



Licht

Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen

Bundesamt für Konjunkturfragen



■ **Projektleiter:**

Christian Vogt (deutsche Schweiz)

Prof. J.-L. Scartezzini (welsche Schweiz)

■ **Beratende Projektgruppe:**

Prof. J.-L. Scartezzini, Universität Genf

Dr. Blaser, Eidg. Amt für Messwesen, Bern

M. Güntensberger, Eidg. Arbeitsinspektorat, Zürich

Dr. Bertschinger, Bernische Kraftwerke AG, Bern

M. Etz, Bernische Kraftwerke AG, Bern

■ **Autorenteam:**

Carl-Heinz Herbst, Dipl.Ing. Lichttechnik, Feldmeilen

Mario Rechsteiner, Amstein+Walthert AG, Zürich

Christian Vogt, Amstein+Walthert AG, Zürich

■ **Trägerschaft:**

Schweizerische Lichttechnische Gesellschaft, Bern

■ **Gestaltung**

Education Design Sepp Steibli, Bern

Copyright ©
Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, April 1994.

Auszugsweiser Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt.
Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale EDMZ
(Best.-Nr. 724.329.4 d)

Form. 724.329.4 d 4.94 2000 U15332



Vorwort

Das Aktionsprogramm «Bau und Energie» ist auf sechs Jahre befristet (1990–1995) und setzt sich aus den drei Impulsprogrammen (IP) zusammen:

- IP BAU – Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER – Erneuerbare Energien.

Mit den Impulsprogrammen, die in enger Kooperation von Wirtschaft, Schulen und Bund durchgeführt werden, soll der qualitative Wertschöpfungsprozess unterstützt werden. Dieser ist gekennzeichnet durch geringen Aufwand an nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energie sowie abnehmende Umweltbelastung, dafür gesteigerten Einsatz von Fähigkeitenkapital.

Im Zentrum der Aktivität von RAVEL steht die Verbesserung der fachlichen Kompetenz, Strom rationell zu verwenden. Neben den bisher im Vordergrund stehenden Produktions- und Sicherheitsaspekten soll verstärkt die wirkungsgradorientierte Sicht treten. Aufgrund einer Verbrauchsmatrix hat RAVEL die zu behandelnden Themen breit abgesteckt. Neben den Stromanwendungen in Gebäuden kommen auch Prozesse in der Industrie, im Gewerbe und im Dienstleistungsbereich zum Zuge. Entsprechend vielfältig sind die angesprochenen Zielgruppen: Sie umfassen Fachleute auf allen Ausbildungsstufen wie auch die Entscheidungsträger, die über stromrelevante Abläufe und Investitionen zu befinden haben.

■ Kurse, Veranstaltungen, Publikationen, Videos, etc.

Umgesetzt werden sollen die Ziele von RAVEL durch Untersuchungsprojekte zur Verbreiterung der Wissensbasis und – darauf aufbauend – Aus- und Weiterbildung sowie Informationen. Die Wissensvermittlung ist auf die Verwendung in der täglichen Praxis ausgerichtet. Sie baut hauptsächlich auf Publikationen, Kursen und Veranstaltungen auf. Es ist vorgesehen, jährlich eine RAVEL-Tagung durchzuführen, an der jeweils – zu einem Leitthema – umfassend über neue Ergebnisse, Entwicklungen und Tendenzen in der jungen, faszinierenden Disziplin der rationellen Verwendung von Elektrizität informiert und diskutiert wird. InteressentInnen können sich über das breitgefächerte, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint viermal jährlich und ist (im Abonnement) beim Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, gratis erhältlich. Jedem/r Kurs- oder VeranstaltungsteilnehmerIn wird jeweils eine Dokumentation abgegeben. Diese besteht zur Hauptsache aus der für den entsprechenden Anlass erarbeiteten Fachpublikation. Die Publikationen können auch unabhängig von Kursbesuchen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern, bezogen werden.

■ Zuständigkeiten

Um das ambitionöse Bildungsprogramm bewältigen zu können, wurde ein Organisations- und Bearbeitungskonzept gewählt, das neben der kompetenten Bearbeitung durch SpezialistInnen auch die Beachtung der Schnittstellen im Bereich der Stromanwendung sowie die erforderliche Abstützung bei Verbänden und Schulen der beteiligten Branchen sicherstellt. Eine aus Vertretern der interessierten Verbände, Schulen und Organisatio-



nen bestehende Kommission legt die Inhalte des Programmes fest und stellt die Koordination mit den übrigen Aktivitäten, die den rationellen Einsatz der Elektrizität anstreben, sicher. Branchenorganisationen übernehmen die Durchführung der Weiterbildungs- und Informationsangebote. Für deren Vorbereitung ist das Programmleitungsteam (Dr. Roland Walthert, Werner Böhi, Dr. Eric Bush, Jean-Marc Chuard, Hans-Ruedi Gabathuler, Jürg Nipkow, Ruedi Spalinger, Dr. Daniel Spreng, Felix Walter, Dr. Charles Weinmann sowie Eric Mosimann, BfK) verantwortlich. Die Sachbearbeitung wird im Rahmen von Ressorts durch Projektgruppen erbracht, die inhaltlich, zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben (Untersuchungs- und Umsetzungsprojekte) zu lösen haben.

■ Dokumentation

Die Beleuchtung von Verkaufsräumen stellt ein spezielles Gebiet der Lichttechnik dar. Denn das Licht hat in diesem Fall nicht nur die Aufgabe die Arbeit zu erleichtern bzw. zu optimieren, es stellt auch ein aktives Verkaufsmittel dar, welches direkten Einfluss auf die Kauflust der Kunden hat.

Die vorliegende Dokumentation zeigt Möglichkeiten auf, wie die Beleuchtung dieser Aufgabe mit geringst möglichem Energiekonsum gerecht werden kann, so dass eine auf Objekt, Ware und Verkaufserfolg optimierte Kunstlichtanlage erzielt wird. Im weiteren wird das Erstellen einer beleuchtungsspezifischen Nutzwertanalyse erklärt, welche Bestandteil jeder umfassenden Wirtschaftlichkeitsanalyse sein sollte.

Die vorliegende Publikation soll somit den entsprechenden Entscheidungsträgern und den Praktikern bei ihrer täglichen Arbeit helfen, damit Verkaufsräume nicht nur attraktiv sondern auch energiesparend beleuchtet werden. Diesem Ziel dient auch die am Ende aufgeführte Checkliste. Diese Dokumentation ist Teil einer Viererreihe, welche die Grundlagen, sowie die spezifischen Merkmale von Industrie-, Büro- und Verkaufsraumbeleuchtung bzw. -belichtung behandeln.

Alle vier Hefte wurden nach einer detaillierten Vernehmlassung und dem Anwendungstest in Pilotveranstaltungen nochmals überarbeitet. Die Autoren hatten zudem freie Hand, Ansichten über einzelne Fragen nach eigenem Ermessen zu beurteilen und zu berücksichtigen und tragen somit auch die Verantwortung für den Inhalt. Unzulänglichkeiten, welche sich bei der praktischen Anwendung ergeben, können bei einer allfälligen Überarbeitung behoben werden. Das Bundesamt für Konjunkturfragen oder der Kursleiter Ch. Vogt nehmen diesbezügliche Anregungen gerne entgegen.

Für die wertvolle Mitarbeit aller, welche zum Gelingen der vorliegenden Publikation beigetragen haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

März 1994

Bundesamt für Konjunkturfragen
Dr. B. Hotz-Hart
Vizedirektor für Technologie



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Beispiele	11
2.1	Warenhaussanierung	11
2.2	Einfluss der Kundengruppe	13
2.3	Lebensmittelladen	15
2.4	Schaufensterbeleuchtungen	16
2.5	Möbelausstellung	19
2.6	Allgemeinbeleuchtung	20
3	Energiemanagement und Wirtschaftlichkeit	25
3.1	Energiewirtschaftliche Aspekte der Beleuchtung	25
3.2	Einsparungen durch Schalten und Regulieren	26
3.3	Nutzwertanalyse	28
3.4	Einflussfaktor Geschäftsimage	34
3.5	Farbgestaltung	36
4	Tageslicht	39
4.1	Theorie und Praxis	39
4.2	Spiegelung in Schaufenstern	40
4.3	Ausbleichen und Vergilben	43
5	Unterhalt	45
5.1	Reinigung	45
5.2	Leuchtenmontage	45
5.3	Gruppenauswechslung	46
5.4	Entsorgung	46
6	Lampen	49
6.1	Allgemeines	49
6.2	Allgebrauchs-Glühlampe	53
6.3	Reflektorglühlampe	53
6.4	Leuchtstofflampen	54
6.5	Hochleistungs-Leuchtstofflampen	55
6.6	Kompaktleuchtstofflampen	55
6.7	Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	56
6.8	Halogen-Metaldampflampen	56
6.9	Weisse Natriumdampf-Hochdrucklampen	56
6.10	Einsparungen durch die geeignete Lampenwahl	57



7	Leuchten	61
7.1	Leuchtenarten	61
7.2	Einsparungen durch hohe Leuchtenwirkungsgrade	64
7.3	Klimatisierung	65
8	Betriebsgeräte	69
8.1	Allgemeines	69
8.2	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	70
9	Checkliste	73
9.1	Verkaufsraum	73
9.2	Schaufenster	74
10	Literaturverzeichnis	75
11	Stichwortregister	77
	Publikationen des Impulsprogrammes RAVEL	83



1 Einleitung

Die Beleuchtung von Verkaufsräumen stellt schon seit jeher ein spezielles Gebiet der Beleuchtung dar. Während in den meisten anderen Beleuchtungssituationen die Aufgabe des Lichtes darin besteht, das Arbeiten zu erleichtern und zu optimieren, ist es bei der Beleuchtung von Verkaufsflächen die Anregung und die Verführung, zu welcher das Licht verleiten soll.

Dies zu erreichen, gibt es viele Möglichkeiten. Und in Wahrheit sind der Phantasie wahrscheinlich keine Grenzen gesetzt. Doch es stellt eine Forderung unserer Zeit dar, diese Ideen und Phantasien so energieeffizient als möglich zu realisieren. Dazu ist das Wissen um den Stand der Beleuchtungstechnik und die Zusammenhänge zwischen Verkauf und Licht ein Muss.

Wird das Licht in einem Geschäft vernachlässigt, so sind oft falsche Beleuchtungsniveaus, ungenügende Farbwiedergabe und unnötig hoher Energieverbrauch die Folge davon. Eng damit verbunden sind hohe Wärmebelastungen und Unbehaglichkeit bei Kunden und Verkaufspersonal.

Dabei macht in vielen Verkaufsräumen der prozentuale Anteil des Energieverbrauches für die Beleuchtung etwa die Hälfte aus. Allein aus wirtschaftlichen Überlegungen lohnt es sich deshalb oft, der Beleuchtungsplanung verstärkt Aufmerksamkeit zu schenken. Vor allem bei Verkaufsräumen, welche neu gestaltet werden oder älter als zehn Jahre sind, ist es von Vorteil, eine Sanierung der Beleuchtung in Betracht zu ziehen.

Vergegenwärtigt man sich, dass etwa 80% bis 90% der Informationsvermittlung über das Auge stattfindet, so ist es verständlich, dass gute Verkaufsförderung auf dieser Erkenntnis aufbaut. Es ist eine altbekannte Sache, dass die Präsentation einer Ware einen direkten Einfluss auf die Kauflust eines Kunden hat. Dies wiederum verleitet aber leider allzu oft dazu, die Waren in einem «Meer» von Licht zu ertränken.

Die Beleuchtungstechnik ist von einer ständigen Weiterentwicklung geprägt. Das Lampenangebot wird stetig umfangreicher, Farbwiedergabequalität und Abmessungen verändern sich laufend. Ebenso wächst angesichts neuer Lampentechnologien das Angebot der dazu passenden Leuchten.

