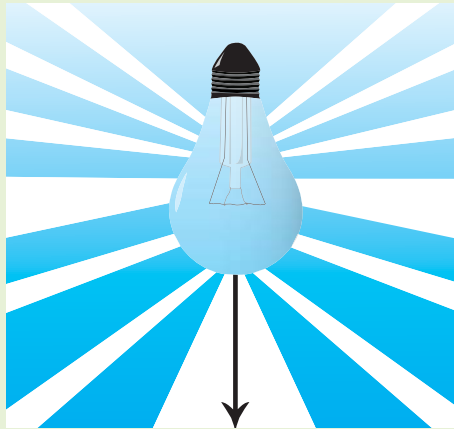
Quelle: Zumtobel

Die Maßeinheit des Lichtstroms ist *Lumen* [lm]. Dieser beschreibt die von einer Lichtquelle (Lampe) abgegebene Lichtmenge (Helligkeit). Wichtig dabei ist die Lichtausbeute, die das Verhältnis des Lichtstroms zur aufgenommenen elektrischen Leistung [lm/W] angibt. Sie ist ein Maß für die Wirtschaftlichkeit einer Lampe.

Lichtausbeute einiger Lichtquellen	lm/W
40 W Glühlampe	12
100 W Glühlampe	15
26 – 70 W Energiesparlampe	70 - 75
Leuchtstoffröhre, mit induktivem Vorschaltgerät	60 - 90
Leuchtstoffröhre, mit elektrischem Vorschaltgerät	80 - 110
Quecksilber-Xenon-Bogenlampe	50 - 55
Natriumhochdrucklampe	150
Natriumniederdrucklampe	200

## Lichtstärke

Abbildung 3.1.2 – Lichtstärke

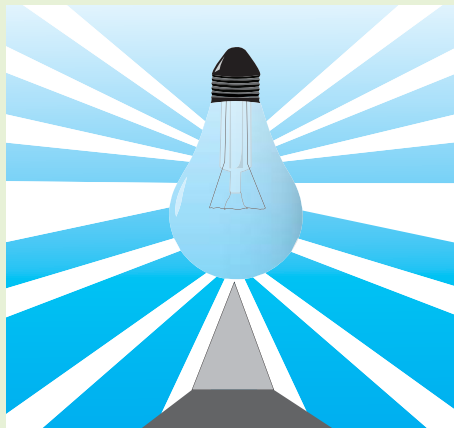


Quelle: Zumtobel

Die Lichtstärke beschreibt die Menge des Lichts, die in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird. Sie wird maßgeblich von lichtlenkenden Elementen wie z.B. Reflektoren bestimmt. Die Maßeinheit ist *Candela* [cd].

## Beleuchtungsstärke

Abbildung 3.1.3 – Beleuchtungsstärke



Quelle: Zumtobel

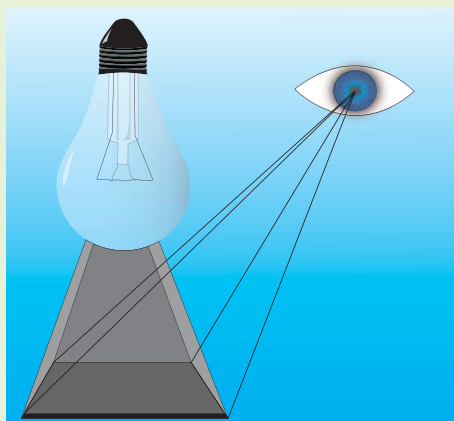
Die Beleuchtungsstärke beschreibt die Menge des Lichtstroms, die auf eine Fläche trifft. Die dazugehörige Maßeinheit ist *Lux* [lux].

$$lx = \frac{\text{Lichtstrom [lm]}}{\text{Fläche [m}^2\text{]}}$$

Dieser Wert ist bei Mindestbeleuchtungsstärken jeglicher Art maßgeblich und für den Innenbereich in der Normenreihe EN 12464, für den Sportstättenbereich in der EN 12193 sowie für Straßenbeleuchtungsanlagen in der Normenreihe EN 13201, Teil 1-4 geregelt. *Siehe auch 3.1.2*

## Leuchtdichte

Abbildung 3.1.4 – Leuchtdichte



Quelle: Zumtobel

Die Leuchtdichte ist jene lichttechnische Grundgröße, die vom Auge wahrgenommen wird. Sie bestimmt den Helligkeitseindruck einer Fläche und ist vom Reflektionsgrad (Farbe und Oberfläche) abhängig. Die Maßeinheit ist *Candela pro m²* [cd/m²]

### 3.1.2 Richtwerte zur Beleuchtung von Nutzflächen

#### Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$

Der Wartungswert ist jener Wert, unter den die Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe nicht sinken darf. Für Innenbeleuchtungsanlagen sind die Beleuchtungsstärken für bestimmte Sehaufgaben festgelegt und werden für jenen Bereich geplant, in dem diese auftreten können. Ist die genaue Lage der Sehaufgabe nicht bekannt, wird zur Bestimmung der ganze Raum oder ein festgelegter Arbeitsbereich herangezogen. Als Maß für die Beleuchtungsstärke wird die Einheit Lux verwendet.

Beispiele von Mindestbeleuchtungsstärken aus EN 12464-1, pr EN 12464-2, EN 12193 und EN 13201

Tabelle 3.1.1 – Mindestbeleuchtungsstärke

Art der Beleuchtungsfläche, der Aufgabe oder Tätigkeit	$\bar{E}_m$
Fußgängerüberwege „Zebrastrifen“	40 lx
Treppen, Rolltreppen	100 lx
Kantinen, Garderoben, Toiletten	200 lx
Sanitätsräume	500 lx
Räume für medizinische Betreuung	500 lx
Büro (Lesen, Schreiben, Datenverarbeitung)	500 lx
Büro (technisches Zeichnen)	750 lx
Archive	200 lx
Besprechungsräume	500 lx
Kindergärten	300 lx
Schulen	500 lx
Gesundheits Einrichtung (Untersuchungsräume)	1000 lx

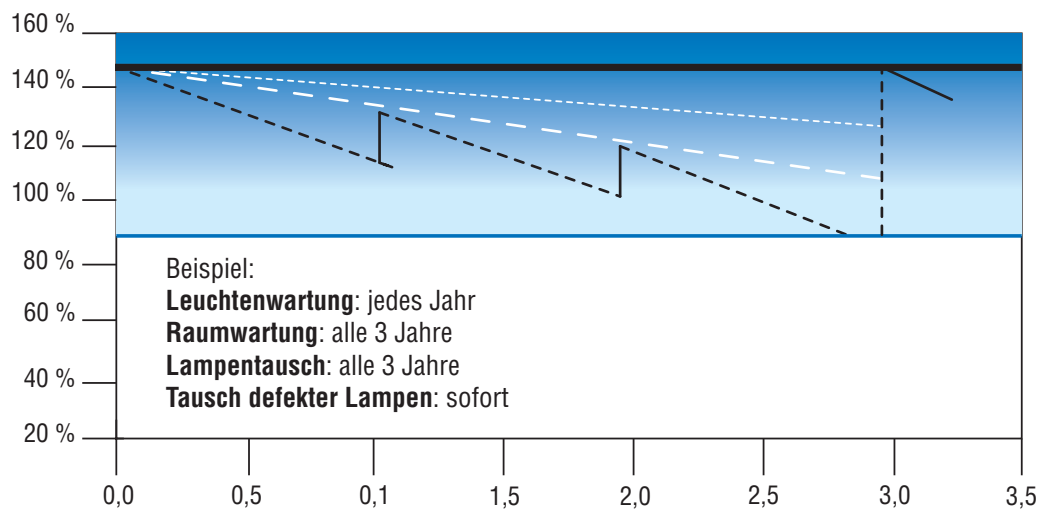
#### Wartungsfaktor:

Der Wartungsfaktor hängt vom Alterungsverhalten der Lampen, der Vorschaltgeräte, der Leuchte, der Umgebung und vom Wartungsprogramm/Intervall ab.

Dieser Wartungsfaktor ist notwendig, da die Beleuchtungsstärke und die Lichtdichte über die Betriebsdauer nicht konstant bleiben. Aufgrund von Alterung und Ausfall von Lampen, Verschmutzung der Lampen und Leuchten sowie auch Verschmutzung der Raumwände nimmt dieser Wert im Laufe der Betriebsdauer ab. Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke darf aber deswegen nicht unterschritten werden, somit müssen die Planungsbeleuchtungsstärkewerte und die Planungsleuchtdichte zu Beginn einen höheren Wert aufweisen (Neuwert).

In Abbildung 3.1.5 ist ein typischer Wartungsfall abgebildet: Der Neuwert der Leuchte liegt bei 150%, danach nimmt die Beleuchtungsstärke kontinuierlich, linear ab. Die jährliche Leuchtenwartung verbessert den Wert wieder um knapp 10%. Nach dem dritten Jahr erfolgt eine Raumwartung samt Leuchtentausch, da der Wartungswert schon erreicht wurde. Nun beginnt das Intervall von vorne.

Abbildung 3.1.5 – Wartungsfaktor



Quelle: Zumtobel

## 3.2 Vorschaltgeräte

Vorschaltgeräte (VG) sind Bauteile die für den Betrieb von Gasentladungslampen notwendig sind. Es gibt mehrere Generationen von VGs, von denen das Letzte und Energieeffizienteste das EVG ist. Die Vorschaltgeräte sind in Reihe zur Lampe geschaltet und müssen zur Lampe passen, da sie den Strom der Lampe auf ihren Nennwert begrenzen. Weiters sind für Gasentladungslampen Zündgeräte erforderlich.

Man unterscheidet folgende Funktionsprinzipien: Kaltstart-VG und Warmstart-VG. Kaltstart gibt es sowohl bei KVG und EVG, Warmstart nur bei EVG.

Kaltstart-VG zünden die Leuchtstofflampe sofort nach dem Einschalten mit einer hohen Spannung. Sie beanspruchen die Kathoden beim Start stark, daher reduziert sich die Lebensdauer der Lampe bei diesen erheblich.

Bei Warmstart-VG dagegen werden zuerst für einen Zeitraum von ca. 0,5-2 Sekunden die Glühkathoden der Leuchtstofflampe vorgeheizt und dann erst gezündet.

### 3.2.1 konventionelles Vorschaltgerät (KVG)

Konventionelle Vorschaltgeräte verursachen aufgrund ihrer Induktivität Blindstrom im Netz. Aus energetischen Gründen sind daher konventionelle Vorschaltgeräte im Allgemeinen mit einem den Blindstrom kompensierenden Kondensator ausgestattet.

Konventionelle Vorschaltgeräte sind äußerst zuverlässig, sie können jahrzehntelang störungsfrei arbeiten und müssen nicht ausgewechselt werden. Es gilt jedoch auch hier zu beachten, dass auf Grund der Alterung die Kupferverluste des VGs steigen, und somit durch Alterung immer mehr Energie aufgenommen wird.

Das Zündgerät bei konventionellen Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen ist ein so genannter Starter, der die Glühkathoden beim Start zur Vorheizung direkt in den Stromkreis schaltet. Glimmstarter verursachen das charakteristische Flackern von Leuchtstofflampen beim Start, elektronische Schnellstarter weisen diesen Nachteil nicht auf.

### 3.2.2 verlustarmes Vorschaltgerät (VVG)

Die sog. verlustarmen Vorschaltgeräte sind eine Weiterentwicklung der KVG. Die VVG zeichnen sich durch eine um ca. 30 % geringere Verlustleistung aus. Die Verluste werden durch einen größeren Wicklungsquerschnitt und hochwertigere Kernwerkstoffe bzw. durch geringere magnetische Flussdichten verringert. Sie weisen allerdings größere Abmessungen als die KVGs auf und aufgrund des Einsatzes von größeren Eisenpaketen und besseren Legierungen in der Herstellung sind sie materialaufwendiger.

Eine weitere Entwicklung ist ein superverlustarmes Vorschaltgerät (sVVG), welches eine ca. 60-70 % geringere Verlustleistung produziert.

### 3.2.3 elektronisches Vorschaltgerät (EVG)

Die Start- und Zündvorgänge von EVG erfolgen im Gegensatz zu konventionellen Vorschaltgeräten mit konventionellem Starter flackerfrei.

EVG betreiben die Gasentladungslampe mit höherer Frequenz und die Lampe erreicht einen höheren Wirkungsgrad.

Nachteil des EVGs ist sicherlich die noch nicht absolute Wetterfestigkeit und die somit nicht erreichte Zuverlässigkeit wie bei dem KVG. Vor allem bei großer Hitze ist die Ausfallrate höher als bei den KVG. Da eine weit höhere Leistung umgesetzt wird, erhitzt sich trotz hohem Wirkungsgrad das EVG.