Allgemeingültige Lösungen kann es jedoch nicht geben. Zu vielfältig sind die verschiedenen Verkaufssituationen, Kaufgruppen und Bedürfnisse. Der Einzelfall muss somit anhand gestalterischer Kriterien, der vorhandenen Situation und einer umfassenden Wirtschaftlichkeits- und Nutzwertanalyse untersucht und so die jeweils günstigste Lösung erarbeitet werden.

■ Für wen ist dieses Heft?

Das vorliegende Heft ist für den Praktiker konzipiert. Es soll Betriebsleitern, Dekorateurs und technischen Diensten eine Hilfe bei ihrer täglichen Arbeit sein.

Anhand von Beispielen werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Beleuchtung von Verkaufsräumen und Schaufenstern zeitgemäss gestaltet werden kann, so dass eine auf Objekt und die ausgestellte Ware



angepasste, optimale Beleuchtung mit geringst möglichem Energieverbrauch erzielt wird.

Das Heft soll den Leser in die Lage versetzen, die ihn betreffende Beleuchtungssituation hinsichtlich Stand der Technik, Energieverbrauch und ergonomischen Gesichtspunkten objektiv beurteilen zu können. Damit er so eventuelle Verbesserungsvorschläge in die Praxis umsetzen bzw. die entsprechenden Schritte in die Wege leiten kann.

■ **Aufbau des Heftes**

Das vorliegende Heft ist in drei Hauptteile gegliedert.

Im ersten Teil **«Beispiele»** werden verschiedene – grösstenteils realisierte – Beispiele und deren spezifische Merkmale aufgeführt.

Im zweiten Teil wird der **«theoretische Hintergrund»** zu verschiedensten Aspekten der Beleuchtung aufgeführt.

Im letzten Teil sind **«Arbeitshilfen»** enthalten, welche eine effiziente Planung und Beurteilung unterstützen sollen. Im Schlussteil angefügt sind das **Literaturverzeichnis** sowie ein **Stichwortregister** zum schnellen Nachschlagen.

Es wurde versucht, den Aufbau des Heftes bewusst so zu gestalten, dass es dem geneigten Leser das Selbststudium erleichtert. So finden sich am Seitenrand allfällige Querverweise, Bild- und Tabellenunterschriften. Merksätze und wichtige Textteile werden durch einen Rahmen hervorgehoben.

**Wir wünschen Ihnen angenehme Stunden
bei der vorliegenden Lektüre.**



2 Beispiele

2.1	Warenhaussanierung	11
2.2	Einfluss der Kundengruppe	13
2.3	Lebensmittelladen	15
2.4	Schaufensterbeleuchtungen	16
2.5	Möbelausstellung	19
2.6	Allgemeinbeleuchtung	20



2 Beispiele

2.1 Warenhaussanierung

Das folgende Beispiel einer Sanierung der Beleuchtungsanlage eines Lebensmittelgeschäftes soll unter anderem aufzeigen, dass durch die Wahl einer geeigneten Leuchte auf der einen Seite Energie gespart und auf der anderen Seite eine attraktive Beleuchtung geschaffen werden kann.

Objekt: Verkaufsraum	Altanlage	Neuanlage
Leuchtentyp	Opal-Leuchte 4 x 40 Watt	Spiegelraster- Leuchte 2 x 58 Watt
Anschlussleistung	12,54 kW	5,3 kW
Betriebszeit pro Jahr	2000 h	2000 h
Energieverbrauch pro Jahr	25'080 kWh	10'600 kWh
Beleuchtungsstärke pro m ²	300 lux	500 lux
Mittelwertfaktor	1,285	1,285
Energiekosten pro kWh	Fr. 0.17	Fr. 0.17
mittlere Energiekosten/Jahr	Fr. 5'478.--	Fr. 2'315.--
mittlere Energiekosten- einsparung/Jahr		Fr. 3'163.--

Die Berechnungen basieren auf folgenden Werten:

Kalkulationszinssatz: 7%

Nutzungsdauer: 10 Jahre

Teuerung: 5%

Angaben zu Berechnungsart siehe
Publikation «RAVEL zahlt sich aus»
(724.397.42.01d)

Tabelle 1

Kommentar

Bei dieser Beleuchtung handelt es sich gleichzeitig um die Verkaufs- und die Allgemeinbeleuchtung. Diese Art der Beleuchtung trifft man oft in Discountläden oder in Verkaufsräumen von Detaillisten an. Durch einen minimalen Einsatz oder sogar gänzlichen Verzicht auf Lichtakzente ist der Energieverbrauch im Vergleich zu Warenhäusern und Verkaufsräumen des Einzelhandels wesentlich niedriger. Der Raumeindruck wirkt langweilig, da das Licht gleichmässig und monoton ist.

Siehe auch:

3.4 Einflussfaktor Geschäftsimage



Bild 2.1:
Verkaufsraumbeleuchtung mit Opal-
Leuchten 4 x 40 W (Quelle: Philips)



2.2 Einfluss der Kundengruppe

Aus dem folgende Beispiel ist ersichtlich, dass Warenhäuser verschiedener Kundengruppen unterschiedliche Beleuchtungsarten verlangen. Beim ersten Objekt handelt es sich um ein Warenhaus, das eher auf preiswerte Produkte für den täglichen Bedarf ausgerichtet ist. Das zweite Objekt ist ein Warenhaus mit einem anderen Marktsegment. Es versucht mittels «Erlebniswelt» die Käuferschicht für hochwertige Markenartikel anzusprechen. Bei beiden Anlagen erfolgten die Beleuchtungsanierungen im Zusammenhang mit einem Ladenumbau. Die nachfolgenden Werte stellen in diesem Sinn Neuwerte dar, bzw. basieren auf dem heutigen Stand der Technik.

Siehe auch:

3.4 Einflussfaktor Geschäftsimage

	Warenhaus 1: Für günstige Produkte	Warenhaus 2: Für Markenartikel
Grundbeleuchtung	2 W/m ² /100 Lux (13 W/m ² bei 650 Lux)	2,5 W/m ² /100 Lux (10 W/m ² bei 400 Lux)
	Leuchtmittel: TC- L	Leuchtmittel: HIT
Wandbeleuchtung	29 W/lfm	90 W/lfm
	Leuchtmittel: T	Leuchtmittel: Q
Akzentbeleuchtung	4,1 W/m ²	10 W/m ²
	Leuchtmittel: Q	Leuchtmittel: Q

lfm = Laufmeter

*Kurzbezeichnung der Lampenmittel
siehe Kapitel 6*

Tabelle 2

Kommentar

Beim ersten Warenhaus erfolgt die Verkaufsraumbeleuchtung zum grössten Teil mit Leuchtstofflampen. Dadurch wird eine wirtschaftliche Allgemeinbeleuchtung mit hohem Beleuchtungsniveau erzielt. Akzente werden nur vereinzelt gesetzt. Dies kehrt sich ins Gegenteil beim zweiten Warenhaus. Während hier die installierte Leistung für die Grundbeleuchtung kleiner ist, wird wesentlich mehr für Wand- und Akzentbeleuchtung gebraucht.



Bild 2.2:
Warenhaus für günstige Produkte

Im Gegensatz zum ersten Beispiel setzt sich die Verkaufsraumbeleuchtung beim zweiten Beispiel aus mehreren verschiedenen Leuchten- und Lampenarten zusammen. Die Grundbeleuchtung weist hier ein bedeutend geringeres Beleuchtungsniveau auf. Mit Wand- und Akzentbeleuchtung werden in diesem Warenhaus eine Vielzahl von Verkaufschwerpunkten gesetzt. Diese Art von Präsentation soll die Aufmerksamkeit des Kunden lenken und das Interieur interessant erscheinen lassen.



Bild 2.3:
Warenhaus für Markenartikel



2.3 Lebensmittelladen

Die Beleuchtung des folgenden Beispiels war 25 Jahre alt. Die Anschlussleistung der dreiflammigen (3 x T 40 W) Balkenleuchten wurde bereits vor einiger Zeit um ein Drittel reduziert, indem eine Lampe entfernt wurde.

Im Zuge eines Ladenumbaues sollte nun die gesamte Beleuchtung saniert werden.

Die Fläche des Ladens beträgt 614 m² bei einer Raumhöhe von 3 m.

Objekt: Lebensmittelladen	Istzustand	Sanierungs- vorschlag
Leuchtentyp	Balkenleuchte dreiflammig, offen	Balkenleuchte einflammig, mit Reflektor weiss
Lampentyp	Standard T 40 W	Dreibanden T 36 W
Farbwiedergabeindex Ra	70–79	80–89
Lampenlichtstrom	2800 lm	3350 lm
Vorschaltgerät	KVG $P_v = 10,5 \text{ W}$	VVG $P_v = 4 \text{ W}$
Stückzahl	110	110
E_h	ca. 600 lx	ca. 450 lx
Spezifische Anschlussleistung	ca. 3,7 W/m ² /100 lx	ca. 1,6 W/m ² /100 lx
Energieverbrauch pro Jahr	ca. 123 GJ (34'000 kWh)	ca. 43 GJ (12'000 kWh)

Tabelle 3

Kommentar

Die Beleuchtungsstärke des Sanierungs-Vorschlages wurde bewusst auf den Wert von 450 Lux zurückgesetzt, da dies der Betreiber so wünschte. Bei der alten Beleuchtungsanlage war auf Grund der offenen Balkenleuchten die Decke sehr hell. Dadurch trat die Verkaufsware eher in den Hintergrund. Durch den neu eingesetzten Reflektor wird mehr Licht nach unten gerichtet, wodurch die Ware etwas besser in den Vordergrund tritt, ohne dass dadurch der Raum als solches wesentlich dunkler erscheint.



2.4 Schaufensterbeleuchtungen

Etwa zwei Drittel aller Schaufenster werden heute nach wie vor mit Glühlampen ausgeleuchtet. Dabei könnte alleine durch die Verwendung von neuen Lampen- und Leuchtentechnologien, bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke, auf einfachste Art und Weise wesentlich Energie gespart werden.

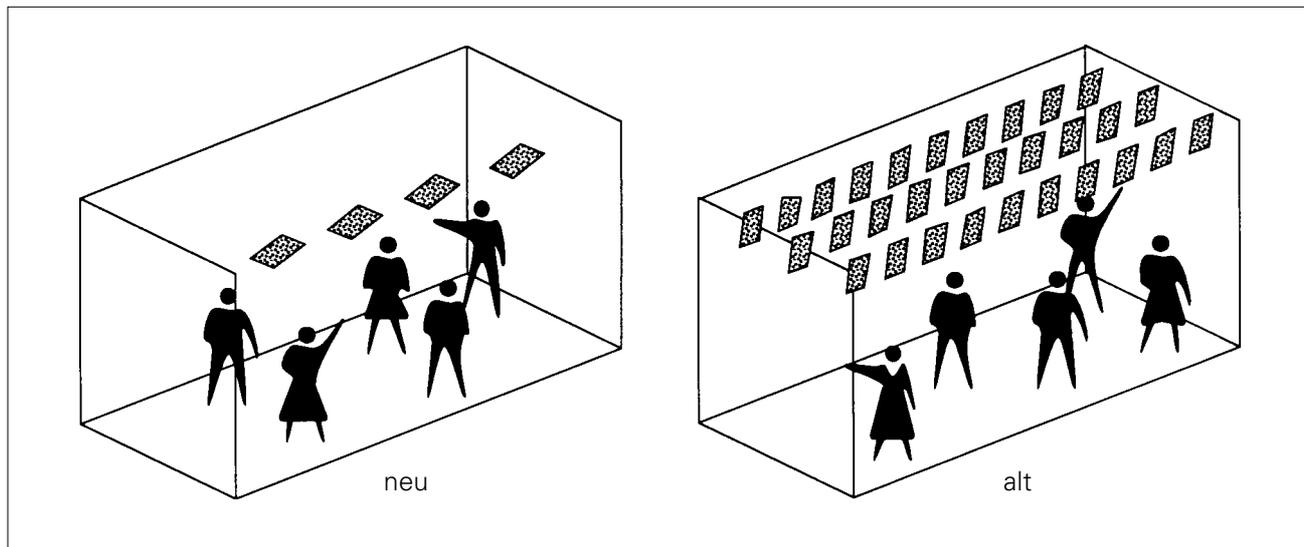


Bild 2.4:
Schaufensterbeleuchtung

Objekt: Schaufenster	Stand früher	Stand heute
Leuchtentyp	Strahler für PAR-Lampen 120 W	Strahler für HIT-DE 150 W
Stückzahl	30	4
Anschlussleistung	3,6 kW	0,68 kW
Betriebszeit pro Jahr	2600 h	2600 h
Energieverbrauch pro Jahr	9'360 kWh	1'768 kWh
Beleuchtungsstärke pro m ²	1500 lux	1500 lux
Energiekosten pro kWh	Fr. 0.17	Fr. 0.17
Mittelwertfaktor	1,285	1,285
mittlere Energiekosten pro Jahr	Fr. 2'044.–	Fr. 390.–
mittlere Energiekosten-einsparung pro Jahr		Fr. 1'654.–

Tabelle 4:
Schaufensterbeleuchtung
/3/



Kommentar

Wie dieses Beispiel zeigt, werden durch den reduzierten Energieverbrauch massiv Kosten eingespart.

Wichtig ist jedoch das Bewusstsein, dass die Wirtschaftlichkeit einer Beleuchtungsanlage nicht nur eine Sache der Stromkosten ist.



Bild 2.5:
Schaufenster mit Strahler für PAR-Lampen (Quelle: Regent)

So werden im vorliegenden Fall zum Beispiel auch Installations- und Investitionskosten gespart, da wesentlich weniger Leuchten und Lampen erforderlich sind. Auch beim Unterhalt liegen die Kosten niedriger, da die Lebensdauer der HI-Lampen etwa dreimal länger ist, als diejenige von PAR-Lampen.

Siehe auch:
6.9 Einsparungen durch die geeignete Lampenwahl



Bild 2.6:
Schaufenster mit Strahler für HIT-Lampen
(Quelle: Regent)

Als weiterer Punkt ist eine wesentlich geringere Wärmebelastung zu erwähnen. Dies wiederum bedeutet geringere Belastung der ausgestellten Ware und mögliche Einsparungen bei der Klimatisierung /3/. Zur besseren Akzentuierung sind unter Umständen aber mehr Lichtpunkte erforderlich, wobei die Leuchtenleistung geringer ausgelegt werden kann (z.B. HIT 70 W).



2.5 Möbelausstellung

Bei mehreren Filialen einer grossen Unternehmensgruppe auf dem Möbelmarkt sind im Laufe der letzten Jahre die Beleuchtungsanlagen saniert worden. Dabei versuchte man, durch geeignete Leuchten und eine optimierte Steuerung den Energieverbrauch zu reduzieren /5/.

Für die Grundbeleuchtung wurden Leuchtstofflampen mit hoher Lichtausbeute und sehr guter Farbwiedergabe eingesetzt. Eine Akzentbeleuchtung, bestehend aus Niedervolthalogen-Lampen, sorgt für eine angenehme Atmosphäre und eine dynamische Gestaltung der Ausstellungsräume. Mittels Bewegungsmelder wird die Betriebszeit der Beleuchtung reduziert, d. h. der Besucherfrequenz angepasst.

Die zu beleuchtende Fläche ist in Sektoren von 300–400 m² eingeteilt. Infrarot-Bewegungsmelder in diesen Sektoren schalten den jeweiligen Teil der Beleuchtungsanlage. Über eine Speicherprogrammierbare Steuerung wird die Beleuchtungsstärke bei Betreten auf das programmierte Niveau angehoben. Nach der letzten Bewegungsänderung und dem Ablauf einer vorgegebenen Verzögerung wird das Beleuchtungsniveau auf 25 Prozent gesenkt. Erfolgt nun innerhalb einer bestimmten Dauer keine weitere Bewegung wird dieser Sektor ausgeschaltet.

Energieverbrauchsmessungen im ersten Jahr haben ergeben, dass gegenüber der herkömmlichen Anlage etwa 70% des Stromverbrauches eingespart werden kann.



2.6 Allgemeinbeleuchtung

Grundsätzlich benötigt jedes Geschäft eine Allgemeinbeleuchtung. Im folgenden werden drei verschiedene Varianten einer solchen beschrieben, näher untersucht und einander gegenübergestellt.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Leuchtentyp	Rasterleuchte einflammig mit Spiegelraster silber, matt	Rasterleuchte zweiflammig mit Spiegelraster silber, matt	Downlight zweiflammig mit Reflektor silber, hochglanz
Leuchtenwirkungsgrad	68 %	58 %	70 %
Lampentyp	Dreibanden T 58 W	Dreibanden TC-L 36 W	Dreibanden TC-D 18 W
Farbwiedergabeindex Ra	ca. 85	ca. 85	ca. 85
Lampenlichtstrom (gesamt)	5200 lm	5570 lm	2300 lm
Vorschaltgerät	EVG, $P_v = 5$ W	EVG, $P_v = 6$ W	EVG, $P_v = 6$ W
E_h	500 lx	500 lx	500 lx
E_{Vertikal}	200 lx	180 lx	130 lx
Spezifische Anschlussleistung	2 W/m ² /100 lx	2,6 W/m ² /100 lx	3,4 W/m ² /100 lx
Anschlussleistung	3 kW	4 kW	5,2 kW
jährl. Betriebszeit	3200 h	3200 h	3200 h
mittlerer Energieverbrauch/Jahr	9600 kWh	12'800 kWh	16'640 kWh
Energiekosten/kWh	Fr. 0.17	Fr. 0.17	Fr. 0.17
Mittelwertfaktor	1.285	1.285	1.285
mittlere Energiekosten pro Jahr	Fr. 2'097.–	Fr. 2'796.–	Fr. 3'635.–

Tabelle 5

Die Berechnungen basieren auf folgenden Werten:

Kalkulationszinssatz: 7%

Nutzungsdauer: 10 Jahre

Teuerung: 5%

Angaben zu Berechnungsart siehe Publikation «RAVEL zahlt sich aus» (724.397.42.01d)



Bild 2.7:
Allgemeinbeleuchtung mit Spiegel-
raster-Leuchten (Quelle: Regent)

Berücksichtigt man lediglich den energetischen Aspekt, so wird die Wahl auf die Variante 1 fallen, da diese die niedrigste spezifische Anschlussleistung wie auch Totalleistung aufweist. Da die quadratische Leuchte der Variante 2 einen punktuelleren Glanz und somit eine höhere Brillanz erzeugt, sowie durch die tiefbreitstrahlende Lichtverteilung in allen Achsen (nicht nur in einer Achse wie bei Variante 1) weiche Schatten erzeugt, sollte aber die Variante 2 vorgezogen werden.

Siehe auch:
3.3 Nutzwertanalyse



Bild 2.8:
Allgemeinbeleuchtung mit Downlight
(Quelle: Regent)



3 Energiemanagement und Wirtschaftlichkeit

3.1	Energiewirtschaftliche Aspekte der Beleuchtung	25
3.2	Einsparungen durch Schalten und Regulieren	26
■	Ladenöffnungszeiten	26
■	Ein-Drittel-Schaltung	26
■	Anwesenheitssteuerung	26
■	Bewegungsmelder	27
■	Tageslichtschaltung	27
3.3	Nutzwertanalyse	28
3.4	Einflussfaktor Geschäftsimage	34
3.5	Farbgestaltung	36



3 Energiemanagement und Wirtschaftlichkeit

3.1 Energiewirtschaftliche Aspekte der Beleuchtung

Will man den Energiebedarf für die Beleuchtung reduzieren, muss man folgende zwei Gegebenheiten berücksichtigen:

- Optimierung heisst nicht, mit einem Minimum an Energieverbrauch ein Maximum an Beleuchtungsstärke zu erreichen. Das Ziel muss vielmehr ein Maximum an Verkaufsförderung, Sicherheit und Wohlbefinden sein, bei geringst möglichem Energieaufwand.
- Die Beurteilung vorhandener Beleuchtungsanlagen darf sich nicht auf eine reine Beleuchtungsstärke-Beurteilung beschränken, denn Energiesparmassnahmen können sich bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke sehr nachteilig auf die Beleuchtungsgüte und deren Effekte auswirken. Dies wiederum beeinträchtigt das Erlebnis Verkauf und somit auch die verkaufsfördernde Wirkung und den Umsatz.

Einsparungsmassnahmen bei der Beleuchtung wollen also gut überlegt sein und müssen die Wechselwirkungen mit den visuellen Gütekriterien berücksichtigen.

In Verkaufs- und Repräsentativräumen kann durch eine geschickte Aufteilung in Grund- und Akzentbeleuchtung viel Energie gespart werden. Vorteilhaft werden für die Grundbeleuchtung tiefstrahlende Leuchten mit Lampen hoher Lichtausbeute (Leuchtstoff- und Kompaktleuchtstofflampen) verwendet. Auf den dadurch relativ dunklen Vertikalflächen können mit gebündeltem Licht aus Halogenleuchtstofflampen oder Halogenmetaldampflampen Akzente gesetzt werden. Die Lampenwahl sollte dabei aufgrund der erforderlichen punktuellen Beleuchtungsstärke und der Objektgrösse getroffen werden. Denn es gilt:

Durch überlegte Auswahl der Lampen nach ihrem Ausstrahlungswinkel entsprechend der Objektgrösse lässt sich bei gleicher Beleuchtungsstärke oft mehr als zwei Drittel der Anschlussleistung einsparen und erst noch der Auffälligkeitsgrad erhöhen.



3.2 Einsparungen durch Schalten und Regulieren

Die nach wie vor wirksamste Massnahme, um den Energieverbrauch von Beleuchtungsanlagen zu reduzieren, ist das Ausschalten des Lichtes bei Nichtbedarf. Dies ist aber in den meisten Fällen nur mit zusätzlichem Aufwand möglich.

■ Ladenöffnungszeiten

Die meisten Verkaufshäuser haben 300 Tage im Jahr geöffnet. Bei einer Betriebszeit der Beleuchtungsanlage von 10 Stunden pro Tag ergeben sich somit 3000 Stunden pro Jahr. Leistungsreduktionen – und sei es nur für zwei bis drei Stunden pro Tag – fallen somit sehr ins Gewicht (siehe auch nachfolgendes Beispiel).

■ Ein-Drittel-Schaltung

Hilfreich ist hierbei eine Aufteilung der Beleuchtungsanlage in mehrere separate Schaltgruppen. So ist es auf einfache Art und Weise möglich, dass zum Beispiel ausserhalb der Öffnungszeiten nur $\frac{1}{3}$ der Beleuchtung eingeschaltet ist. Dieses Beleuchtungsniveau reicht meist als Putzbeleuchtung und zum Auffüllen der Regale.

Mit einer sehr einfachen Überschlagsrechnung wird rasch bewusst, wie gross der Aufwand respektive der Nutzen einer solchen Massnahme ist. Nehmen wir einmal an, dass im Laden XY eine Anschlussleistung von 15 W/m^2 für die Allgemeinbeleuchtung installiert ist. Gehen wir weiter davon aus, dass der Ladeninhaber bereits darauf achtet, dass in den Randstunden, in welchen die Regale gefüllt werden und der Laden gereinigt wird, jegliche Akzentbeleuchtung ausgeschaltet wird.

Er überlegt nun, ob es sich für ihn lohnt, nachträglich eine Ein-Drittel-Schaltung der Grundbeleuchtung installieren zu lassen. Wie sich herausstellt, würde ihn – bei geschickter 3-Phasenaufteilung – die Installation etwa Fr. 1500.– kosten. An dieser Stelle sei erwähnt, dass der Laden XY aus einem grossen Raum mit einer Grundfläche von 1000 m^2 besteht.