Vorteile der EVG sind die bessere Lichtqualität (Flackerfreiheit) bei gleichzeitig geringerem Stromverbrauch sowie die geringeren Eigenverluste gegenüber KVG. Manche EVG bieten die Möglichkeit, die Lampe zu dimmen oder je nach Tageslichteinfall die Leistung zu regeln.

Eine wichtige Eigenschaft der meisten EVG ist die blindstromfreie Lastcharakteristik am Netz.

## 3.3 Blindstrom

Blindstrom ist der Strom, der bei Verbrauchern wie zum Beispiel bei Elektromotoren, Transformatoren oder Vorschaltgeräten, zur Erzeugung eines Magnetfeldes benötigt wird.



In Wechsel- oder Drehstromnetzen wird dieses Magnetfeld mit der Netzfrequenz auf- und abgebaut.

Dieser Energieanteil wird nicht in Wirkleistung umgesetzt, sondern pendelt als Blindleistung zwischen Verbraucher und Erzeuger.

Um die Blindstromkosten einzusparen, die von den meisten Energieversorgungsunternehmen berechnet werden, sollte deshalb der Blindstrom kompensiert werden.

### 3.4 Energieeffizienzklassen

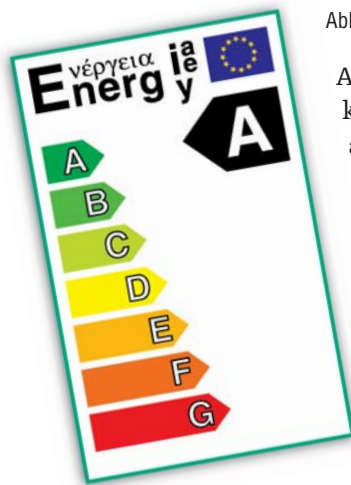


Abbildung 3.4.1 – Energieetikett

Aufgrund der Richtlinie 98/11/EG und der Energieverbrauchs-kennzeichnungsverordnung müssen Lampen für Haushaltsanwendungen mit dem Energieetikett gekennzeichnet sein. Dieses Etikett zeigt eine Einteilung der Lampen für Haushaltsanwendungen in die sieben Klassen der Energieeffizienz. Dabei steht A für „sehr effizient“ und G für „wenig effizient“.

Zum Beispiel haben Leuchtstofflampen und Energiesparlampen die Klasse A und B, Halogen-Glühlampen überwiegend die Klasse D und Glühlampen Klasse E und F.

Quelle: EU Kommission DG TREN

#### Leuchtmittel

Da aber der Verbrauch von elektrischer Energie hauptsächlich durch die Lampen und deren Betriebsgeräten verursacht werden, hat die Europäische Union eine Energieklassifizierung für Vorschaltgeräte beschlossen (Richtlinie 2000/55/EG über Energieeffizienzanforderungen an Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen). Der EEI (Energy Efficiency Index) unterscheidet sieben Vorschaltgeräte-Klassen:

Tabelle 3.4.1 – Vorschaltgeräteklassen

Klasse	Vorschaltgeräte (VG)
I (A1)	Dimmbare elektronische Vorschaltgeräte (EVG)
I (A2)	Elektronische Vorschaltgeräte (EVG) mit reduzierten Verlusten
I (A3)	Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)
II (B1)	Magnetische Vorschaltgeräte mit sehr geringen Verlusten (VVG)
II (B2)	Magnetische Vorschaltgeräte mit geringen Verlusten (VVG)
III (C)	Magnetische Vorschaltgeräte mit moderaten Verlusten (KVG)
III (D)	Magnetische Vorschaltgeräte mit sehr hohen Verlusten (KVG)

### 3.5 Lichtsteuerungssystem

Dieses dient zur Steuerung und Regelung von verschiedenen Lichtpunkten in einem Gebäude. Dabei bekommt jeder Lichtpunkt eine eigene Adresse und über eine Schnittstelle kann jeder Lichtpunkt einzeln angesteuert werden. Durch einen Datenaustausch kann ein Steuergerät den Status von Leuchtmitteln bzw. von Betriebsgeräten einer Leuchte abfragen und den Zustand ändern. Im Prinzip hat sich das Lichtsteuerungssystem als Nachfolger für den noch immer marktbeherrschenden 1-10V Standard (EVGs mit 1-10V Schnittstelle) etabliert.

Im Standard ist keine Festlegung für zu verwendende Stecker, Klemmen und Leitungen getroffen worden. Die Leitungen können in fast beliebigen Topologien, also Stern, Linien- oder Baumstrukturen verlegt werden. Eine ringförmige Verbindung von Komponenten muss jedoch vermieden werden. Das Lichtsteuerungssystem ist normiert gemäß IEC 60929, Norm für Vorschaltgeräte.

Ein bekanntes System ist das sogenannte DALI – System (Digital Addressable Lighting Interface ) welches von Firmen wie OSRAM, PHILIPS, TRIDONIC ATCO, HELVAR, GLAMOX und EUTRAC verwendet bzw. hergestellt wird.



# 4

## IST ZUSTAND

Die Ist Zustandserhebung gliedert sich in zwei Teile. Zum einen wird versucht die Beleuchtungssysteme der Stadt Wien exemplarisch wiederzugeben. Im zweiten Teil wird mit mehr Detail auf die einzelnen Magistratsabteilungen und deren Situation eingegangen.

### 4.1 Beleuchtungseinsatz in der Stadt Wien

Tabelle 4.1.1. gibt einen Überblick über die vorherrschenden Anwendungen der Beleuchtung, jeweils in der Stadt Wien und in den Magistratsabteilungen. Zusammen ergeben sie ein Abbild der gesamten Stadt Wien.

Tabelle 4.1.1 – Übersicht Beleuchtungseinsatz in der Stadt Wien

GESAMT STADT WIEN		
	Stadt Wien	Magistratsabteilungen
<b>Innenbeleuchtung</b>	<b>private Unternehmen, Bundesverwaltung</b>	<b>Verwaltung durch die Stadt Wien</b>
	Haushalt	Bürräume
	Bürräume	Schulen, Kindergärten
	Industrie	Veranstaltungsräume
	Einkaufszentren/ Einzelhandel	Museen
	Gastronomie/ Hotels	
	Parkgaragen	
	Veranstaltungsräume	
<b>Außenbeleuchtung</b>	<b>private Unternehmen, Bundesverwaltung</b>	<b>Verwaltung durch die Stadt Wien</b>
	Anstrahlung von Gebäuden	Anstrahlung von Gebäuden
	beleuchtete Werbeplakate	Straßen, Plätze
	Parkplätze	Sportplätze
		Grünanlagen/Gärten
		weitere Außenanlagen
		Verkehrsignalanlagen

## 4.2 Überblick Stadt Wien

### Haushalt

1,67 Mio. Menschen leben in ca. 930.000 Haushalten welche eine Gesamtfläche von rund 66 Mio. m<sup>2</sup> ausmachen. In diesen privaten Haushalten ist noch zum größten Teil die konventionelle Glühlampe im Einsatz. Haushalte mit überwiegender Anzahl von Kompaktleuchtstoffröhren gibt es fast keine. Wenn Kompaktleuchtstoffröhren verwendet werden, dann meistens nur im Wohnzimmerbereich. Gründe dafür sind die ursprünglichen Nachteile in der Technik der Kompaktleuchtstofflampen und die heutige fehlende Information über die Verbesserungen dieser Lampen. Auch der Irrglaube, dass eine Halogenlampe auch eine Energiesparlampe sei, herrscht noch bei vielen vor.

### Arbeitsstätten allgemein

Es gibt ca. 77.000 Arbeitsstätten in Wien wobei Immobilienwesen/Unternehmensdienstleistungen mit 28.000 Arbeitsstätten, der Handel mit 24.000, die Gastronomie/Hotels mit 8.000, Industrie mit 5000 und Bauwesen mit ca. 4700 Arbeitsstätten die häufigsten Arbeitsstätten in Wien sind.

Die Voraussetzung und Anforderung für die richtige Beleuchtung ist in jedem Bereich dementsprechend unterschiedlich.

### Büroräume

In Büroräumen gibt es zwei unterschiedliche Situationen. In modernen Bürogebäuden ist ein hoher Beleuchtungsstandard vorhanden. Eine Lichtplanung wurde in den meisten Fällen durchgeführt und es wird auf die neuesten Beleuchtungssysteme zurückgegriffen.

Anders in Büros, welche in Altbaubeständen eingemietet sind. Diese investieren selbst bei Renovierungen nicht immer in eine gute Innenraum- und Lichtplanung bzw. entscheiden sich oft für die, bei den Anschaffungskosten billigere Variante, ohne die langfristigen Kosten zu bedenken.

### Industrie

In Industriegebäuden, wo eine vollständige Ausleuchtung erforderlich ist, werden für die Innenbeleuchtung sehr oft Deckenfluter mit Quecksilberdampf lampen mit bis zu 2000W verwendet.

Bei hohen Hallen (ab 5 m Höhe), kommt oft die Industrie-Pendelleuchte zum Einsatz, da durch den niedrigeren Abstand zwischen Leuchte und Objekt die Beleuchtung optimiert wird. Bei Räumen mit niedrigeren Deckenhöhen werden Rasterleuchten mit Leuchtstofflampen verwendet.

Für die Außenbeleuchtung bzw. Anstrahlung werden meist Flutlicht und Spotstrahler zur attraktiven, farbigen Gebäudeanstrahlung verwendet. Die Alternative mit LED Einbaustrahlern findet immer häufiger Zustimmung.

Natriumdampfstrahler oder Quecksilberdampfstrahler werden zur Verkehrs- oder Geländebeleuchtung auf einem Industriegelände verwendet.

## Hotel und Gastronomie

In der Gastronomie bzw. in Hotelanlagen ist der Wohlfühlcharakter eines Leuchtmittels der entscheidende Faktor. Aus diesem Grund werden besonders gerne Niedervoltanlagen mit Halogenbeleuchtung verwendet. Auch LED-Beleuchtung wird heutzutage vermehrt für optische Effekte eingesetzt. In den Hotelzimmern wird noch zu oft die herkömmliche Glühlampe verwendet.

## Beleuchtete Anzeige,- Werbeplakate

Die hintergrundbeleuchtete oder selbstleuchtende Anzeige, als eine immer häufiger anzutreffende Art der Werbung, ist für einen sehr großen Teil der Lichtverschmutzung der Stadt verantwortlich, da diese das Licht gestreut und nicht punktuell ausstrahlen.

Die Webetafeln der Firma „Gewista“ werden zum Beispiel mit T8-Leuchtstoffröhren in Verbindung mit elektronischen Vorschaltgeräten beleuchtet. Derzeit werden rund 1600 sogenannte „Citylights“ mit je 4 Stück T8-Leuchten verwendet. Die 150 Litfaßsäulen sind mit je 4 Stück T8-Leuchten bestückt. Die 25 noch in der Stadt verbliebenen mit Halogenlampen beleuchteten Werbetafeln werden nicht mehr nachgerüstet und nach und nach abgebaut, da sie zu kurzlebig und temperaturempfindlich sind.

## Einzelhandel

In Wien sind über 17.500 Handelsbetriebe angesiedelt mit über 1 Mio. m<sup>2</sup> Verkaufsfläche. Dabei wird jeder Verkaufsbereich, je nach Verkaufsziel, unterschiedlich beleuchtet. In Einsatz kommen unter anderem sehr viele Halogenspots, die für die direkte Anstrahlung zur hohen Farbtintensität und Farbwiedergabe verwendet werden.

Wenn Handelsketten in ihren Zweigstellen Renovierungsarbeiten bzw. General-sanierungen durchführen, wird auch das Beleuchtungssystem immer wieder auf den neuesten Stand gebracht. Somit wird bei den Handelsketten bereits auf Energieeffizienz bei Beleuchtung bedacht genommen. Anders bei kleinen Einzelbetrieben. Hier wird bei der Beleuchtung meist schon bei der Anschaffung gespart. Oft wird auch eine Lichtplanung nicht in Anspruch genommen, die das Optimum an Lichteffekten für den Verkaufsraum und zugleich Energieeffizienz herausholen kann.



## Parkgaragen

In Parkgaragen werden zu fast 100% Leuchtstoffröhren verwendet, je nach Alter der Garage mit EVG oder noch mit KVG betrieben. Bei älteren Objekten finden sich noch häufig ungeweißte oder nicht nachgeweißte Wände, diese reflektieren somit kaum mehr das ausgestrahlte Licht. Dies führt auch zu einem weiteren negativen Effekt, des sinkenden subjektiven Sicherheitsgefühls der Benutzer.