Wie der Ladeninhaber feststellt, könnte er die Beleuchtungsreduktion zwei Stunden pro Tag vornehmen; das heisst, er würde zwei Stunden pro Tag 10 W/m^2 einsparen. Dies ergibt bei 1000 m^2 Grundfläche 10 kW bzw. 20 kWh pro Tag. Bei 300 Tagen im Jahr ergäbe dies **6000 kWh Energieeinsparung** pro Jahr.

Geht man von einem mittleren Strompreis von 15 Rappen pro Kilowattstunde aus (und dies ist günstig!), so spart der Ladenbesitzer Fr. 900.– pro Jahr.

Alles in allem also eine Investition, die sich bereits nach zwei Jahren bezahlt macht.

■ Anwesenheitssteuerung

Eine weitere, hinsichtlich der Energieeinsparung wirkungsvolle, Massnahme ist die automatische Steuerung der Beleuchtung in Abhängigkeit der Besucherzahl (Anwesenheit). Diese Steuerungsart eignet sich aber nur dort, wo grosse Verkaufsflächen mit einer geringen Besucherfrequenz vorhanden sind.

Siehe 2.3
Möbelausstellung



Der zusätzliche Installationsbedarf kann zudem beträchtlich sein. So lohnt sich diese Energiesparmassnahme oft erst bei grösseren Anlagen.

Bei den meisten Lagerräumen aber ist diese Schaltungsart auch bei kleinen Anlagen von Vorteil und macht sich rasch bezahlt. In diesen Fällen empfiehlt es sich, vorgängig die Benutzerfrequenz aufzunehmen, um so eine allfällige Stundenreduktion zu eruieren. Ist dies einmal getan, so kann überschlagsmässig rasch herausgefunden werden, ob sich eine Installation von Anwesenheitsmeldern bezahlt macht oder nicht. Es darf dabei aber nicht ausser acht gelassen werden, dass zu prüfen ist, ob sich die Lampen und Vorschaltgeräte für vermehrtes Schalten eignen.

■ Bewegungsmelder

Eine andere Möglichkeit stellt das Schalten der Schaufensterbeleuchtung über Bewegungsmelder dar.

Mit dieser Schaltungsart kann auf der einen Seite Energie gespart werden. Sie kann auf der anderen Seite aber auch ein verkaufsförderndes Element sein. So wird die Aufmerksamkeit der Passanten durch das plötzliche Einschalten eines Teiles der Schaufensterbeleuchtung reflexartig auf das Schaufenster gerichtet.

Der Installationsaufwand für eine solche Schaltung ist in den meisten Fällen klein. Jedoch muss auch hier darauf geachtet werden, dass Lampe und Vorschaltgerät für häufiges Schalten geeignet sind.

■ Tageslichtschaltung

In Verkaufsräume, die während ihrer Benutzungszeit über einen genügenden Tageslichtanteil verfügen, sollte die Beleuchtung in Abhängigkeit vom Tageslicht geschaltet werden.

Siehe auch Grundlagenheft

Die Anpassung an das Tageslicht kann dabei grundsätzlich auf drei Arten erfolgen:

- durch Ein/Aus,
- durch eine stufenweise Schaltung (100–60–30% Licht) oder
- durch kontinuierliches Regulieren.

Die kontinuierliche Anpassung ist sicherlich die komfortabelste Lösung und wird von den Benutzern und Kunden oft nicht wahrgenommen. Zudem ist die Stromeinsparung bei dieser Art der Lichtregulierung am grössten.



3.3 Nutzwertanalyse

Der Einfluss des Lichtes auf den Menschen und die Zusammenhänge zwischen Licht, Wahrnehmung, Befindlichkeit und Verhalten sind komplex. Es ist deshalb völlig unzureichend, verschiedene Beleuchtungsvarianten nur aufgrund der erzielbaren Beleuchtungsstärke, der Anschlussleistung und der Kosten zu vergleichen und zu bewerten, wie das leider heute noch vielfach gehandhabt wird.

Ein grosser Teil der Anforderungen, die an eine verkaufsfördernde Beleuchtung zu stellen sind, lässt sich nur qualitativ beschreiben, kann also bei der Planung rechnerisch nicht erfasst werden. Um trotzdem die verschiedenen Varianten möglichst objektiv bewerten und miteinander vergleichen zu können, bedient man sich zweckmässigerweise der Nutzwertanalyse.

Die Nutzwertanalyse ermöglicht zu entscheiden, welche von verschiedenen Beleuchtungsvarianten schlussendlich am meisten Nutzen erbringt.

Hierzu werden zunächst die Kriterien ermittelt, die für die Bewertung einer Beleuchtungsanlage massgebend sind. Zweckmässigerweise ordnet man diese Kriterien hierarchisch, d.h. man bildet Oberbegriffe und detailliert diese dann bis zu Teilkriterien hin, bei denen man möglichst objektiv bewerten kann, inwieweit sie von den verschiedenen Beleuchtungsvarianten erfüllt werden.

Dabei sind drei Voraussetzungen zu beachten:

- Es müssen möglichst alle wesentlichen Kriterien berücksichtigt werden.
- Es dürfen keine kostenrelevanten Kriterien verwendet werden.
- Die verschiedenen Kriterien müssen unabhängig voneinander sein.

Der prinzipielle Ablauf einer solchen Analyse soll im folgenden anhand der Bewertung der drei Varianten, gemäss Beispiel 2.5 Allgemeinbeleuchtung, gezeigt werden.

Siehe 2.5 Allgemeinbeleuchtung

Die erstellte Nutzwertanalyse für die dort beschriebenen Varianten könnte folgendermassen aussehen:



Bewertungskriterium	Beleuchtungssystem							
	Gew	%	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
			EG	NW	EG	NW	EG	NW
Präsentation der Ware								
Reflexionen, Spiegelung	4	10	3,5	35	4	40	3	30
Formtreue, Schattigkeit	4	10	3,5	35	4	40	2,5	25
Attraktivität	5	12	3	36	4,5	54	3	36
Animation und Lenkung der Kunden								
Helligk.-Verteil. im Raum	4	10	2	20	4	40	3	30
Blendungsbegrenzung	4	10	4	40	3,5	35	3	30
Gestaltung mit Licht	3	7	1	7	2	14	3	21
Ästhetik								
Auffälligkeit der Leuchten	1	2	3	6	3	6	4	8
Betrieb								
Lichtausbeute	4	9	4	36	3	27	2,5	23
Lebensdauer	3	7	4,5	32	4	28	3,5	32
Wärmelast b. Abluftleuch.	4	9	4	36	3	27	2,5	25
Wartungsfreundlichkeit	3	7	3,5	25	4	28	4	28
Lampenzahl	3	7	4	28	2,5	18	2	14
Total	42	100	337		357		302	

GEW: Wichtigkeit (Gewicht)

EG: Erfüllungsgrad

NW: Nutzwert

$$\text{NW} = \text{GEW} [\%] \times \text{EG}$$

In der oben aufgeführten, sehr vereinfachten Tabelle ist die Unterteilung nach objektspezifischen Kriterien in der ersten Spalte dargestellt. Sie beinhaltet die Oberbegriffe (Fett), mit denen man die Forderung: «Gutes Licht im Verkaufsbereich» umschreiben kann. Im weiteren sind diese Oberbegriffe feiner unterteilt, um sie besser bewerten zu können. (Für die praktische Anwendung wäre diese Unterteilung allerdings noch zu grob und unvollständig. Sie wurde hier der besseren Übersicht wegen bewusst beschränkt.)

Da die verschiedenen Kriterien nicht alle die gleiche Bedeutung für die Qualität der Beleuchtungsanlage haben, müssen vor der Bewertung die einzelnen Merkmale gewichtet werden.



Dies kann im einfachsten Fall so geschehen, dass man eine Wichtigkeitsskala verwendet, z.B.:

Bedeutung des Kriteriums	Gewichtung
unwichtig	1
weniger wichtig	2
wichtig	3
sehr wichtig	4
äusserst wichtig	5

Tabelle 6:
Wichtigkeitsskala

Die Summe aller Gewichtungen wird gleich 100 % gesetzt und danach die Einzelgewichte entsprechend normiert (Aus Gew Total und 100% ergibt sich die Spalte %, z.B. $100 : 42 \times 4 = 10$).

Anschliessend wird untersucht, inwieweit die einzelnen Beleuchtungsvarianten die verschiedenen Kriterien erfüllen. Dazu wird zunächst eine Skala des Erfüllungsgrades definiert. Bewährt hat sich hierfür die folgende sechsstufige Skala:

Bedingung	Erfüllungsgrad
überhaupt nicht erfüllt	0
mangelhaft erfüllt	1
ungenügend erfüllt	2
genügend erfüllt	3
gut erfüllt	4
optimal erfüllt	5

Tabelle 7:
Erfüllungsgrad

Mit Hilfe dieser Skala wird schliesslich für jedes Kriterium eine Wertetabelle aufgestellt, die es gestattet, bei den einzelnen Varianten möglichst objektiv den Erfüllungsgrad bezüglich der verschiedenen Kriterien zu bestimmen.

Die nachfolgende Darstellung zeigt vereinfacht und exemplarisch eine solche Wertetabelle für das behandelte Beispiel.



Wertetabelle zur Bestimmung des Erfüllungsgrades

Kriterium	Erfüllungsgrad					
	0	1	2	3	4	5
Präsentation der Ware Reflexion, Spiegelung	Reflexe und Spiegelungen sind unerträglich. Erkennen der Sehaufgabe aus keiner Richtung möglich.	Reflexe und Spiegelungen sind intensiv. Sie lassen sich durch Ändern der Blickrichtung nur teilweise mildern.	Reflexe und Spiegelungen sind intensiv, aber örtlich begrenzt. Vermeidung durch Ändern der Blickrichtung möglich.	Streifige Reflexe und Spiegelungen, die beim Arbeiten stören können.	Grossflächige Reflexe und Spiegelungen geringer Eigenhelligkeit, die jedoch das Erkennen kaum stören.	Keinerlei Beeinträchtigung durch Reflexe und Spiegelungen.
Formtreue, Schattigkeit	Unnatürliche, harte Schatten. Im Schatten keine Details erkennbar. Formen erscheinen stark verzerrt.	Harte Schatten. Im Schatten kaum Details erkennbar. Formen stark überzeichnet.	Ziemlich harte Schatten, im Schatten keine feinen Details erkennbar.			Ausgewogenes Verhältnis zwisch. gerichtetem und diffussem Licht. Strukturen und Formen erscheinen natürlich.
Attraktivität	Keine Brillanz, langweilige visuelle Wirkung		Wenig Brillanz, Lichtfarbe grün- oder bläulich	Mässige Brillanz, Lichtfarbe gelb- oder rotstichig		Ausgewogene Brillanz, angenehme Lichtfarbe.
Animation und Lenkung des Kunden Helligkeitsverteilung im Raum	Unzumutbare Kontraste. Völlige Monotonie.	Merkbare, aber zu geringe Helligkeitsunterschiede				Ausgewogene Helligkeitsunterschiede. Natürliche oder interessante Raumwirkung.
Blendungsbegrenzung	Unzumutbare Direktblendung. Leuchtenlichtdichte oberhalb $60^\circ > 5 \text{ cd/cm}^2$	Störende Direktblendung. Leuchtenlichtdichte oberhalb $60^\circ > 2 \text{ cd/cm}^2$	Blendungsbegrenzung gemäss Güteklasse 3.	Blendungsbegrenzung gemäss Güteklasse 2.	Blendungsbegrenzung gemäss Güteklasse 1.	Keine Lichtausstrahlung oberhalb 50° .
Gestaltung mit Licht	Nicht möglich.	Nur in Einzelfällen möglich.		Mit Einschränkungen möglich.		Unbeschränkt möglich.
Ästhetik (Störende) Auffälligkeit der Leuchten	Die Leuchten dominieren den Raum.		Die Leuchten akzentuieren den Raum.	Die Leuchten akzentuieren den Raum.	Die Leuchten beeinflussen die Raumwirkung.	Kein störender Einfluss auf die Raumwirkung.
Betrieb Lichtausbeute	$< 10 \text{ lm/W}$	$< 20 \text{ lm/W}$	$< 40 \text{ lm/W}$	$< 70 \text{ lm/W}$	$< 90 \text{ lm/W}$	3 90 lm/W
Lampenlebensdauer	$< 1'000 \text{ h}$	$\geq 1'000 \text{ h}$	$\geq 2'000 \text{ h}$	$\geq 4'000 \text{ h}$	$\geq 8'000 \text{ h}$	$\geq 16'000 \text{ h}$
Wärmelast der Beleuchtung im Raum	100%	$> 80\%$	$> 60\%$	$> 40\%$	$> 20\%$	$\geq 20\%$
Wartungsfreundlichkeit		Zugänglichkeit schlecht. Gerüst oder sonstige Spezialkonstruktion nötig. Lampen schwer zu handhaben.	Zugänglichkeit problematisch. Hohe Leiter erforderlich.	Kleine Bockleiter. Lampenwechsel nur mit Werkzeug möglich.	Tritt. Kein Werkzeug erforderlich.	Lampenwechsel ohne Leiter und Werkzeug möglich.
Lampenzahl pro 10 m^2 beleuchteter Fläche	> 16	≤ 16	≤ 8	≤ 4	≤ 2	< 1