# 5

## INNENRAUMBELEUCHTUNG

Zur Innenraumbeleuchtung zählt man jede Art von Lichtpunkten innerhalb eines Raumes. Das sind: alle Arten von Büroräumen, Küche, Sanitärräume, aber auch beispielsweise Sporthallen oder Konzerthallen.

### 5.1 Ausgangssituation

#### 5.1.1 Beleuchtungsfunktionen

Licht dient schon längst nicht mehr zur reinen Beleuchtung eines Raumes. Wichtige Kriterien wie Intensität und Farbe des Lichts, sowie der Energiespargedanke haben eine gewichtige Stellung eingenommen. Die Funktionen der Innenraumbeleuchtung reichen von der Belichtung von Arbeitsflächen über Entspannungs- / Erholungsräumen hin bis zur Orientierungsbeleuchtung.

Das Licht spielt eine wesentliche Rolle, ob sich der Mensch in einem Raum wohl fühlt oder nicht. Fühlt er sich wohl, steigert das seine Leistungskapazitäten und seine Gesamtzufriedenheit. Dies ist nicht nur in Büroräumen, sondern auch in Klassenräumen oder Erholungsräumen ein wesentliches Kriterium.

Ob ein Arbeitsraum, ein Gang oder ein Lagerraum beleuchtet werden soll, macht natürlich für die Lichtplanung einen großen Unterschied. Je nach Funktion sind andere Forderungen an das Licht gestellt. Im wesentlichen kann man zwischen der optischen Beleuchtung und der zweckgebundenen Beleuchtung unterscheiden. Wird in einem Lagerraum weniger eine optische Leuchte erwartet, spielt dieses Kriterium in einem Arbeitsbüro oder einem Besprechungsraum durchaus eine große Rolle.

Je nachdem wird auch die Art des Leuchtmittels ausgewählt.

## 5.1.2 Leuchtmittel

### Glühlampe

Abbildung 5.1.1 - Glühlampe



Quelle: Osram

Eine Glühlampe setzt 95 % der Energie in Wärme um und nur die restlichen 5 % werden tatsächlich in Licht umgewandelt. Wenn man es genau nimmt, ist die traditionelle Glühlampe eher eine Heizung, als ein Leuchtmittel. Die Glühlampe ist in öffentlichen bzw. Bürogebäuden nur mehr vereinzelt vertreten, da sie von der Energiesparlampe verdrängt wurde. Eine normale Glühlampe hat eine Lebensdauer von circa 1.000 h. Rechnet man mit einem täglichen Einsatz von circa drei Stunden pro Tag, ergibt sich für die Glühlampe eine Lebensdauer von circa einem Jahr.

### Kompaktleuchtstofflampe

Abbildung 5.1.2 – Kompaktleuchtstofflampe



Quelle: Osram

Die Kompaktleuchtstofflampe ist eine mehrmals gebogene Leuchtstofflampe und wird umgangssprachlich Energiesparlampe genannt. Sie setzt fünfmal soviel Energie (25 %) in Licht um als die Glühlampe. Energiesparlampen erzeugen aber auch Licht aus deutlich weniger Strom, bis zu 80 % Energieeinsparung ist möglich. Eine 7- bis 9-Watt-Energiesparlampe leuchtet so hell wie eine 40-Watt-Glühbirne.

Eine Glühbirne von 60 Watt kann durch eine Energiesparlampe von 11 bis 16 Watt (je nach Typ) ersetzt werden. Bei 100 Watt reicht eine Lampe von 20 Watt. Somit kann man während der Lebensdauer einer Energiesparlampe mindestens 150 € einsparen.

Einsetzbar sind Energiesparlampen fast überall dort, wo auch die herkömmliche Glühlampe eingesetzt werden kann. Es gibt heutzutage schon Lampen in Birnen- und Kerzenform sowie Globe- und Reflektorlampen.

Auch stufenlos dimmbare Energiesparlampen gibt es seit April 2007 auf dem Markt. Wichtig zu beachten ist, dass normale Energiesparlampen nicht 1:1 an Dimmern betrieben werden können.

Energiesparlampen sind in verschiedenen Qualitätsstufen erhältlich: von 15.000 Stunden über 10.000 Stunden bis zu 6.000 Stunden. Bei einem durchschnittlichen Verbrauch von drei Stunden pro Tag kann eine Energiesparlampe bis zu 15, 10 oder 6 Jahre alt werden.

Noch dazu kommt, dass Energiesparlampen um ein Vielfaches energieeffizienter sind als herkömmliche Glühlampen. Jede Energiesparlampe spart im Jahr mit 25 Kilogramm mehr als die Menge  $\text{CO}_2$ , die ein Baum jedes Jahr binden kann (20 Kilogramm) und damit vom Weg in die Atmosphäre abhält.

Zudem kann durch den Einsatz von Energiesparlampen auch eine ganze Menge Abfall vermieden werden. Bis zu 15 herkömmliche Glühlampen stehen für eine Energiesparlampe.

Allerdings ist das Quecksilber in Leuchtstofflampen giftig für Mensch und Umwelt, die Beschichtung der Lampe ebenfalls. Zudem sind die verwendeten seltenen Elemente relativ teuer und können zurückgewonnen werden, weshalb ausgediente Leuchtstofflampen unbedingt zu einem Händler gebracht werden sollten, der auch solche verkauft. Alternativ können die Lampen in größeren Recyclinghöfen zurückgegeben werden. Kompaktleuchtstofflampen sind Sondermüll und dürfen nicht über den Hausmüll oder den Altglas-Container entsorgt werden. Eingeschaltete Energiesparlampen entwickeln elektromagnetische Störungen (Elektrosmog), ähnlich wie Computermonitore. Diese sind nicht erforscht, deshalb empfehlen die Tester einen Sicherheitsabstand von etwa 1,5 Metern. Ab dieser Entfernung liegt die Feldstärke unter dem strengen TCO-Grenzwert für Computermonitore (10 Volt pro Meter).

Eine Studie, die im Auftrag der Schweizer Bundesämter für Gesundheit (BAG) und für Energie (BFE) durchgeführt wurde, kam jedoch 2004 zu dem Ergebnis: „Die von den Vorschaltgeräten von Energiesparlampen ausgehenden hochfrequenten Felder sind ebenfalls gering und gegenüber anderen Geräten nicht auffällig.“

### Leuchtstofflampe

Abbildung 5.1.3 – Leuchtstofflampe



Quelle: Osram

Leuchtstofflampen erzeugen weltweit 70 % des Kunstlichts. Sie sind in vielen Einsatzbereichen aus wirtschaftlichen Gründen die erste Wahl. Sie zeichnen sich durch eine hohe Lichtausbeute und einen geringen Stromverbrauch aus.

Sie haben eine mittlere Lebensdauer von bis zu 20000 Stunden. Mit diesen Eigenschaften ist die Leuchtstofflampe ein energieeffizientes Leuchtmittel.

Legt man Wert auf höchste Lichtausbeute bei gleichzeitig geringer Energieaufnahme, so kommt man um elektronische Vorschaltgeräte (EVG) nicht herum.

Diese erzeugen aus der 50 Hertz Frequenz der Netzspannung eine hohe Frequenz von ca. 25 bis 40 kHz. Dadurch wird die Lichtausbeute um ca. 12 % erhöht, der Energieverbrauch gesenkt, Leuchtmittel starten direkt ohne Flackern, störendes Flimmern der Lampen wird vermieden und die Lebensdauer der Leuchtmittel verdoppelt. Weiteres Plus: Durch die hohe Frequenz wird das Auge des Menschen

geschont und dadurch eine Ermüdung (wie bei herkömmlichen Vorschaltgeräten üblich) vermieden!

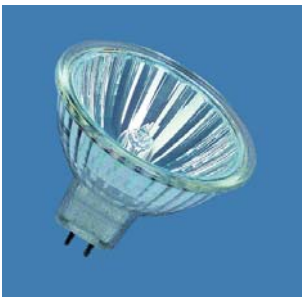
Bisher weit verbreitet sind Leuchtstofflampen mit 26mm Durchmesser, sogenannte T8 Röhren. In seltenen Fällen gibt es noch Lampen mit 38 mm Durchmesser (T12).

Bei einer neuen Lichtanlage sollte man auf jeden Fall sogenannte T5 Leuchtstofflampen (Durchmesser von nur 16mm) verwenden, da bei der T5 um mind. 50% weniger Quecksilber verwendet wird (neueste Generation von T8 Lampen haben 3mg Quecksilber; T5 nur mehr 1,6 mg Quecksilber). Gespart wird dabei aber nicht allein beim Material, sondern vor allem bei den Wartungskosten, die beim oft recht aufwendigen Lampentausch anfallen!

Laut „die Umweltberatung“ Wien sind aber „beim derzeitigen Stand der Technik Energiesparlampen im Nahbereich aufgrund überhöhter Werte der hochfrequenten, elektromagnetischen Felder, zum Beispiel für Nachttischlampen, nicht empfehlenswert.“ Auch wird, vor allem bei Kindern, ein Mindestabstand von 1,5 m empfohlen.

## Halogenglühlampe

Abbildung 5.1.4 - Halogenglühlampe



Quelle: Osram

Halogenglühlampen sind zum Teil mehr als 100% heller als konventionelle Lampen und haben auch eine bis zu 5-mal längere Lebensdauer als Glühlampen. Besonders gerne wird die Halogenlampe wegen ihrer Effekte (Spektralfarben in den Reflektoren) für Objektbeleuchtung in Museen, Geschäften, und Hotels verwendet.

Halogenglühlampen strahlen keine UV-Strahlen ab, sodass es zu keiner Ausbleichung der angestrahlten Objekte kommt. Außerdem sind sie dimmbar, was zu einer Optimierung der Lichtmenge genutzt werden kann.



### 5.1.3 Leuchten

#### Einbauleuchte

Abbildung 5.1.5 – Rasterleuchte



Quelle: Zumtobel

Moderne Spiegelrasterleuchten besitzen keine Abdeckung mehr und reflektieren zudem auch seitlich und nach hinten ausgestrahltes Licht der Leuchtstofflampe sehr gut aus der Leuchte heraus. Man kann daher oftmals eine Wannenleuchte mit zwei Leuchtmitteln durch eine Rasterleuchte mit einem Leuchtmittel ersetzen!

#### Pendelleuchten

Abbildung 5.1.6 – Pendelleuchte



Quelle: Zumtobel

Der Vorteil der abgehängten Rasterleuchten ist, dass sie mittels indirekter Beleuchtung dem Raum eine angenehmere Gesamthelligkeit geben können. Unter der Voraussetzung, dass die Decke und Wände des Raumes hell ausgemalt worden sind, werden weniger Leuchtmittel benötigt um dem Raum die erforderliche Helligkeit zu geben. Auch wird diese Art der Beleuchtung in modernen Büros gerne verwendet, da es bei indirekter Beleuchtung zu keiner Spiegelung auf Bildschirmen mehr kommt.

#### Stehleuchte

Abbildung 5.1.7 – Stehleuchte



Quelle: Waldmann

Stehleuchten passen sich an jede Arbeitssituation an. Sie können sofort und an jedem Platz installiert werden und bieten dabei immer höchste Lichtqualität. Die Stehleuchte beleuchtet indirekt und kann zu 100 % die Aufgaben einer herkömmlichen Deckenbeleuchtung ersetzen und dabei noch stromsparend wirken, wenn sie richtig platziert wird. Diese Leuchten haben einen Bewegungsmelder, damit ein Vergessen des Lichtschalters bei Verlassen des Raumes nicht mehr relevant ist. Die optische Lichtlenkung mittels Fresnelstruktur des Reflektors (Ray-Tracing) bewirkt, dass es keine Direktblendung gibt.

Mit diesen Stehleuchten spart man bis zu 80% des Stromverbrauches gegenüber einer herkömmlichen Deckenbeleuchtung.

## Vergleich zwischen Anbauleuchten und Einbauleuchten mit unterschiedlichen T5 und T8-Lampen

In Tabelle 5.1.1. ist ein Vergleich zwischen zwei häufig verwendeten Leuchtentypen im Büro. Als Beispiele sind zwei neue Mikroprismen-Spiegelrasterleuchten mit T5 Lampen von der Firma PHILIPS angeführt und zum Vergleich eine herkömmlichen Spiegelrasterleuchte und T8 Lampen. Dieser Vergleich verzichtet auf die Einbeziehung von Wartungskosten, da diese in allen drei Fällen gleich sind. Unter Verwendung von Tageslicht- und Anwesenheitssensorik lassen sich 30% des Verbrauchs einsparen. Die zusätzlichen Investitionskosten dafür sind, aufgeteilt auf ein Büro mit 40 Büroräumen bei 20 € pro Leuchte. Dies ist auch notwendig zu investieren, denn nur der alleinige Wechsel der Leuchtmittel von T8 auf T5 rechnet sich bei derzeitigen Strompreisen (Geschäftstarife um € 0,3) nicht.

Tabelle 5.1.1 – Leuchtenvergleich

	Leuchtentyp	Leuchtmitteltype	Anzahl Leuchtmittel	Systemwirkleistung (W)	Lichtstrom (lm)	Lichtausbeute Leuchte (lm/W)	Anschlussleistung (W)	Vorschaltgerät	Betriebsstunden pro Jahre (h)	mittlere Nutzlebensdauer Leuchtmittel (h)	Betriebsstunden	Wartungsintervall (Jahre)	Betriebswirkungsgrad der Leuchte (%)	Kosten Leuchte und Leuchtmittel (€)	Gesamtstromverbrauch nach 10 Jahren (KWh) *)	Reduzierter Stromverbrauch durch Sensorik (-30%)	Stromeinsparung (KWh) Neu zu Alt	Gesamtkosten nach 10 Jahren Strom (0,13 €/kWh) +Investition (€) (ohne Wartungskosten)
<b>Anbauleuchte</b>	Rasterleuchte	T8 18 W	4	72	5200	72,2	111	KVG	2600	20000	26000	3	70	168	1872			423
		T8 38 W	2	76	6600	86,8	83	KVG	2600	20000	26000	3	60	155	1976			418
		ALT	2	108	9800	90,7	115	KVG	2600	20000	26000	3	60	155	2808			526
<b>Anbauleuchte</b>	Arano	T5 14 W	4	56	4800	85,7	63	EVG	2600	24000	26000	3	87	361	1456	1019	853	513
		T5 35 W	2	70	6600	94,3	77	EVG	2600	24000	26000	3	87	365	1820	1274	702	551
		T5 49 W	2	98	8600	87,8	108	EVG	2600	24000	26000	3	79	369	2548	1784	1024	621
<b>Einbauleuchte</b>	Indolight	T5 14 W	4	56	4800	85,7	63	EVG	2600	24000	26000	3	78	223	1456	1019	853	375
		T5 35 W	2	70	6600	94,3	77	EVG	2600	24000	26000	3	77	227	1820	1274	702	413
		T5 49 W	2	98	8600	87,8	108	EVG	2600	24000	26000	3	78	231	2548	1784	1024	483

Quelle: Philips

## 5.2 Technologie- und Wirtschaftlichkeitsvergleich Lampen

Hier werden 4 unterschiedliche herkömmliche Leuchten mit einer energiesparenden Alternative verglichen. Die jeweiligen alternativen Leuchten können ohne bauliche Veränderungen getauscht werden. Die zwei verglichenen Lampen haben jeweils dieselbe Lichtausbeute.

Die Berechnung beläuft sich jeweils auf 10 Jahre, was eventuell zur Folge hat, dass es eine Lampenanzahl von beispielsweise 1,7 Stück gibt. Bei den Entsorgungskosten für eine Lampe wird mit einem Wert von 0,3 € pro Lampe gerechnet. Der CO<sub>2</sub>-Verbrauch einer Lampe wird mit dem österreichischen Energieerzeugungsmix von 0,22 kg CO<sub>2</sub>/kWhel ausgerechnet.

Tabelle 5.2.1 – Vergleich zwischen Glühlampe – Energiesparlampe

	Glühlampe	Energiesparlampe
Lebensdauer *	1000 Stunden	15000 Stunden
Anzahl Lampen	25 Stück	1,7 Stück
Energieverbrauch	75 W	15 W
Angenommene Betriebsstunden/Jahr	2500 Stunden	2500 Stunden
Gesamtverbrauch/10 Jahre	1875 kWh	375 kWh
Strompreis [€/kWh]	0,13 €	0,13 €
Kaufpreis/Lampe	0,3 €	8,3 €
Entsorgungskosten	0,0 €	0,51 €
Wechselkosten (pro Lampe 20 €)	500 €	34 €
CO <sub>2</sub> Emission **	413 kg	83 kg
<b>Kosten pro Lampe auf 10 Jahre</b>		
Energiekosten	244 €	49 €
Lampenkosten (Wechselkosten)	3,25 € (500 €)	14,11 € (34 €)
Gesamtkosten	747,25 €	97,11 €
EINSPARUNG		650,14 €
kWh Einsparung		1500 kWh
CO <sub>2</sub> Einsparung		331 kg

\* Einzelwechsel der Leuchtmittel am Ende der Lebensdauer (weniger als 5% haben den Wert nicht erreicht)

\*\* CO<sub>2</sub> Emission berechnet auf 0,22 kg/kWh auf Basis Betriebsstunden/Jahr

Tabelle 5.2.2 – Vergleich zwischen einer Leuchtstofflampe T8 und einer Leuchtstofflampe T5

	HL-D T8	T5
Lebensdauer *	20000 Stunden	24000 Stunden
Anzahl Lampen	1,25 Stück	1,05 Stück
Energieverbrauch	36 W	28 W
Angenommene Betriebsstunden/Jahr	2500 Stunden	2500 Stunden
Gesamtverbrauch/10 Jahre	900 kWh	700 kWh
Strompreis [€/kWh]	0,13 €	0,13 €
Kaufpreis/Lampe	2,9 €	5,0 €
Entsorgungskosten	0,99 €	0,63 €
Wechselkosten (pro Lampe 20 €)	25 €	21 €
CO <sub>2</sub> Emission **	198 kg	154 kg
<b>Kosten pro Lampe auf 10 Jahre</b>		
Energiekosten	117,0 €	91,0 €
Lampenkosten (Wechselkosten)	3,63 € (25 €)	5,25 € (21 €)
Gesamtkosten	146,86 €	117,91 €
EINSPARUNG		28,95 €
kWh Einsparung		200 kWh
CO <sub>2</sub> Einsparung		44 kg

\* Einzelwechsel der Leuchtmittel am Ende der Lebensdauer (weniger als 5% haben den Wert nicht erreicht)

\*\* CO<sub>2</sub> Emission berechnet auf 0,22 kg/kWh auf Basis Betriebsstunden/Jahr

## 5.3 Energieeffiziente Beleuchtungssysteme

### ELI – Bewertung der Lichtqualität

Der Ergonomic Lighting Indicator, kurz ELI, basiert auf der Norm EN 12464 „Beleuchtung von Arbeitsstätten“ und deckt die notwendigen Kriterien für die Qualität von Beleuchtung ab.

Hierbei werden 5 Kriterien für ergonomische Qualität der Beleuchtung berücksichtigt. Je mehr Einzelaspekte erfüllt werden, desto höher ist die Bewertung des jeweiligen Kriteriums auf einer Skala von 0 bis 5 Punkten. Wobei 5 Punkte für exzellente Erfüllung des Kriteriums und 0 Punkte für gar keine Erfüllung des Kriteriums stehen.

Folgende 5 Kriterien werden in die Bewertung mit eingeschlossen:

#### Kriterium A: Sehleistung

Dabei ist unter anderem die Beleuchtungsstärke, Erkennbarkeit von farbigen Oberflächen, Gleichmäßigkeit des Lichts und Begrenzung der Spiegelung im Bereich der Sehaufgabe entscheidend.

#### Kriterium B: Erscheinungsbild

In die Bewertung fallen unter anderem Raumeindruck und Flächenstruktur, Erscheinungsbild der Leuchten und ihre Anordnung im Inneren (auch ohne Licht), architektonisches Konzept sowie Übereinstimmung und Wetterführung mit dem Lichtkonzept.

#### Kriterium C: Sehkomfort

Qualität der Lichtfarben, Klarheit, Abwesenheit von größeren, dunklen Stellen im Raum, Begrenzung von störenden Blendungen und störendem Flimmern, Flackern oder Blinken fallen in dieses Kriterium.

#### Kriterium D: Emotion

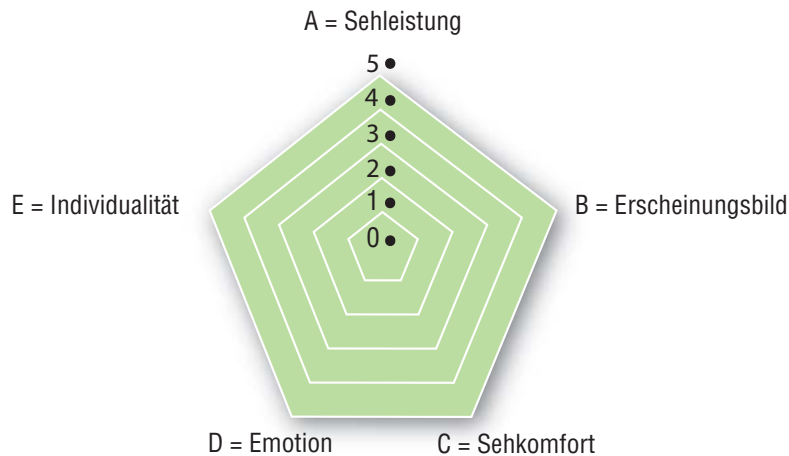
Hier wird die Veränderung der Farben und Helligkeit, Anpassung der Stimmung an die Raumnutzung (Büro, Messehalle, Krankenhaus), Symbolik und das Gefühl der Sicherheit, wie zum Beispiel selbst nicht im „Schaufenster“ stehen aber sehen wer auf einen zukommt, bewertet.

#### Kriterium E: Individualität

Hier werden die Möglichkeiten der persönlichen Beeinflussung durch Schalten, Dimmen und Wahl der Lichtstimmung beurteilt.

Die Bewertung selbst wird in ein Spinnendiagramm (Kiviatgraph) eingetragen. Je größer die vom Spinnendiagramm überdeckte Fläche, desto besser ist die Gesamtqualität der Lichtlösung.

Abbildung 5.3.1 – Kiviatgraph



Quelle: Zumtobel

### LENI – Berechnung der Lichteffizienz

Der Indikator LENI wird im Rahmen der Energieberechnung laut EN 15193 ermittelt. Gemeinsam mit den Indikatoren Heizung, Klima, Lüftung und Warmwasseraufbereitung wird er in der EN 15193 für die Berechnung des Gesamtenergiebedarfs eines Gebäudes verwendet.

Diese Normen haben das Ziel Beleuchtungsanlagen energiebewusst zu betreiben. Der LENI wird mit dem tatsächlichen Verbrauch in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr [kWh/m²J] berechnet.

$$\text{LENI} = \frac{\text{Energieverbrauch / Beleuchtung}}{\text{Quadratmeter / Jahr}} \quad [\text{kWh/m}^2.\text{a}]$$

Faktoren für eine positive Wirkung auf die Energiebilanz sind:

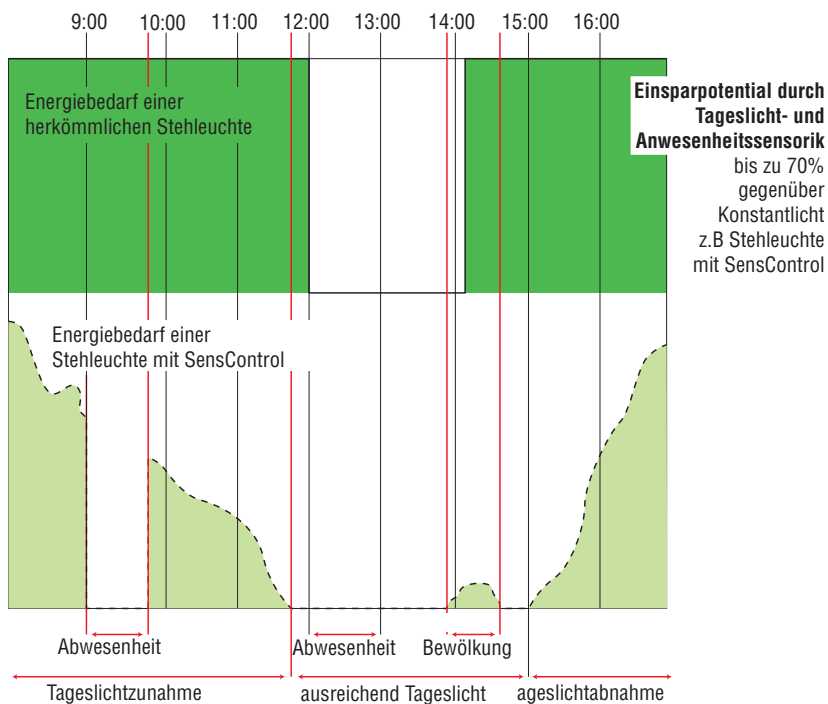
- Sinnvolle Steuerung der Beleuchtung
- Tageslichtabhängige Steuerung
- Nutzung von Tageslicht
- Verwenden von Anwesenheitssensoren
- Intelligenter Einbezug der Nutzungszeiten
- Energieeffiziente Lampen

### Zeit- und Anwesenheitsmanagement

Das teuerste Licht ist jenes, welches in nicht genutzten Räumen leuchtet. Ein intelligentes Zeit- und Anwesenheitsmanagement (mittels voreingestellter Zeitschaltuhr und Bewegungsmelder) zur Energieeinsparung ist somit von großer Bedeutung. Zu einstellbaren Nebenzeiten (mittags und abends) wird das Licht gedimmt oder ganz ausgeschaltet. Wo noch gearbeitet wird kann man ohne Probleme die volle Ausleuchtung manuell anfordern.