Tabelle 8



Vor Beginn der Bewertung werden zunächst diejenigen Kriterien bestimmt, die unbedingt erfüllt sein müssen, bei denen der Erfüllungsgrad also mindestens 3 betragen muss. Man kann dann vorab schon solche Beleuchtungsvarianten ausscheiden, die eines dieser Kriterien nicht erfüllen, und spart sich dadurch unnötige Arbeit. Anschliessend wird anhand der Wertetabelle für jede Variante der Erfüllungsgrad bestimmt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Überlegungen aufgelistet, welche zur Bewertung der einzelnen Beispiel-Varianten in bezug auf die verschiedenen Zielkriterien führte.

Tabelle 9

Bewertungs-kriterium	Beleuchtungssystem		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Präsentation der Ware Reflexionen, Spiegelung	Durch den Spiegelraster ist die Leuchtdichte im Ausstrahlungsbereich ziemlich hoch und streifig. EG = 3,5	Die quadratische Leuchte erzeugt einen punktuellen Glanz. Da grosse Leuchtenabstände vorhanden sind, kann der Störung meist ausgewichen werden. EG = 4	Die Leuchtdichte im Ausstrahlungsbereich ist ziemlich hoch und der Leuchtenabstand gering. Dadurch viele Reflexionen, denen nur schlecht ausgewichen werden kann EG = 3
Formtreue, Schattigkeit	Das Licht wird stark gebündelt, aber in Längsrichtung bandförmig ausgestrahlt. Gesamthaft ergibt dies mässige Schattigkeit und akzeptable Formtreue. EG = 3,5	Die Lichtverteilung ist in allen Achsen tiefbreitstrahlend, daher relativ weiche Schatten. EG = 4	Die Leuchte ist punktförmig und der Reflektor allseitig stark tiefstrahlend. Daher ausgeprägte Schattigkeit. EG = 2,5
Attraktivität	Die Lichtfarbe ist angenehm, die Brillanz mässig. EG = 3	Wie Var. 1, jedoch erhöhte Brillanz. EG = 4,5	Zu ausgeprägte Brillanz, Lichtfarbe angenehm. EG = 3
Animation und Lenkung des Kunden Helligkeits-Verteilung im Raum	Durch Lichtbandanordnung merkbare, aber zu geringe Helligkeitsabstufung. EG = 2	Durch die Vielzahl einzelner Leuchtfelder deutliche, aber nicht störende Leuchtdichteunterschiede. EG = 4	Wegen der nahezu punktförmigen Leuchtfelder zu grosse Leuchtdichteunterschiede. Eher hartes Licht. EG = 3
Direktblendung	Durch den tiefstrahlenden Spiegelraster ist die Leuchte gut abgeschirmt. Sie entspricht der Güteklasse 1. Im Ausstrahlungsbereich < 45° ist die Leuchtdichte mässig hoch. EG = 4	wie Var.1, Leuchtdichte im Ausstrahlungsbereich < 45° jedoch höher. EG = 3,5	Abschirmung wie Var. 1, Leuchtdichte im Ausstrahlungsbereich < 45° jedoch recht hoch. EG = 3
Gestaltung mit Licht	Die Leuchten sind fest eingebaut und linienförmig angeordnet. Eine Gestaltung mit Licht ist allenfalls in Einzelfällen möglich. EG = 1	Die Leuchten sind fest eingebaut und punktförmig angeordnet. Eine Gestaltung mit Licht ist nur sehr beschränkt möglich. EG = 2	Die Leuchten sind fest eingebaut und punktförmig angeordnet. Wegen der Vielzahl der Lichtpunkte ist eine eingeschränkte Gestaltung durch Zu- und Abschalten einzelner Leuchten möglich. EG = 2,5
Ästhetik Auffälligk. d. Leuchten	Wegen der stark tiefstrahlenden Lichtverteilung in Längsrichtung beeinflussen die Leuchten den Raumeindruck auch in brennendem Zustand nicht allzusehr. Die Lichtbänder geben der Decke eine deutliche Längsorientierung. EG = 3	Die Leuchten zeichnen in brennendem Zustand die Decke etwas und beeinflussen dadurch die Raumwirkung. Sie wirken jedoch richtungsneutral. EG = 3 (Je nach Architektur kann dies aber auch erwünscht sein. Dann wäre der EG höher.)	Die Leuchten sind relativ kompakt und nach allen Seiten gut abgeschirmt. Sie beeinflussen die Raumwirkung deshalb nur wenig. EG = 4
Betrieb Lichtausbeute (inkl. VG)	ca. 84 Lumen/Watt. EG = 4	ca. 66 Lumen/Watt. EG = 3	ca. 48 Lumen/Watt. EG = 2,5
Lebensdauer	Bei 3 h Brennzeit pro Schaltung ca.12'000 h. EG = 4,5	Bei 3 h Brennzeit pro Schaltung ca.8000 h. EG = 4	Bei 3 h Brennzeit pro Schaltung ca.6000 h. EG = 3,5
Wartungsfreundlichkeit	Zugänglichkeit mit normaler Leiter. Kein Werkzeug erforderlich, aber sperrige Lampen. EG = 3,5	wie Var.1, Lampen jedoch kompakter. EG = 4	wie Var.2 EG = 4
Lampenzahl pro 10 m ² beleuchteter Fläche	1,8 EG = 4	3,7 EG = 2,5	8,7 EG = 2



Der Nutzwert ergibt sich als Produkt aus Gewichtung und Erfüllungsgrad für jedes einzelne Kriterium. Für das Beispiel sind die errechneten Einzelnutzwerte in den Spalten **NW** eingetragen. Es sind dimensionslose Zahlen. Der Gesamt-Nutzwert einer Variante ist die Summe aller Teilwerte. Er ist jedoch nicht für sich allein, sondern nur im Vergleich zu den Nutzwerten anderer Varianten des gleichen Objektes sinnvoll!

Im behandelten Beispiel zeigt sich, dass die Variante 2 den grössten Nutzen bringt, obwohl sie bezüglich Anschlussleistung nur an zweiter Stelle liegt.

*Siehe auch:
2.6 Allgemeinbeleuchtung*

Häufig lassen sich keine eindeutigen und objektiven Wertefunktionen aufstellen, sondern nur Wertetabellen (wie auch in diesem Beispiel), so dass die Bewertung eine Ermessensfrage wird. Dies aber erfordert spezifisches Fachwissen und Kenntniss der Zusammenhänge. In solchen Fällen sollte eine Nutzwertanalyse deshalb am besten in Teamarbeit mit allen davon betroffenen Gremien erarbeitet werden, denn nur dann kann eine genügende Objektivität erreicht werden. Dabei ist es auch zweckmässig, die Gewichtung der Kriterien und das Aufstellen der Wertetabellen ohne Kenntnis eventueller Submissionseingaben vorzunehmen, um eine möglichst neutrale Klassifizierung zu erreichen.

Wenn sich bei Gewichtung und Bewertung Meinungsverschiedenheiten ergeben, die sich nicht durch Diskussion bereinigen lassen, ist eine Sensitivitäts-Analyse angebracht. Hierbei werden die strittigen Gewichtungen bzw. Bewertungen variiert und daraufhin geprüft, welchen Einfluss sie auf den Gesamtnutzwert haben.

Die Nutzwertanalyse lässt sich auch auf andere Gebiete übertragen /4/. Parallel zur Nutzwertanalyse sollte, wenn immer möglich, auch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung erstellt werden. Beispiele und Anleitung finden Sie im Leitfaden «RAVEL zahlt sich aus» (Publikationsnummer 724.397.42.01d).



3.4 Einflussfaktor Geschäftsimage

Zwischen der Art eines Geschäftes und seiner Beleuchtung besteht ein enger Zusammenhang. Dabei kann sich je nach Wahl der Beleuchtungsart – besonders in Verkaufsräumen – ein erhebliches Sparpotential ergeben. Andererseits ist dabei aber auch die Gefahr gross, dass die Beleuchtungsqualität beeinträchtigt wird. Grundsätzlich lässt sich aufgrund der heutigen Technik festhalten:

Verkaufsfördernde und sinnvolle Beleuchtungsanlagen lassen sich heute in der Regel mit einem Drittel der Anschlussleistung, welche vor 10 bis 15 Jahren erforderlich war, realisieren.

Wie bereits erwähnt, sollte auch die neue Beleuchtungsanlage dem Image des Geschäftes entsprechen.

Ein gutes Hilfsmittel zur Bestimmung der Beleuchtungsart ist hierzu die sogenannte Eckpunktphilosophie /1/.

Dabei werden auf der einen Achse das Sortiment (von schmal bis breit) und die Verkaufsatmosphäre (unpersönlich bis persönlich) den Kriterien Preisklasse (preiswert bis teuer) und Geschäftseinrichtung (einfach bis exklusiv) gegenübergestellt. Das entstehende Viereck beschreibt jede Geschäftssituation und hilft somit bei der Auswahl der objektorientierten Beleuchtung. Die Eckpunkte A, B, C und D stellen verschiedene Arten des Geschäftsimages dar.

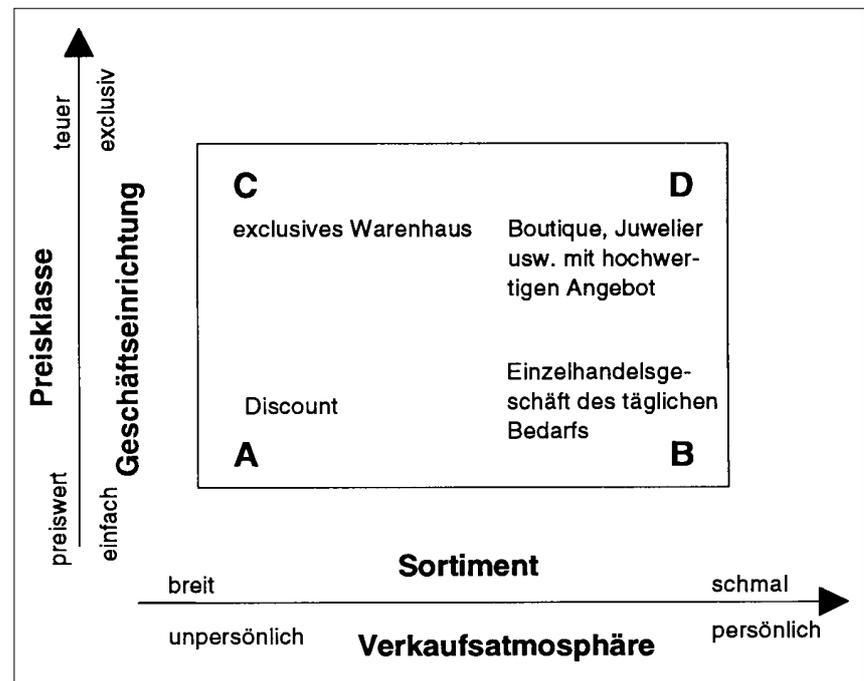


Bild 2

Das Beleuchtungsniveau und das Verhältnis von Allgemein- und Akzentbeleuchtung hängt nun von der anvisierten Kundengruppe ab.

Der **Punkt A** symbolisiert Selbstbedienungsgeschäfte mit einem breiten Warensortiment. Die Waren sind preiswert, was durch eine einfache Beleuchtung unterstrichen wird. Ziel ist es, dem Kunden schon früh optisch mitzuteilen, dass es sich hier um den Verkauf preiswerter Produkte ohne persönliche Beratung handelt. Ein klassisches Beispiel solcher Geschäfte ist der Discount. Das Niveau der Allgemeinbeleuchtung liegt hier meist bei etwa 500–1000 Lux. Als Leuchtmittel werden Leuchtstoff-



lampen (Dreibanden) eingesetzt. Auf eine Akzentbeleuchtung wird in der Regel verzichtet.

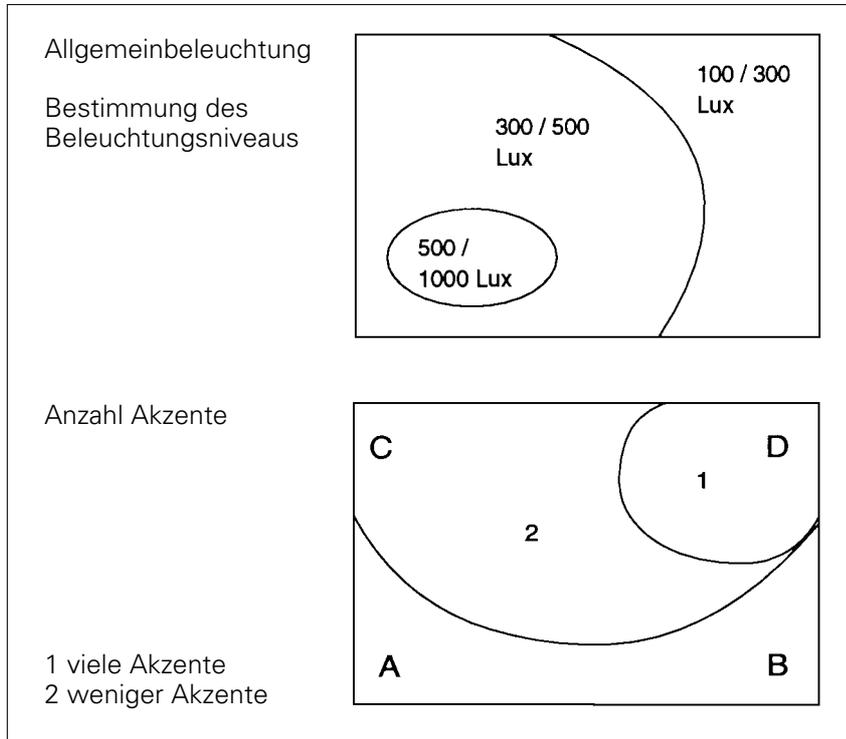


Bild 3

Der Laden «um die Ecke» ist charakteristisch für den **Eckpunkt B**. Das schmale Warensortiment wird in persönlicher Verkaufsatmosphäre angeboten. Dies zeigt sich auch in den Kaufgewohnheiten. Die Käuferschicht besteht zum grössten Teil aus Stammkunden. Das Beleuchtungsniveau liegt hier etwa bei 300 bis 500 Lux. Die Atmosphäre ist vorwiegend gemütlich und familiär. Zur Beleuchtung werden meist Rasterleuchten mit Leuchtstofflampen oder Downlights, welche mit Kompaktleuchtstofflampen bestückt sind, eingesetzt. Auf eine zusätzliche Akzentbeleuchtung wird nur geringen Wert gelegt.

Geschäfte, die sich im Bereich von **Punkt C** befinden, zeichnen sich durch ein reiches Sortiment an hochwertigen Markenartikeln aus. Die Verkaufsatmosphäre ist eher exklusiv. Die Zielsetzung dieser Geschäfte ist die attraktive Darstellung ihrer breiten Angebotspalette. Die Allgemeinbeleuchtung (300 bis 500 Lux) wird dabei durch eine interessante Akzentbeleuchtung unterstrichen. Für die Allgemeinbeleuchtung werden Leuchtstofflampen mit besonders guten Farbwiedergabeeigenschaften eingesetzt. Bei der Akzentbeleuchtung werden Strahler und Downlights mit Niedervolthalogenglühlampen, Halogen-Metaldampflampen oder weissen Hochdruck-Natriumdampflampen verwendet.

Eckpunkt D repräsentiert die Situation eines exklusiven Spezialgeschäftes mit einem kleinen, ausgewählten Sortiment. Bei diesen Geschäften handelt es sich um sogenannte «Trendsetter» mit einer sehr hohen Verkaufskultur. Die Allgemeinbeleuchtung wird auf niedrigem Niveau gehalten (100 bis 300 Lux), um so die Wirkung der Akzente zu verstärken. Ganz nach dem Motto «Je stärker der Kontrast, um so dramatischer der Effekt». Bei der Allgemeinbeleuchtung kommen meist Einbaudownlights mit weissen Hochdruck-Natriumdampflampen, Halogenmetaldampflampen oder Downlights mit Kompaktleuchtstofflampen zum Einsatz. Die Akzentbeleuchtung wird durch Strahler mit Niedervolthalogenglühlampen, Halogen-Metaldampflampen oder weissen Hochdruck-Natriumdampflampen realisiert.



3.5 Farbgestaltung

Der Farbgestaltung von Verkaufsräumen wird in der Regel eine grosse Beachtung geschenkt, da sie einen wesentlichen Einfluss auf die Verkaufspsychologie hat.

Folgende Einflussfaktoren kennzeichnen den Einsatz der Farbe im Verkaufsraum:

- Farbige Kennzeichnung von Gefahrenstellen vermeidet Unfälle (z.B. Treppenabsätze, verglaste Trennwände).
- Farbige Bezeichnungen, Zuordnung und Aufgliederung von Verkaufszonen sowie Produktgruppen ermöglichen dem Kunden eine schnellere Orientierung. Dies steigert zudem in den meisten Fällen sein Wohlbefinden.
- Eine helle Farbgebung der Raumfläche wirkt sich günstig auf den Energieaufwand für künstliche Beleuchtung aus, vermindert die Blendgefahr und sorgt für einen angenehmen Raumeindruck. Ebenso wird das einfallende Tageslicht dadurch unterstützt und dessen Wirkung verstärkt.

Die farbige Gestaltung von Verkaufsflächen wird heute mehr denn je durch das Firmenimage mitbestimmt.

Es ist deshalb sehr wichtig, dass Lichtfarbe und Farbwiedergabe-Index der eingesetzten Lampen sorgfältig den Anforderungen der Verkaufsobjekte und dem Geschäftsimage angepasst werden. Im weiteren sollten auch die Farben der Raumflächen und die Farbspektren der Lampen aufeinander abgestimmt werden.



4 Tageslicht

4.1 Theorie und Praxis	39
■ Berechnungen	39
4.2 Spiegelung in Schaufenstern	40
■ Oberlichter	41
4.3 Ausbleichen und Vergilben	43
■ Beispiele	43



4 Tageslicht

4.1 Theorie und Praxis

Theorie und Praxis weichen leider all zu oft voneinander ab. So auch hinsichtlich der Tageslichtnutzung in Verkaufsräumen.

Vor allem Tageslicht und Schaufenster ergeben spezielle Problemkreise. So ist im Schaufenster zu starker Tageslichteinfall oft nicht erwünscht, da es sonst zum Ausbleichen der ausgestellten Ware kommen kann. Spiegelercheinungen auf der Schaufensterscheibe wiederum können die Werbewirksamkeit der Auslage beeinträchtigen.

■ Berechnungen

Tageslichtberechnungen für den Verkaufsraum erbringen in der Praxis oft nicht das gewünschte Ergebnis. Bereits 1963 wurde in einer englischen Studie festgehalten, dass die in den Normen angegebenen Tageslichtquotienten zwar theoretisch fundiert seien, tatsächliche Messungen aber Werte ergaben, die etwa nur die Hälfte oder einen Drittel ausmachten. Dies entstand vor allem dadurch, dass bei den Vorausberechnungen vom leeren Raum ausgegangen wurde, die Inneneinrichtungen aber erhebliche Änderungen hervorrufen.

Im Planungsstadium sollte bei Tageslichtberechnungen deshalb berücksichtigt werden, dass sich die Werte durch allfällige Innenausstattungen erheblich ändern können.

Von den Behörden wird in der Schweiz in der Regel ein Mindestanteil an Fensterflächen gefordert. Wieviel über diesem Mindestanteil nun für ein Objekt sinnvoll ist bzw. wie hoch die Energieeinsparung bei der künstlichen Beleuchtung, wie hoch der Wärmeverlust durch verminderte Isolationsflächen oder wie gross der Einfluss auf die Verkaufsatmosphäre ist, sollte vom jeweiligen Bauherren mit einem versierten Tageslichtberater zusammen am besten von Fall zu Fall entschieden werden.

Auf dieses Thema wird im Grundlagenheft näher eingegangen.



4.2 Spiegelung in Schaufenstern

Spiegelungen heller Gegenstände oder Häuserfassaden setzen in der Regel (im besonderen auf der Schattenseite einer Strasse) die Erkennbarkeit der ausgestellten Ware erheblich hinab.

Die Spiegelbilder auf vertikalen Gläsern stören um so stärker, je heller der gespiegelte Strassenraum durch das Tageslicht beschienen und je geringer die Vertikalbeleuchtungsstärke im Schaufenster ist. Bei vielen Geschäften wird deshalb tagsüber mit sehr viel Kunstlicht in den Schaufenstern nachgeholfen.