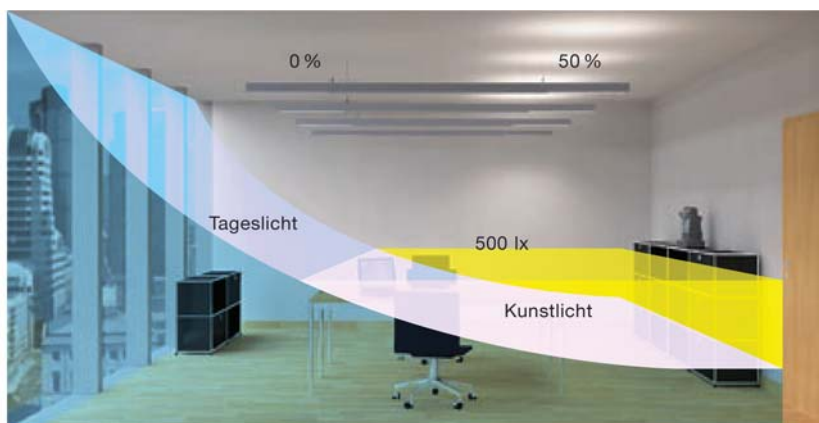
Abbildung 5.3.2 – Einsparpotenzial



Quelle: Zumtobel

In dieser Grafik (Abbildung 5.3.2) ist eindeutig zu erkennen, wie viel Energie man durch Tageslicht- und Anwesenheitssensorik einsparen kann. Im unteren Teil der Grafik ist die eingefärbte Fläche, welche gleichzusetzen ist mit dem Energieverbrauch, um ein Vielfaches kleiner als in der oberen Darstellung.

Abbildung 5.3.3 – Tages- und Kunstlicht in Kombination



Quelle: Zumtobel

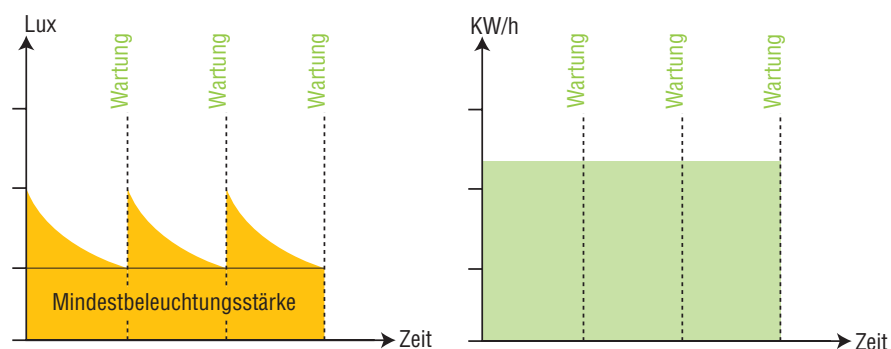
Auch in der Abbildung 5.3.3 kann man gut erkennen, solange die geforderten Lux (bei diesem Beispiel 500 lx) durch Tageslicht gegeben sind, schaltet sich das Kunstlicht nicht ein. An bestimmten Raumbereichen, welche nicht die geforderte Luxanzahl erreichen, wird soviel Kunstlicht zugefügt, bis die geforderten Lux erreicht sind.

## Wartungskontrollsystem

Um die Mindestbeleuchtungsstärke auch über Jahre erfüllen zu können, werden üblicherweise große Reserven eingerechnet, da sich die Beleuchtungsstärke durch Verschmutzung und Alterung der Leuchten, aber auch durch Verschmutzung des Raumes über die Jahre reduziert.

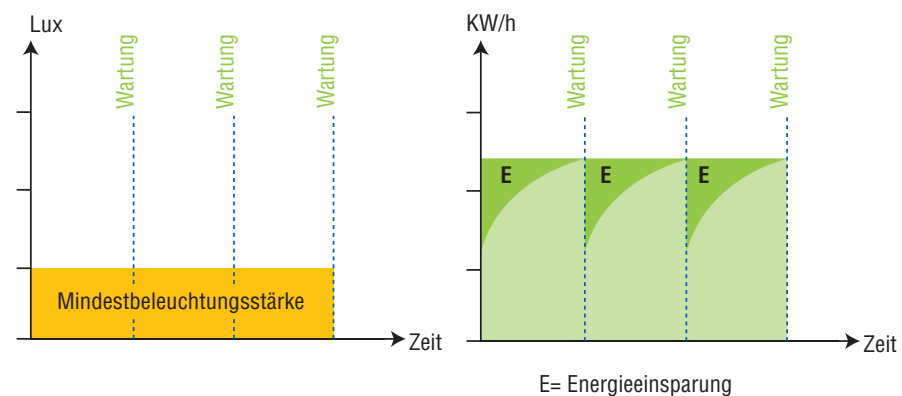
Durch ein Wartungskontrollsystem (Maintenance Control) wird die Beleuchtungsstärke stets auf dem geforderten Niveau gehalten. Dabei wird nur soviel Energie verbraucht wie wirklich notwendig ist. Somit werden die Wartungsintervalle verlängert. Auf 15 Jahre gerechnet lassen sich immerhin ein Drittel der Lampenbetriebskosten einsparen.

Abbildung 5.3.4 – Ohne Wartungskontrollsystem: überhöhter Lichtoutput bei konstant hohem Energieverbrauch



Quelle: Zumtobel

Abbildung 5.3.5 – Mit Wartungskontrollsystem: konstanter Lichtoutput bei reduziertem Energieverbrauch



Quelle: Zumtobel

## Steigerung der Lichtqualität bei gleichzeitiger Reduktion des Energieverbrauchs

Ausgehend von einer konventionellen alten Lichtlösung mit T8 Leuchtstofflampen und KVG, welche mit 100 % Energieverbrauch ausgewiesen ist, werden in der Abbildung 6.3.4 schrittweise die Verbesserungen der Technologie und die damit verbundene Energieersparnis aufgezeigt.

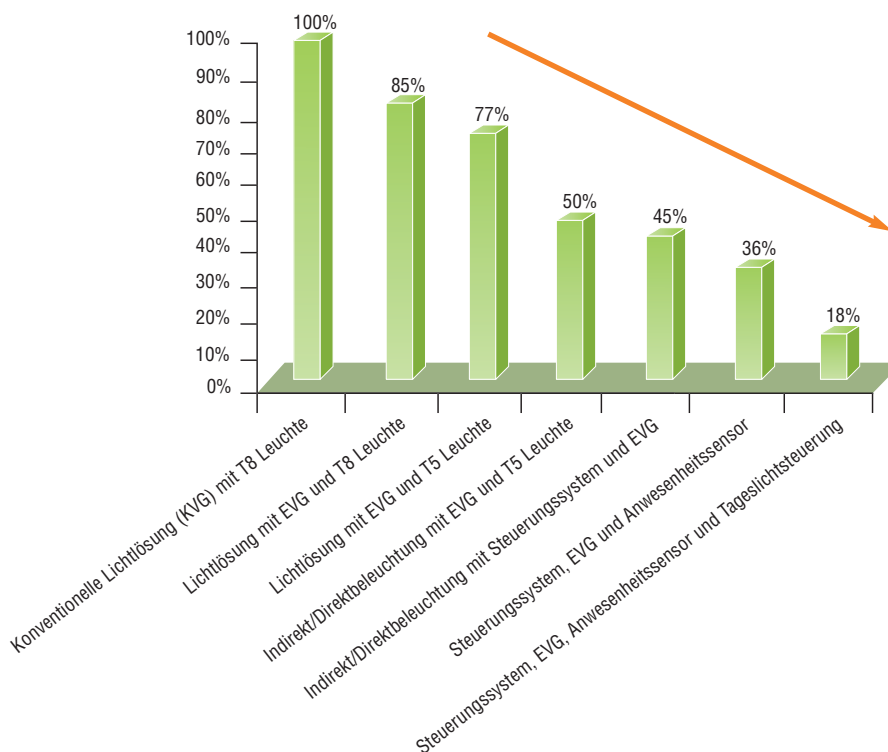
Ein um 15 % geringerer Energieverbrauch wird schon bei einem Tausch von KVG zu EVG erreicht. Konventionelle Lösungen mit T5 Leuchtstofflampen und elektronischen Vorschaltgerät (EVG) haben schon einen um 23 % geringeren Energieverbrauch.

Nutzt man auch zur indirekten Beleuchtung T5 Leuchtstofflampen und EVG ist noch einmal 27 % weniger Energieeinsatz notwendig. Die Kombination von Indirekt/Direkt-Leuchten mit T5 Leuchtstofflampen und einem Steuerungssystem spart zusätzlich noch 5 % ein.

Dieses System verbunden mit einem Anwesenheitssensor, bei dem die Beleuchtung bei leeren Büros automatisch abschaltet, spart zusätzliche 9 % an Energieverbrauch ein.

Das Optimum an derzeit möglicher Stromeinsparung ist die zusätzliche Kombination mit Tageslichtsteuerung. Wirtschaftlich ist diese Art von Beleuchtungssystem schon nach 3 Jahren, da nicht nur die Stromersparnis über 80 % beträgt, sondern auch die Wartungskosten um Einiges geringer sind.

Abbildung 5.3.6 – Energieersparnis im Verhältnis zur konventionellen Lichtlösung





# 6

## AUSSENBELEUCHTUNG

Leuchtstoffröhren haben sich für die Straßenbeleuchtung bewährt, Entladungslampen für die Beleuchtung von Plätzen, Denkmälern oder zur Anstrahlung von Gebäuden.

### 6.1 Öffentliche Beleuchtung

Als öffentliche Beleuchtung versteht man die Beleuchtung in öffentlich zugänglichen Bereichen, wie Straßen, Geh- und Radwege, Parkanlagen und Grünflächen, sowie Parkplätze und viele mehr.

#### 6.1.1 Leuchtmittel

##### Leuchtstofflampe

siehe 5.1.3 Leuchtstofflampen

##### Natriumdampflampe

Abbildung 6.1.1 – Natriumdampflampe



Quelle: Osram

Natriumdampflampen werden vor allem als Nachtbeleuchtung von Verkehrswegen, öffentlichen Plätzen und Industriegeländen eingesetzt. Unterschieden wird zwischen Hochdruck- und Niederdrucknatriumdampflampen. Die Hauptunterschiede einer Niederdrucklampe gegenüber einer Hochdrucklampe sind die geringere Betriebstemperatur und die sofortige Zündbarkeit. Das gelbe Licht der Natriumdampflampe wirkt nicht sehr anziehend auf Insekten und ist daher

aus Wartungs- und Naturschutzgründen erwünscht. Anders als Leuchtstofflampen benötigen Natriumdampflampen keinen fluoreszierenden Leuchtstoff. Bei diesen Lampen erzeugt die Gasentladung selbst schon sichtbares Licht und muss nicht erst in dieses umgewandelt werden. Dadurch wird der Wirkungsgrad deutlich erhöht. Das Licht, vor allem bei Niederdrucklampen, ermöglicht kaum Farbsehen. Allerdings ist das Kontrastsehen in diesem Bereich des Farbenspektrums hoch. Die Stadt Wien verwendet fast ausschließlich Hochdrucknatriumdampflampen im Straßenbereich.

Natrium ist sehr reaktionsfreudig. Tritt es durch Beschädigung aus der Lampe aus, kann es mit der Luft und dem enthaltenen Wasser (Luftfeuchtigkeit) reagieren und so Verpuffungen oder Explosionen verursachen. Die Lampen müssen nach Gebrauch daher sorgfältig rezykliert bzw. entsorgt werden.