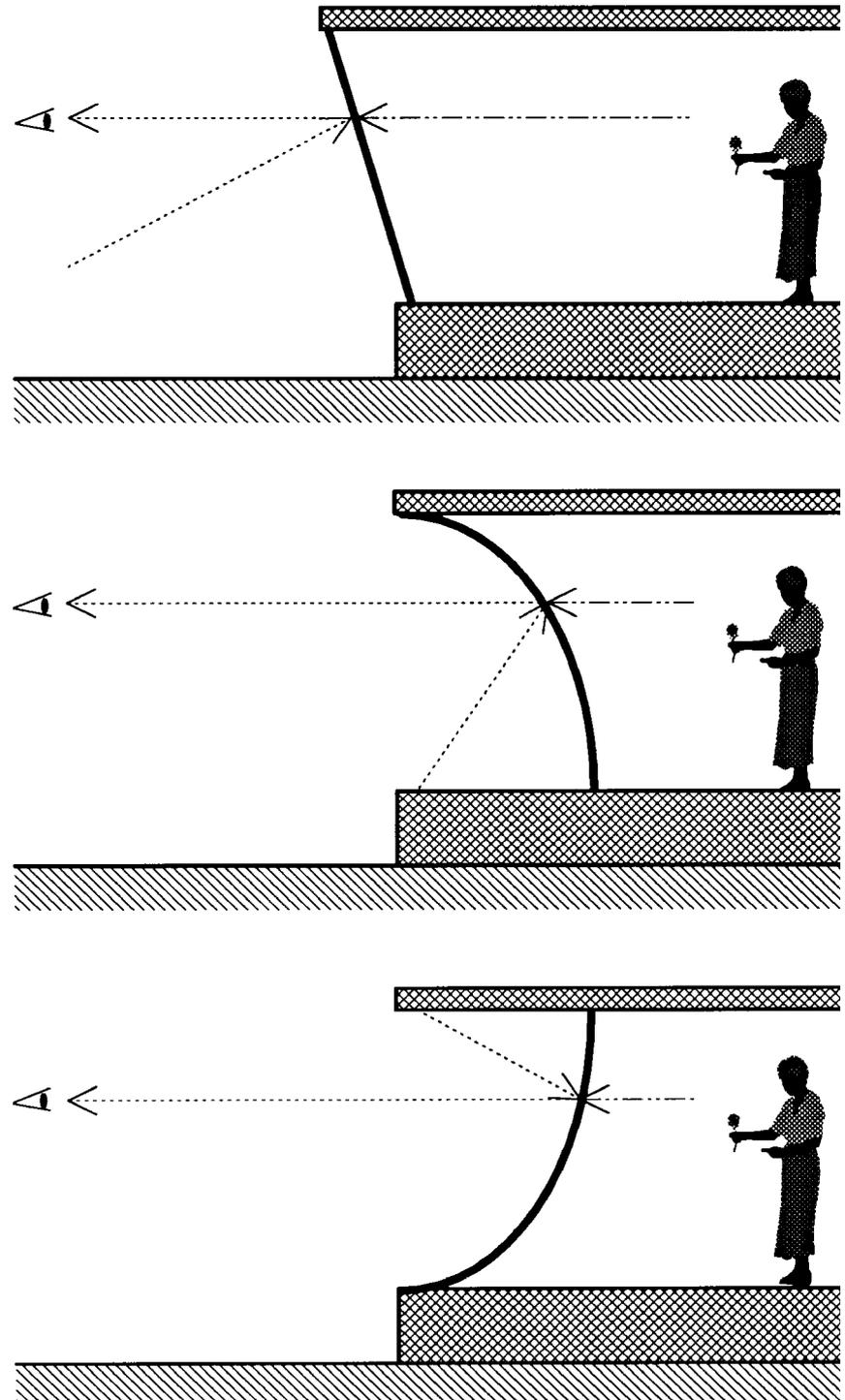


Bild 4.1:
Verringerung von Spiegelungen durch
bauliche Massnahmen (stark über-
zeichnet).



Die üblichen Markisen helfen in diesem Fall nichts, sondern verschlimmern die Situation noch, da sie nicht den störenden Lichtanteil (der von der Strasse) abschirmen, sondern den Nutzanteil, welcher ohne Spiegelung die Schaufensterauslage beleuchtet.

Spiegelungen lassen sich aber oft auch ohne hohe Beleuchtungsstärken vermeiden. Durch die Neigung oder Krümmung von Scheiben zusammen mit einem dunklen Vordach oder dunklen Bodenflächen, könnte das erforderliche Beleuchtungsniveau durch Kunstlicht tagsüber oft gesenkt und somit wesentlich Energie gespart werden. Beispiel 2 und 3 in Bild 4.1 sind allerdings nicht sehr anwenderfreundlich.

Würde bereits beim Bau, respektive in der Planungsphase, das Tageslicht berücksichtigt, so könnte – ohne wesentlich höhere «Lichtbelastung» der ausgestellten Ware – mehr Tageslicht im Ladeninneren genutzt werden. Wie das nachfolgende Bild zeigt, könnten auf diese Art und Weise zudem Spiegelungen reduziert werden.

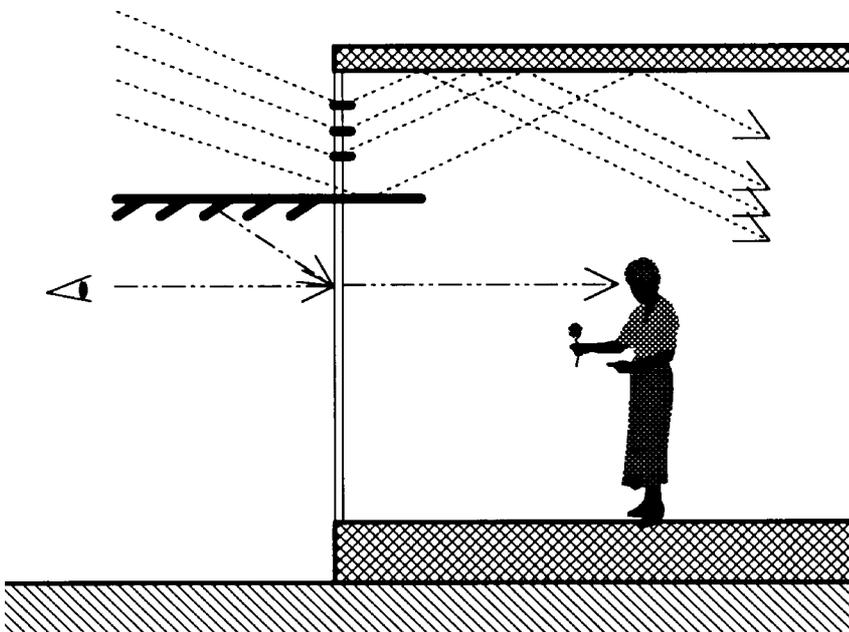


Bild 4.2:
Beispiel einer allfälligen Tageslichtnutzung über das Schaufenster

■ Oberlichter

Oberlichter ermöglichen eine sehr effiziente Tageslichtnutzung. Inwieweit diese im Verkaufsraum erwünscht ist, wie hoch die Wärmelast im Sommer oder der Wärmegegewinn im Winter ist, ist anhand des konkreten Objektes abzuklären.

Auf dieses Thema wird im Grundlagenheft noch näher eingegangen

Die Lage der Tageslichtöffnung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Raumbeleuchtung. In der folgenden Abbildung erzeugt jede der verschiedenen grossen Lichtöffnungen am Punkt A die gleiche Beleuchtungsstärke. Da die Öffnungen unterschiedlich gross sind, weichen auch die Wärmeverluste bzw. -lasten wesentlich voneinander ab.

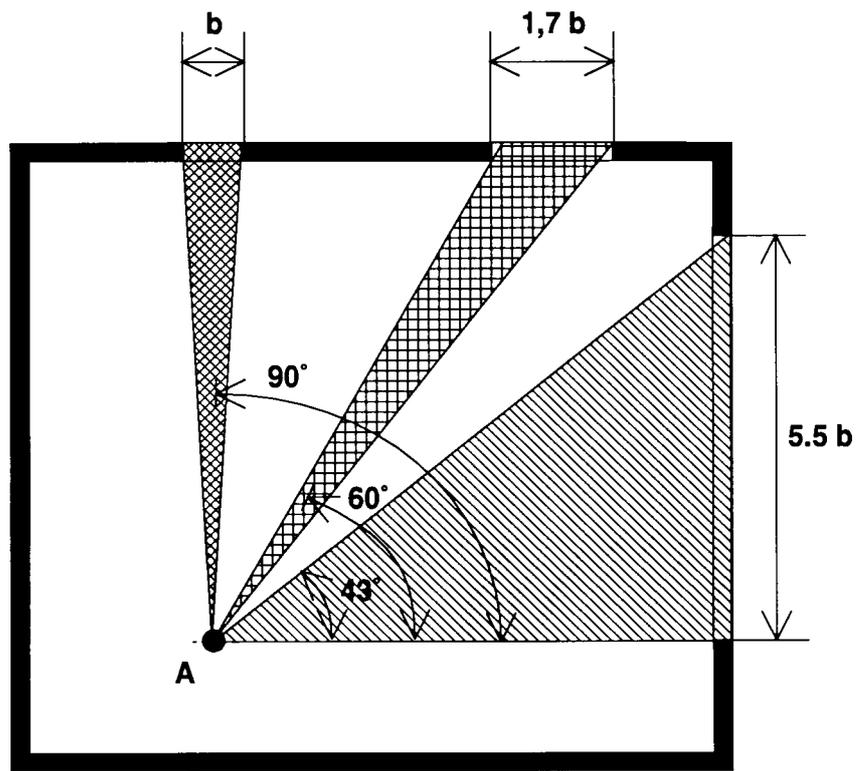


Bild 4.3:
Einfluss der Grösse der Tageslicht-
öffnung



4.3 Ausbleichen und Vergilben

Fast alle Waren sind nicht völlig lichtecht. Ihre Farben können ausbleichen oder vergilben. Dies ist unter anderem eine Folge der Absorption von optischer Strahlung (UV, Licht, IR).

Siehe Grundlagenheft

So können folgende Veränderungen auftreten:

- Die Farben ändern ihren Farbton (vergilben), bleichen aus oder dunkeln nach.
- Materialien verlieren ihre Konsistenz. Das heisst, sie verändern ihre Form, reissen oder werden brüchig.

Die Hauptursachen einer Farbveränderung liegen bei der Ware selbst, der Umgebung (Luftfeuchtigkeit, Schadstoffe) und der Beleuchtung. So haben verschiedene Waren unterschiedliche Schwellenbelichtungswerte, ab welchen eine Veränderung sichtbar wird /4/.

Die im folgenden aufgeführten Schwellenbelichtungswerte sind jeweils in Kiloluxstunden [klxh] angegeben. 1000 klxh bedeuten zum Beispiel, dass ab 1'000 Stunden eine Veränderung sichtbar wird, wenn während dieser Zeit 1'000 Lux Beleuchtungsstärke auf der Ware vorhanden sind.

■ Beispiele

Bestrahlte Ware	Schwellenbelichtung [klxh]
Angeschnittene Wurstwaren	ca. 1–5
Tiefgekühltes Fleisch	ca. 20–110
Zeitungspapier	ca. 250–650
Aquarellfarben auf Papier*	ca. 800–1000
Textilien*	ca. 1000–20'000
Ölfarben auf Leinwand*	ca. 60'000–80'000

*Tabelle 10:
Schwellenbelichtungswerte bei Beleuchtung mit Leuchtstofflampen*

* Bei diesen Angaben handelt es sich um Mittelwerte einiger Proben, mit zum Teil beträchtlichen Abweichungen.



Den Zusammenhang zwischen zulässiger Belichtungszeit bei 1000 Lux, der Lichteinheit und der Spektralverteilung der verwendeten Lichtquellen, zeigt das folgende Diagramm.

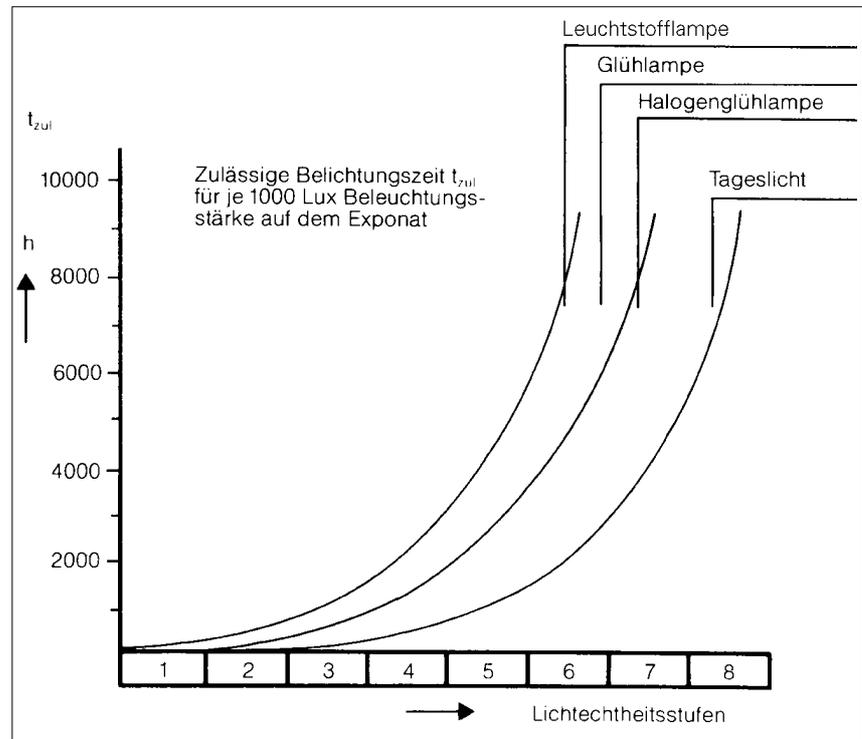


Bild 4.4

Gemäss DIN sind 8 Lichteichtheitsstufen festgelegt. Dabei verdoppelt sich die zulässige Belichtungszeit etwa mit jeder höheren Lichtstufe.