Natriumdampflampen gehören zu den effizientesten elektrischen Lichtquellen, die es derzeit gibt. Mit bis zu 200 lm/W ermöglichen sie eine effiziente und energiesparende Beleuchtung.

### Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

Abbildung 6.1.2 – Quecksilberdampflampe



Quelle: Osram

Für Quecksilberdampf-Hochdrucklampen sind nur schwer Zahlen über die Lebensdauer in der Literatur auszumachen. Fakt ist jedenfalls, dass HQL-Brenner [HME] zu der Art Lampen gehören, die zwar eine hohe mittlere Lebensdauer besitzen, jedoch schon recht bald ihre Lichtausbeute verlieren. Zahlen um die 6.000 bis 9.000 Betriebsstunden für den Rückgang auf 80 % des Ursprungslichtstroms werden genannt. Daraus folgt, dass HQL-Lampen [HME] nach dieser Zeit, entsprechend eineinhalb bis zwei Jahren Betriebsdauer, ausgetauscht werden sollten.

Der Grund warum, unter anderem, die Stadt Wien von der Quecksilberdampflampe weggeworfen will, ist die große Umweltbelastung durch diese Lampenart.

Einerseits locken die UV-Strahlen Insekten und Schmetterlinge an, andererseits haben sie einen viel größeren Leistungsverbrauch als zum Beispiel die Natriumdampflampe. Aber auch der damit entstehende Sondermüll kostet nicht nur viel Geld sondern belastet auch spürbar unsere Erde.

## 6.1.2 Leuchten

### Seilleuchte

Abbildung 6.1.3 – Seilleuchte



Quelle: AE Austria

In Wien werden für die Straßenbeleuchtung zu einem großen Teil Seilleuchten verwendet. Vorteil der Seilleuchte ist die zentrale Position über der Fahrbahn und somit die ideale Ausleuchtung dieser Fahrbahn. Sie können bis zu einer Höhe von 12 m installiert werden.

### Mastleuchte

Abbildung 6.1.4 – Mastleuchte



Quelle: AE Austria

Ist die Seilleuchte nicht möglich, werden Mastleuchten verwendet. Sie sind jeweils am Straßenrand installiert und beleuchten in einer Höhe von bis zu 16 m die Fahrbahn.

### Kugelleuchte

Abbildung 6.1.5 – Kugelleuchte



Quelle: ccdaastro.de

Die Kugelleuchten entlang der Donau oder jene auf der Reichsbrücke, die nach allen Richtungen strahlen, sind generell nicht mehr zu bevorzugen. Sie beleuchten zum Großteil nicht die Straße, sondern den Himmel und gehören somit zu den Förderern der Lichtverschmutzung und sind wegen der geringen Lichtausbeute auch nicht energieeffizient.

## 6.2 Anstrahlungen

Für die Anstrahlung von Plätzen bzw. Gebäuden werden hauptsächlich Hochdruck-Entladungslampen verwendet. Sie unterscheiden sich in ihrer Funktionsweise deutlich von den Glühlampen. Sie zeichnen sich durch eine sehr wirtschaftliche



Arbeitsweise aus. Denn Hochdruck-Entladungslampen liefern extrem große Lichtmengen auf kleinstem Raum.

Die Funktion dieser Lampe basiert auf der Bogenentladung. Zwischen den zwei Elektroden entsteht ein Dauerblitz, der die Füllung zum Leuchten bringt. Dieses Funktionsprinzip kann mit unterschiedlichen Metallen und Füllungen (Halogen-Metalldampf, Natrium und Quecksilberdampf) genutzt werden.

### 6.2.1 Leuchtmittel

#### Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

siehe 6.1.1 Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

#### Halogen-Metalldampflampe

Abbildung 6.2.1 – Halogen-Metalldampflampe



Quelle: Osram

Beispielsweise stellen die in Fußballstadien eingesetzten Halogen-Metalldampflampen mit 1000 Watt soviel Licht wie theoretisch zwei 5000 Watt Glühlampen zur Verfügung. Dabei wird das Licht auf einer Fläche, die etwa so groß wie ein 2-Euro-Stück ist, erzeugt. Geringere Wärmeabstrahlung und ausgezeichnete Farbwiedergabe sind weitere Vorzüge der modernen Hochdruck-Entladungslampen. Darüber hinaus lässt sich das Licht durch die kompakte Bauweise der Lampe sehr gut lenken.

#### LED

Abbildung 6.2.2 – LED



Quelle: Osram

Leuchtdioden oder LED (Licht Emittierende Dioden) basieren auf Halbleiterverbindungen, die den Strom direkt in Licht umwandeln. Diese sind nach dem heutigen Stand der Dinge noch nicht für flächendeckende Straßenbeleuchtung geeignet. LEDs geben dafür weder die optimalen Farbe wieder, da das Licht nahezu monochrom ist. Auch ist eine regelmäßig, flächendeckende Beleuchtung noch nicht möglich. Um den gleichen Lichtstrom wie bei Entladungslampen zu erreichen ist nahezu der gleiche elektrische Energiebedarf notwendig. Da LEDs kein weißes Licht herstellen können, werden meist blaue LEDs mit einer Phosphorschicht verwendet, welche dann weißes Licht ausstrahlen.

Für punktuelle Anstrahlung und vor allem für Effektbeleuchtung sind die LEDs ideal geeignet. In Wien werden LEDs vor allem in der Signalbeleuchtung

(Ampelanlagen, Straßenbegrenzung) und in der verwendet. Der Vorteil liegt bei dem sehr geringen Stromverbrauch, der sehr langen Lebensdauer und somit sehr geringen Wartungskosten.

## 6.2.2 Leuchtsystem

Abbildung 6.2.3 – CosmoPolis mit CosmoWhite



Quelle: Osram

Das neuartige Leuchtsystem CosmoPolis (CosmoWhite, eine Halogenmetallampflampe, für weißes Licht mit hoher Lichtqualität, und CosmoGold, eine Natriumdampf-Hochdrucklampe, für funktionales gelbes Licht) zeichnet sich durch geringe Größe, hohe Energieeffizienz, Langlebigkeit und Wartungsfreundlichkeit aus. Beim Einsatz von CosmoPolis lässt sich der Energieverbrauch im Vergleich zu SON-Lampen [HST] um 10 %, zu CDM-Lampen [HIT] um 30 % und zu HPL-Lampen um bis zu 150 % senken. Aufgrund ihrer optischen Eigenschaften kann der Leuchtenabstand um rund 10 % gesteigert werden: So benötigt man weniger Lichtpunkte, um die gewünschte Lichtleistung zu erreichen.

## 6.3 Technologie- und Wirtschaftlichkeitsvergleich

Vergleich zwischen Halogendampflampe mit Quarz- und verbesserter Keramikbeschichtung

Tabelle 6.3.1 – Vergleich zweier Halogendampflampen

	Quarz - Halogendampflampe	z.B. MASTER Colour CDM - TD
Lebensdauer *	9000 Stunden	14000 Stunden
Anzahl Lampen	2,8 Stück	1,78 Stück
Energieverbrauch	70 W	70 W
Angenommene Betriebsstunden/Jahr	2500 Stunden	2500 Stunden
Gesamtverbrauch/10 Jahre	1750 kWh	1750 kWh
Strompreis [€/kWh]	0,13 €	0,13 €
Kaufpreis/Lampe	46,6 €	62,5 €
Entsorgungskosten	0,3 €	0,3 €
Wechselkosten	56 €	32 €
CO <sub>2</sub> Emission **	385 kg	385 kg
<b>Kosten pro Lampe auf 10 Jahre</b>		
Energiekosten	227,5 €	227,5 €
Lampenkosten (Wechselkosten)	130,5 € (56 €)	111,25 € (32 €)
Gesamtkosten	414,0 €	370,75 €
EINSPARUNG		43,25 €

\* Einzelwechsel der Leuchtmittel am Ende der Lebensdauer (weniger als 5 % haben den Wert nicht erreicht)

\*\* CO<sub>2</sub> Emission berechnet auf 0,22 kg/kWh auf Basis Betriebsstunden/Jahr

Nicht aus der Berechnung hervorgehend, aber doch nicht unwesentliche Vorteile der MASTER Colour CDM – TD [HIT] (oder ähnliche) sind unter anderem die bessere Farbwiedergabe während der gesamten Lebensdauer. Durch die kompakte Bauweise der Lampe lässt sich das Licht sehr gut lenken. Die Wärmeabgabe ist ebenso niedriger wie das Ausbleichrisiko dank besserem UV-Schutz.

### Vergleich zwischen einer Quecksilberdampflampe und einer Halogen-Metallampflampe

Tabelle 6.3.2 – Vergleich zwischen Quecksilberdampflampe und Halogen-Metallampflampe

	Quecksilberdampflampe	Halogen-Metallampflampe
Lebensdauer *	8000 Stunden	12000 Stunden
Anzahl Lampen	3,1 Stück	2,1 Stück
Energieverbrauch	125 W	75 W
Angenommene Betriebsstunden/Jahr	2500 Stunden	2500 Stunden
Gesamtverbrauch/10 Jahre	3125 kWh	1875 kWh
Stromkosten [€/kWh]	0,13 €	0,13 €
Kaufpreis/Lampe	8,11 €	48,28 €
Entsorgungskosten	0,3 €	0,3 €
Wechselkosten	62 €	42 €
CO <sub>2</sub> Emission **	687,5 kg	412,5 kg
<b>Kosten pro Lampe auf 10 Jahre</b>		
Energiekosten	406,25 €	243,75 €
Lampenkosten (Wechselkosten)	25,14 € (62 €)	23,8 € (42 €)
Gesamtkosten	493,39 €	309,55 €
EINSPARUNG		183,84 €
CO <sub>2</sub> – Einsparung		275 kg

\* Einzelwechsel der Leuchtmittel am Ende der Lebensdauer (weniger als 5% haben den Wert nicht erreicht)

\*\* CO<sub>2</sub> Emission berechnet auf 0,22 kg/kWh auf Basis Betriebsstunden/Jahr

Quecksilberdampflampen sind, aus umwelttechnischem- und wirtschaftlichem Interesse, grundsätzlich nicht mehr zu verwenden. Deshalb wird hier auch keine „bessere“ Quecksilberdampflampe vorgestellt.

### Vergleich zwischen einer Leuchte im Bestand und einer neueren Entwicklung

In Tabelle 6.3.3. ist ein Vergleich zwischen den beiden bisher in Wien eingesetzten Leuchten: Seilleuchte für die Straßen und Kugelleuchte für die Parkbeleuchtung dargestellt. Die Stromersparnis beträgt nach 10 Jahren Betrieb knapp 1100 kWh bei der Seilleuchte und knapp 1600 kWh bei der Kugelleuchte. Dies entspricht einer CO<sub>2</sub> Einsparung pro Leuchte von 240 bzw. 350 kg.

Tabelle 6.3.3 – Vergleich zwischen 2 Seilleuchten und 2 Kugelleuchten

	Type	Leuchtmitteltype	Anzahl Leuchtmittel	Systemwirkleistung (W)	Lampenlichtstrom (lm)	Lichtausbeute Lampe (lm/W)	Nutzlichtstrom (lm) unterer Halbraum (0-90)	Nutz-Lichtausbeute Leuchte (lm/W)	Betriebsstunden pro Jahr	Nutzlebensdauer Leuchtmittel	Nutzlebensdauer Leuchte	Betriebsstunden (in 10 Jahren)	Wartungsintervall (Jahre)	Installationskosten	Gesamtstromverbrauch nach 10 Jahren (KWh) *)
Straßen-beleuchtung	Seilleuchte Wien	TL 40W (38mm)	2	96	5600	58,3	4100	42,7	4200	8000	25	42000	2	280	4032
	Seilleuchte Wien NEU (LINEA S3 EVG)	TL 36W (26mm)	2	70	6600	94,3	4400	62,9	4200	16000	25	42000	4	440	2940
	nur Einsatz TL2x36W EVG	TL 36W (26mm)	2	70	6600	94,3	4400	62,9	4200	16000	25	42000	4**)	150	2940
Weg beleuchtung	Kugelleuchte „Donauinsel“	HQL 80W	1	89	4000	44,9	1650	18,5	4200	12000	25	42000	3	260	3738
	Kugelleuchte NEU (AK39 Mastleuchte)	CPO TW 45	1	51	4300	84,3	2600	51	4200	12000	25	42000	3	350	2142

Quelle: AE Austria

\*) Gesamtstromverbrauch bedeutet hier Elektrische Gesamtwirkarbeit in KWh, wichtige Angaben über Blindarbeit (KVAR) sind nicht enthalten (die früher installierten Systeme waren alle unkompensiert  $\cos \phi < 0,5$ )

\*\*) Einsatztausch ohne zusätzliche Installationskosten im Zuge eines Lampentausches möglich



# 7

## EMPFEHLUNGEN

### 7.1 Allgemeine Empfehlungen

#### 7.1.1 Lichtplanung

Zu Beginn braucht man ein gut durchgeplantes Lichtkonzept, dabei sind wichtige Kriterien die Art der Beleuchtung, die Dimmbarkeit der Lampen, aber auch Tageslichtsensorik bzw. Tageslichtumleitung. Neben der Anordnung der Lichtpunkte ist auch die Anordnung und Auswahl der Möbelstücke und der Wandfarbe eine wichtige Entscheidung. Wand und Möbel sollten grundsätzlich hell sein und die Arbeitsfläche in Fensternähe angeordnet sein. So kann man tagsüber das Sonnenlicht optimal nutzen.

#### Richtige Platzierung der Leuchten

In vielen Fällen werden Leuchten falsch platziert und somit gelangt auch die notwendige Beleuchtungsstärke an den falschen Ort. Anstatt mehrere Leuchten mit jeweils einem Leuchtmittel zu verwenden, werden oftmals wenige Leuchten – da günstiger – mit je 2 Leuchtmitteln eingesetzt. Folglich ist es an manchen Stellen heller als nötig und an anderen ist eventuell sogar zu wenig Licht vorhanden.

Vielfach werden Leuchten zu nahe an Fenstern platziert (z.B. oft in Schulen). So geht jedoch viel Licht verloren, da Leuchten natürlich auch seitlich Licht abstrahlen. Man sollte Leuchten daher möglichst nicht in der Nähe von Fenstern platzieren!

## Weitere Energieeinsparungen sind möglich

Dank elektronischer Vorschaltgeräte lassen sich nun auch Leuchtstofflampen mit Phasenabschnittsdimmern in der Helligkeit regeln.

Dies kann besonders in Schulen, Universitäten usw. von Nutzen sein, da hier der Beleuchtungsbedarf oftmals sehr unterschiedlich ist.

Zum Beispiel wird bei Klausuren viel Licht benötigt, bei Vorlesungen etwas weniger und bei Präsentationen nur ganz wenig Licht.

Durch Lichtsensoren lässt sich feststellen, ob das Tageslicht ausreicht oder ob künstliches Licht zusätzlich eingeschaltet werden muss.

Solch eine Investition kann sich bei großen Lichtanlagen sehr schnell auszahlen.

Mittels Präsenzmeldern lässt sich ganz einfach feststellen, ob sich Personen im Erfassungsbereich des Präsenzmelders aufhalten. Denn nur wenn sich Personen in dem Bereich aufhalten, ist das Licht eingeschaltet. Auch diese Investition sollte man sich bei der Planung von größeren Lichtanlagen überlegen.

Falls man alle diese Punkte bei der Planung einer neuen Anlage mit Rasterleuchten und EVG's beachtet, ist es möglich, die bisherigen Energiekosten zu halbieren!

## Lichtkonzept

Steigende Energiekosten machen die Energieeffizienz der Gebäudetechnik zu einem wichtigen Faktor für die Wirtschaftlichkeit. Dabei ist eine gründlichen Bedarfsanalyse und die Planung der Beleuchtung wichtig. Danach sorgen energiesparende Komponenten wie Leuchtstoffröhren oder LEDs, elektronische Vorschaltgeräte und eine intelligente Lichtsteuerung für die Optimierung der Gebäudekosten.

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer Beleuchtungsanlage müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden. Neben den einmaligen Investitionskosten wie Anschaffungs- und Installationskosten sind es vor allem die Betriebskosten für Strom, Reinigung und Wartung, die über Sinnhaftigkeit einer Investition entscheiden.

Moderne Lichtsysteme verhindern, dass Licht in leeren Büros und am Tage, wenn das Sonnenlicht ausreichen würde, verschwendet wird.

## Licht am Arbeitsplatz

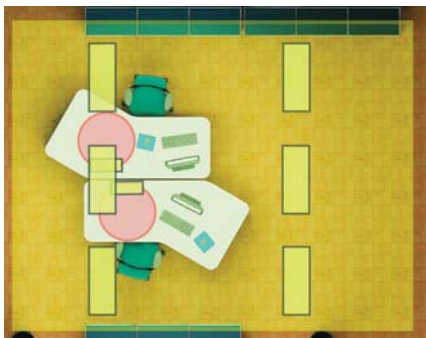
Die neue europäische Norm DIN EN 12464-1 erfordert ein Umdenken bei der Lichtplanung. Früher stand die Beleuchtungsstärke im ganzen Raum und die gleichmäßige Leuchtdichte Verteilung im Vordergrund. Heute hat man erkannt, dass eine dynamische Raumbeleuchtung wesentlich mehr Lichtqualität für Mitarbeiter und eine höhere Energieeffizienz mit sich bringt.



Diese Norm verlangt unter anderem:

- die Berücksichtigung des Tageslichts bei der Beleuchtungsplanung
- eine differenzierte Betrachtung der Sehaufgaben und des Umgebungsbereichs
- eine bessere Einhaltung der Wartungswerte
- eine Anpassung der Grenzwerte für die Direkt- und Reflektionsblendung

Abbildung 7.1.1 – altes Lichtkonzept



Quelle: Waldmann

Ein veraltetes Lichtkonzept mit Standard-Rasterleuchten und gleichförmiger Raumbeleuchtung.

Abbildung 7.1.2 – zeitgemäßes Lichtkonzept



Quelle: Waldmann

Das Lichtkonzept sorgt für hohe Lichtqualität im Bereich der Bildschirmarbeit und im Schreib- und Lesebereich.

### Hinweis zu Herstellerangaben

Oftmals werben Anbieter für ihre sparsamen Produkte nur mit der Leistungsaufnahme und lassen wichtige Angaben wie Lichtstrom (Lumen) und Lichtausbeute („Licht“ pro aufgenommener „Leistung“) unter den Tisch fallen.

### 7.1.2 Adapter zu Leuchtstoffröhren

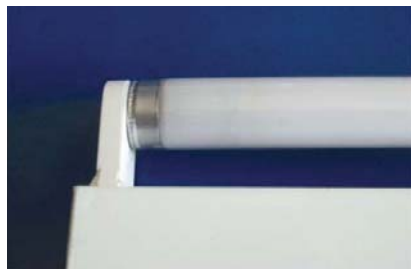
Zum Beispiel werden Adapter angeboten, die den Betrieb einer hocheffizienten 35 Watt T5-Lampe an einer Fassung für 58 Watt T8-Lampen ermöglichen.

Die Leistungsaufnahme einer T5 35 Watt Lampe ist gegenüber einer T8 58 Watt Lampe wesentlich geringer auch ist der Wirkungsgrad bei der T5 höher als bei der T8 Leuchte. Weshalb sich Investitionen in Adapter in der Regel bereits nach kurzer Zeit amortisieren.

Ein großer Nachteil durch diesen Adapter ergibt sich daraus, dass die Raster des Beleuchtungssystems nicht auf die dünner gebaute T5 Leuchte ausgerichtet sind und somit der bessere Wirkungsgrad einer T5 Leuchte nicht optimal ausgenutzt werden kann. 35 W Röhren haben viel geringeren Lichtstrom als 58 W Röhren gleicher Bauart! Es wird zu finster! Weiters können nur Leuchten mit KVG adaptiert werden, was bei wenigen Leuchten derzeit der Fall ist. Die Garantie- und Haftungsfrage durch den Eingriff in die Leuchte und das Leuchtmittel ist nicht eindeutig gelöst und daher gilt es hier vorsichtig zu sein.

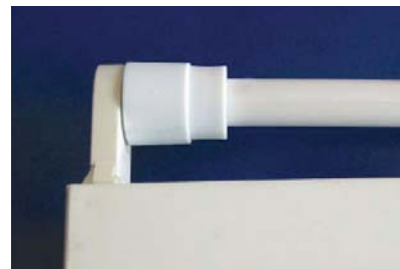
Generell ist zu sagen, das solche Lösungen vielleicht kurzfristig Sinn machen, aber langfristig gegen eine nachhaltige und energieeffiziente Lichtlösung auf alle Fälle das Nachsehen haben.

Abbildung 7.1.3 – T8 Leuchtstofflampe



Quelle: Philips

Abbildung 7.1.4 – T5 Leuchtstofflampe mit Adapter



### Stromsparadapter, Dimmadapter für KVGs

Es gibt am Markt eine Vielzahl an Adaptern meist für T8 Leuchtstofflampen mit KVG. In der Regel sind alle Angebote mit Vorsicht zu genießen, da zwar oft weniger Watt benötigt werden, allerdings der Blindstromanteil um ein Vielfaches erhöht wird.

## 7.2 Empfehlungen für die privaten Haushalte und Gewerbe

### Haushalt

Gerade in den Haushalten ist noch ein sehr großes, bis zu 80%iges, Einsparungspotenzial vorhanden. Es hat sich die sehr positive Entwicklung der Kompaktleuchtstoffröhren in den letzten Jahren noch nicht bis in die einzelnen Haushalte

durchgesprochen. Somit kann man noch von einer sehr hohen Prozentanzahl (weit über 50 %) von herkömmlichen Glühlampen ausgehen, die weiterhin in Verwendung ist. Da bei der Energiesparlampe Anfangsprobleme wie Flimmern, geringe Ein-/Ausschaltzyklen oder lange Startzeiten beseitigt werden konnten, ist diese nahezu überall im Haushalt einsetzbar.

Zusätzlich zum Wechsel auf Energiesparlampen kann auch beim Nutzerverhalten noch sehr viel an Energieeinsparung erreicht werden. Einfach verständliche Informationsbroschüren bzw. Artikel in diversen Mitteilungsblättern, sowie am „Schwarzen Brett“ wären eine gute Möglichkeit in diesem Bereich Bürger zu informieren.

## Industrie/Büros

Bei Produktionsstätten ist der entscheidende Faktor bei der Wahl des Beleuchtungssystems, dass eine ausreichende Beleuchtung für die vorherrschende Sehaufgabe vorhanden ist. Erhöhte Beleuchtungsstärke und optimale Lichtführung fördern somit die Produktivität, da die Fehlerhäufigkeit und Unfallgefahr vermindert wird. Eine gleichmäßige Beleuchtung und entsprechende Leuchtenpositionierung vermeiden Reflexblendungen durch Werkstücke oder Maschinenoberflächen und somit vorzeitige Ermüdung der Arbeitenden.

Bei der Beleuchtung für eine bestimmte Arbeitszone sind Lichtbäder mit hochwertigen Reflektoreinsätzen mit T5 Leuchtstofflampen und EVG die beste Variante.

Bei Hallenhöhen über 5 Meter sind Hochdruck-Entladungslampen oder Leuchtstofflampen mit hoher Lichtstärke sehr gut geeignet.

Bei benötigter punktueller Beleuchtung können LED-Module eine günstige und langlebige Alternative sein.

Für die Beleuchtung in Aktenschränken sind tiefstrahlende T5 Lampen am besten geeignet, da sie sich durch eine hohe Schaltfestigkeit auszeichnen. Bei Höhen ab 5 Meter sind Prismenreflektorleuchten mit Kompaktleuchtstofflampen oder Hochdruck-Entladungslampen am besten geeignet. Speziell bei räumlich schwer zugänglichen Leuchten ist es wichtig darauf zu achten, dass eine lange Lebensdauer der Lampen gewährleistet ist.

Bei den Arbeitsstätten im Freien werden vorwiegend Hochdruck-Entladungslampen eingesetzt, für die Beleuchtung von Produktionsanlagen können auch Leuchten für Leuchtstofflampen zweckmäßig sein. Je nach Größe der zu beleuchtenden Fläche werden pro Lichtpunkt mehrere Leuchten auf einem Mast zusammengefasst.

Auch ohne Leuchtentausch kann in den meisten Fällen viel an Qualität gewonnen und an Stromkosten gespart werden. Durch die regelmäßige Reinigung von Leuchte und Wänden ist eine höhere Effizienz bei der Gesamtlichtausbeute gegeben. Neue Leuchtmittel hingegen schaffen mit höherer Effizienz und Qualität auch eine längere Lebensdauer (bis 30.000 Stunden), was ebenfalls Wartungskosten für den Lampentausch senkt.

## Parkgaragen

Eine sehr effektive Maßnahme ist, wenn Garagen mit Bewegungsmeldern und regelbaren Leuchten ausgestattet werden. Hinzu kommt die Verwendung von T5-Leuchten. Speziell dafür entwickelte Lösungen gibt es bereits. Durch diese Maßnahmen kann bei gleichzeitiger Verbesserung der Helligkeit der Stromeinsatz für die Beleuchtung um bis zu 20 % reduziert werden.

Eine helle Farbgebung der Wände vermittelt neben der Stromersparnis auch einen freundlicheren Eindruck und ein besseres Sicherheitsgefühl bei den Benutzern. Damit ist aber noch nicht das Maximum an Verbesserung erreicht, auch Park- und Fahrflächen heller zu gestalten ist heutzutage möglich. Die Helligkeit innerhalb der Garage kann dadurch erneut merklich gesteigert werden, die höhere Reflexion ermöglicht noch zusätzliche Energieeinsparungen.

## Einzelhandel

Gerade in Kaufhäusern ist die Beleuchtung ein sehr wichtiger „Verkaufspartner“. Entsprechendes Licht lässt z.B. Obst und Gemüse besser aussehen. Hier ist es besonders wichtig auf die richtige Lichtplanung zu achten. Auf Grund dieser Tatsache, ist bei den großen Verkaufsketten die Lichtplanung schon fix in Renovierungsarbeiten bzw. Neubau integriert. Sehr zu empfehlen ist das Angebot des ÖkoBusinessPlan Wien, der sich an Einkaufszentren wie auch an den Einzelhandel richtet.

## Hotel und Gastronomie

Gerade in Hotels und Gastronomien ist der Wohlfühleffekt der Beleuchtung von großer Bedeutung. Zur Gestaltung von blendfreien glatten Decken werden häufig Downlights im Deckeneinbau verwendet. Energiesparende Halogenlampen können hier bis zu 65 % der Kosten sparen. Die Verwendung von Energiesparlampen statt Glühlampen ist bei einer langen Leuchtdauer wie in Hotels bzw. Gastronomiebetrieben sehr zu empfehlen. Für die Notfallbeleuchtung und sonstigen Markierungen sind LED-Module bestens geeignet.



# 8

## ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN

In der Beleuchtungsindustrie gibt es zwei absolute Marktführer im Bereich Leuchtmittel, diese sind die Firmen Philips und Osram (seit 1978 im Siemens Konzern). Sie sind auch die einzigen Firmen weltweit, die noch Forschung in diesem Bereich betreiben (ausgenommen LED). Eine der neuesten Entwicklungen der Firma Philips ist das Lampen-Vorschaltssystem CPO CosmoPolis, dieses System für den Außenbereich zeichnet sich durch hohe Energieeffizienz und Lichtausbeute aus (~ 95 lm/w), besonders hervorzuheben ist auch die rein-weiße oder gelbe Lichtfarbe.

Bereits länger Stand der Technik im Bereich Leuchtstofflampen ist die T5 oder T16 Technologie mit Röhren von 16 mm Durchmesser. Diese ermöglicht Effizienz bei der Herstellung, beim Einbau und im Betrieb durch niedrigeren Energieverbrauch, im Vergleich zu ihrem Vorgänger der T8.

Im Bereich der Leuchten ist der Markt zwar vielschichtiger, die Innovationen aber geringer, Ausnahmen sind vorhanden. Das Zusammenspiel der Leuchtmittelhersteller mit den Leuchtenherstellern funktioniert sehr gut. So werden schon parallel zu neuen Lampentechnologien die dazugehörigen Leuchten entworfen. Design ist überhaupt das prägende Element bei den verschiedenen Herstellern. Die Spiegeltechnik, welche hinsichtlich Design, Beleuchtungsmöglichkeiten und Energieeffizienz viele neue Möglichkeiten eröffnet hat, wird in der Stadt schon häufig, aber noch immer viel zu selten eingesetzt.

Derzeit besteht großes Interesse an neuen Entwicklungen rund um die LED. Leider ist sie für gegenständliche Anwendungen in der Innenraum- wie in der Straßenbeleuchtung nur bedingt, wenn überhaupt geeignet. Ihre Stärke liegt in der punktuellen exakten Anstrahlung von Gegenständen und Flächen, auch auf

größere Distanz. Besonders im Außenbereich bei Verkehrslichtsignalanlagen (VLSA), Akzentbeleuchtung bei Anstrahlungen und Weihnachtsbeleuchtungen führt kein Weg an dieser energieeffizienten und langlebigen Technologie vorbei.

Den Weg in die herkömmlichen Arbeitsräume und Wohnbereiche wird die LED wohl erst in einigen Jahren gefunden haben. Außerhalb der Effektbeleuchtung gibt es hier wenig Anwendungsbereiche in denen die LED derzeit und in mittelfristiger Zukunft ihre Vorteile ausspielen kann.

Eine weitere Leuchtdiode benannt nach ihrem Aufbau aus organischen Halbleitermaterialien, kurz OLED, ist noch ein Stück weiter weg vom Massenmarkt, als die herkömmliche anorganische LED. Die OLED bietet zwar den Vorteil auch Flächen gleichmäßig bestrahlen zu können, doch liegt ihre Leuchtstärke auch noch in längerer Zukunft weit unter den Erfordernissen einer öffentlichen Beleuchtung. Einsatzbereiche sind ähnlich wie bei der LED Effektbeleuchtung. Generell werden diese beiden Technologien (mit der Ausnahme VLSA) keine bisherigen Beleuchtungsfunktionen ersetzen, viel mehr werden sie neue Anwendungen, vor allem im kreativen Designbereich schaffen.

Die zukünftigen Entwicklungen der Beleuchtung gehen in Richtung des Beleuchtungsmanagements. Die Technologien hierzu, die bereits Stand der Technik sind, heißen Tageslichtsensorik, Anwesenheitssensorik (Bewegungsmelder) und Lichtsteuerungssysteme (wie DALI). Gekoppelt und geschickt eingesetzt (Lichtplanung!) schaffen diese Drei eine Reduktion des Energiebedarfs um 70 % und mehr, unabhängig von Leuchtmittel und Leuchte. In allen drei Fällen wird der Nutzer seiner Verantwortung des sinnvollen Lichteinsatzes enthoben, und eine Elektronik übernimmt eine nahezu fehlerfreie Steuerung.





# 9

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Stadt Wien steht vor einer großen Herausforderung. Die Technik und das Wissen ist vorhanden, auch wenn es scheinbar wenig Neuerungen oder Entwicklungssprünge im Beleuchtungssektor gibt, so ist mit dem derzeitigen Angebot eine enorme Einsparung möglich, wenn flächendeckend eingesetzt. Für den privaten Bereich gibt es nur einen zu beschreitenden Weg. Dieser lautet: Wissen schaffen, Alternativen anbieten und leicht zugänglich machen, sowie dafür Sorge tragen, dass beim Umstieg der Nutzen die Kosten übertrifft. Wenn zwei von drei Dingen gegenwärtig bereits vorhanden sind, weiß man wo man ansetzen muss: Mehr Wissen schaffen.

Die Potentiale zur Einsparung durch Änderung des Nutzer- und Einkäuferverhaltens sind auch bedeutend und nicht vernachlässigbar. Soviel auch über Energiesparen bereits weitergebildet wurde – das Wissen ist auch vorhanden – so scheitert es an der Umsetzung. Anreizsysteme für alle Nutzer von Beleuchtung scheinen hier ein probates und wirksames Mittel zu sein, welche zudem einfach und kostenschonend eingeführt werden kann. Das gelebte und eingeprägte Gefühl, „die Energierechnung zahlt ohnehin jemand anders“ besonders im Arbeitsbereich gehört eliminiert, denn es ist nicht nur aus umweltpolitischer, sondern auch aus volkswirtschaftlicher Sicht falsch.

# 10 ANHANG

## 10.1 Quellenverzeichnis

- [1] STADT WIEN MA 27, SEP – Städtisches Energieeffizienz Programm; „Konzept 2006“
- [2] PHILIPS; „Beleuchtungskatalog 2007/2008“ (inklusive Informationsblätter)
- [3] WALDMANN Lichttechnik; „eos – Elegantes Indirektlicht.“
- [4] WALDMANN; „TWIN-C“
- [5] TRILUX; „Planungshilfe-Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen
- [6] OSRAM; „Lichtprogramm 2006/2007“
- [7] ZUMTOBEL; „Humanergy Balance“
- [8] ZUMTOBEL; „Licht-Handbuch für den Praktiker“
- [9] TU Wien Bericht; „Elektrizitätsbedarf und Effizienz bis 2030“
- [10] Webseite von WIKIPEDIA, [www.de.wikipedia.org](http://www.de.wikipedia.org)
- [11] Webseite von AE AUSTRIA, [www.aeustria.at](http://www.aeustria.at)
- [12] Webseite von PHILIPS, [www.philips.at](http://www.philips.at)
- [13] Webseite von KONSUMENT, [www.konsument.at](http://www.konsument.at)
- [14] Webseite der STADT WIEN, [www.wien.gv.at](http://www.wien.gv.at)
- [15] Webseite der ENERGY AGENCY, [www.energyagency.at/\(de\)/projekte/greenlight\\_wipark.htm](http://www.energyagency.at/(de)/projekte/greenlight_wipark.htm)
- [16] Webseite von STATISTIK AUSTRIA, [www.statistikaustria.at](http://www.statistikaustria.at)
- [17] Webseite der Firma WIPARK; [www.wipark.com](http://www.wipark.com)

## 10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1.1 –	Lichtstrom	4
Abbildung 3.1.2 –	Lichtstärke	5
Abbildung 3.1.3 –	Beleuchtungsstärke	5
Abbildung 3.1.4 –	Leuchtdichte	5
Abbildung 3.1.5 –	Wartungsfaktor	7
Abbildung 3.4.1 –	Energieetikett	9
Abbildung 5.1.1 –	Glühlampe	16
Abbildung 5.1.2 –	Kompaktleuchtstofflampe	16
Abbildung 5.1.3 –	Leuchtstofflampe	17
Abbildung 5.1.4 –	Halogenleuchtstofflampe	18
Abbildung 5.1.5 –	Rasterleuchte	19
Abbildung 5.1.6 –	Pendelleuchte	19
Abbildung 5.1.7 –	Stehleuchte	19
Abbildung 5.3.1 –	Kiviatgraph	23
Abbildung 5.3.2 –	Einsparpotenzial	24

Abbildung 5.3.3 –	Tages- und Kunstlicht in Kombination	24
Abbildung 5.3.4 –	Ohne Wartungskontrollsystem: überhöhter Lichtoutput bei konstant hohem Energieverbrauch	25
Abbildung 5.3.5 –	Mit Wartungskontrollsystem: konstanter Lichtoutput bei reduziertem Energieverbrauch	25
Abbildung 5.3.6 –	Energieersparnis im Verhältnis zur konventionellen Lichtlösung	26
Abbildung 6.1.1 –	Natriumdampflampe	27
Abbildung 6.1.2 –	Quecksilberdampflampe	28
Abbildung 6.1.3 –	Seilleuchte	29
Abbildung 6.1.4 –	Mastleuchte	29
Abbildung 6.1.5 –	Kugelleuchte	29
Abbildung 6.2.1 –	Halogen-Metallampflampe	30
Abbildung 6.2.2 –	LED	30
Abbildung 6.2.3 –	CosmoPolis mit CosmoWhite	31
Abbildung 7.1.1 –	altes Lichtkonzept	36
Abbildung 7.1.2 –	zeitgemäßes Lichtkonzept	36
Abbildung 7.1.3 –	T8 Leuchtstofflampe	37
Abbildung 7.1.4 –	T5 Leuchtstofflampe mit Adapter	37

### 10.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1.1 –	Mindestbeleuchtungsstärke	6
Tabelle 3.4.1 –	Vorschaltgeräteklassen	9
Tabelle 4.1.1 –	Übersicht Beleuchtungseinsatz in der Stadt Wien	11
Tabelle 5.1.1 –	Leuchtenvergleich	20
Tabelle 5.2.1 –	Vergleich zwischen Glühlampe – Energiesparlampe	21
Tabelle 5.2.2 –	Vergleich zwischen einer Leuchtstofflampe T8 und einer Leuchtstofflampe T5	21
Tabelle 6.3.1 –	Vergleich zweier Halogendampflampen	31
Tabelle 6.3.2 –	Vergleich zwischen Quecksilberdampflampe und Halogen-Metallampflampe	32
Tabelle 6.3.3 –	Vergleich zwischen 2 Seilleuchten und 2 Kugelleuchten	33



**Effiziente Technik**

Interessenten können das Städtische-Energieeffizienz-  
Programm der Stadt Wien und weitere Informationen  
aus dem Internet downloaden ([www.sep.wien.at](http://www.sep.wien.at)) oder  
in gedruckter Form beziehen (Tel.: +43(1)4000 27007).