Die Stufe 8 darf mehr als 100 x solange belichtet werden wie die Stufe 1. Jedes übliche Kunstlicht gleicher Beleuchtungsstärke verlängert die zulässige Belichtungszeit gegenüber dem Tageslicht, d.h. **die ausbleichende Wirkung des Kunstlichtes ist kleiner als die des Tageslichtes.**

Es ist jedoch zu beachten, dass die Wärmestrahlung der Kunstlichtquellen das Ausbleichen und Vergilben fördert.

Es sollten deshalb, wenn immer möglich, Leuchtmittel mit einer hohen Lichtausbeute, reduzierter Infrarotstrahlung im Lichtkegel, und UV-Schutz eingesetzt werden.

Beispiel:

- Ausgestellte Ware: Textilien, grösste Beleuchtungsstärke 10'000 Lux
- Künstliche Beleuchtung täglich 12,5 h (kein Tageslicht)
- Lichtquelle: Leuchtstofflampe, warmweiss, 3000 Kelvin, Farbwiedergabe 1B, Leuchte ohne Abschlussglas

Wirksame Schwellenbelichtungszeit: 1'152'000 lxh

Tägliche Belichtung: 10'000 lx x 12,5 h = 125'000 lxh

Eben erkennbare Farbänderungen: 1'152'000 : 125'000 = 9 Tage

Wenn angenommen wird, dass sich die Tabellenwerte für Textilien auf mittlere Lichteichtheit beziehen, kann das Ergebnis ohne weiteres streuen zwischen einem Zehntel (= 1 Tag) und dem Zehnfachen (= 3 Monate).



5 Unterhalt

5.1 Reinigung

Infolge Verschmutzung und Alterung von Lampen, Leuchten und Raumbegrenzungsflächen verringert sich die Beleuchtungsstärke ständig. Es sollte daher dafür gesorgt werden, dass periodisch die Lampen und Leuchten gereinigt und die Raumflächen von Zeit zu Zeit neu gestrichen werden.

Damit die Wirtschaftlichkeit der Anlage erhalten bleibt, ist in den meisten Fällen eine zweimalige Reinigung pro Jahr empfehlenswert. Bei einer fachgerechten Reinigung kann eine Beleuchtungsstärke-Erhöhung von bis zu 20% erreicht werden.

Zudem gilt:

Je weiter die Reinigungsperioden auseinander liegen, umso schwieriger wird es, die Leuchten sauber zu bekommen.

Dabei ist in den meisten Räumen die Reinigung der Leuchten mit einem trockenen Tuch bereits erstaunlich gut, so dass bei kurzen Reinigungsintervallen der Vorteil einer sorgfältigen Nassreinigung meist kaum mehr ins Gewicht fällt.

Der Neuwert der Anlage wird in der Regel trotz sorgfältigster Reinigung nicht mehr erreicht, da die Lampen während ihrer Lebensdauer einen gewissen Lichtstromrückgang aufweisen.

5.2 Leuchtenmontage

Grundsätzlich sollte bei der Erstellung einer Beleuchtungsanlage darauf geachtet werden, dass alle Leuchten auch bei möbliertem Laden noch leicht zugänglich sind. Unter Umständen kann sonst der Aufwand für die Wartung respektive den Lampenwechsel zu einer teuren Angelegenheit werden.

Wenn mit häufigen Änderungen des Layouts zu rechnen ist, sollten die Leuchten leicht versetzbar sein. Dabei hilft ein enger Raster der Befestigungspunkte und elektrischer Anschluss über Steckdosen an der Decke.

Für die Akzentbeleuchtung erweist sich oft ein Stromschienensystem als Vorteil. Bei einem solchen können auf einfache Art und Weise die Leuchten montiert und wieder entfernt werden, womit eine sehr hohe Variabilität gegeben ist.

5.3 Gruppenauswechslung

In den meisten Fällen empfiehlt sich eine Gruppenauswechslung der Lampen, da zum einen durch die heutige Genauigkeit bei der Lampenherstellung die individuellen Lampenlebensdauern nicht mehr wesentlich voneinander abweichen, zum anderen der Wartungsaufwand dadurch oft erheblich reduziert wird.

5.4 Entsorgung

Entladungslampen (und somit auch Leuchtstofflampen) sind gemäss einer Verfügung des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft als Sondermüll zu behandeln /12/. Sie dürfen deshalb nicht in Kehrichtverbrennungsanlagen entsorgt werden.

Kleinere Mengen werden von den Lieferanten zurückgenommen. Grössere Mengen nehmen spezialisierte Firmen entgegen, welche die Lampen zum grössten Teil recyceln. In der Schweiz setzen sich derzeit vier Firmen mit der Aufbereitung von Entladungslampen auseinander. Es sind dies:

- Fairtec AG, Turgi
- Recymet SA, Aclens
- SM-Recycling AG, Aarau
- SOVAG Sonderabfallverwertungs AG, Rubigen



6 Lampen

6.1 Allgemeines	49
■ Neutrale Kurzbezeichnungen für Lampen	50
■ Lichtfarbe und Farbwiedergabe-Eigenschaften	51
■ Lebensdauer von Lampen	52
6.2 Allgebrauchs-Glühlampe	53
6.3 Reflektorglühlampe	53
6.4 Leuchtstofflampen	54
■ Lichtfarben und Farbwiedergabe-Eigenschaften	54
6.5 Hochleistungs-Leuchtstofflampen	55
6.6 Kompaktleuchtstofflampen	55
6.7 Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	56
6.8 Halogen-Metaldampflampen	56
6.9 Weisse Natriumdampf-Hochdrucklampen	56
6.10 Einsparungen durch die geeignete Lampenwahl	57



6 Lampen

6.1 Allgemeines

Es sind heute eine grosse Vielfalt verschiedener Lampenarten auf dem Markt erhältlich. Um eine Klassifizierung vornehmen zu können, sollten folgende Bewertungskriterien berücksichtigt werden:

- Lichtstrom
- Lichtausbeute
- Lichtstromabnahme durch Alterung
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe-Eigenschaften
- Leistungsstufung
- Lebensdauer
- Betriebsverhalten (z.B. Zündung)
- Anschaffungs- und Betriebskosten



■ Neutrale Kurzbezeichnungen für Lampen

Lampentypen	Bezeichnung alt	Bezeichnung neu
Standard-Glühlampe	GL	A
Halogen-Glühlampe – Röhrenform – Röhrenform beidseits gesockelt – mit Reflektor – mit Kaltlicht-Reflektor	HAL	Q QT QT-DE QR QR-CB
Leuchtstofflampe (Fluoreszenzlampe) – 26 mm Ø – 38 mm Ø – Circline	FL, NL	T T 26 T 38 T-R
Kompakt-Leuchtstofflampe – mit 4fach-Rohr – quadratisch gebogen – lang, mit 17,5 mm Rohrdurchmesser – mit eingebautem konventionellen VG: – mit Hüllglas (wie z.B. Philips SL) – mit Globekolben – mit eingebautem elektronischem VG: – mit 4fach-Rohr – mit Globekolben – ringförmig gebogen		TC TC-D TC-DD TC-L TC-SB TCG-SB TC-DSE TCG-SE TC-SR
Quecksilberdampf Lampe – Ellipsoidkolben mit Leuchtstoff – Globekolben – mit Reflektor	HgL HgL-R	HM HME HMG HMR
Mischlichtlampe – Ellipsoidkolben – mit Reflektor	ML ML-R	HM-SB HME-SB HMR-SB
Halogen-Metaldampf Lampe – Ellipsoidkolben – Röhrenform, einseitig gesockelt – Soffitte, 2seitig gesockelt – Reflektorlampe	Hgl Hgl-R	HI HIE HIT HIT-DE HIT-R
Natriumdampf-Hochdrucklampe – Ellipsoidkolben – Röhrenform, einseitig gesockelt – Soffitte, 2seitig gesockelt	NaH	HS HSE HST HST-DE
Natriumdampf-Niederdrucklampe	NaN	LST

Tabelle 11



■ Lichtfarbe und Farbwiedergabe-Eigenschaften

Die Farbwiedergabe-Eigenschaften beschreiben die Qualität der Wiedergabe von Objektfarben unter dem Licht der betreffenden Lichtquelle im Vergleich zu einem Temperaturstrahler ähnlichster Lichtfarbe. Die Farbwiedergabe-Eigenschaften werden gemäss DIN 5035 in 6 Stufen eingeteilt:

Stufe	Übereinstimmung mit Temperaturstrahler ähnlichster Farbtemperatur	Allgemeiner Farbwiedergabe-Index Ra	Lampentyp
1 A	sehr gut	90 ... 100	Glühlampen, Halogenglühlampen, Leuchtstofflampen (De Luxe), Halogen-Metall dampflampen
1 B	sehr gut	80 ... <90	Leuchtstofflampen (Dreibanden), Halogen-Metall dampflampen, Induktionslampen, weisse Natriumdampf-Hochdrucklampen
2 A	gut	70 ... <80	Leuchtstofflampen, Halogenmetall dampflampen
2 B	gut	60 ... <70	Leuchtstofflampen, Halogenmetall dampflampen, farbverbesserte Natriumdampf-Hochdrucklampen
3	genügend	40 ... <60	Leuchtstofflampen, Halogenmetall dampflampen, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, Natriumdampf-Hochdrucklampen (De Luxe), Mischlichtlampen
4	mässig bis schlecht	20 ... <40	Natriumdampf-Hochdrucklampen,

Tabelle 12

Der Farbwiedergabe-Index bezieht sich immer auf eine bestimmte Farbtemperatur. Deshalb gilt für Glühlampenlicht ebenso der Maximalwert 100 wie für das natürliche Tageslicht, obwohl die Farbtemperaturen beider Lichtquellen weit auseinanderliegen und deshalb Objektfarben unter diesen Lichtquellen sehr unterschiedlich aussehen.

Für die subjektive Bewertung der Farbwiedergabe ist der Farbwiedergabe-Index deshalb weniger geeignet. In der Regel empfindet man die Farbwiedergabe bei warmweisser Lichtfarbe angenehmer als bei neutral- oder tageslichtweissem Licht, selbst wenn der Farbwiedergabe-Index schlechter ist. Ein brauchbares Bewertungssystem hierfür steht derzeit aber leider noch nicht zur Verfügung.



■ Lebensdauer von Lampen

Bei der Lebensdauer von Lampen unterscheidet man folgende Begriffe:

- wirtschaftliche Lebensdauer (Zeitpunkt, bei dem aus verschiedenen Gründen ein Lampenwechsel ratsam wird)
- garantierte Lebensdauer (Zeitpunkt, bis zu dem Ersatz geleistet wird)
- mittlere Lebensdauer (Zeitpunkt, zu dem 50 % aller Lampen ausgefallen sind)

Die Lebensdauer-Angabe zu den verschiedenen Lampen sind im Grundlagenheft aufgeführt.

Sinnvoller Lampeneinsatz

Die unten aufgeführte Tabelle soll eine kleine Übersicht geben, wo welche Lampentypen in Verkaufsräumen eingesetzt werden können.

Lampentypen	Anwendungen
Allgebrauchs-Glühlampen	Für Stimmungsbeleuchtungen und Nebenräume mit kurzen Betriebszeiten
Reflektor-Glühlampe	Für Akzentbeleuchtungen. Zur Erzeugung von Glanz- und Glitzer-effekten, sowie zur Hervorhebung von Oberflächenstrukturen.
Reflektor-Glühlampe mit Kaltlichtspiegel (cool-beam)	Für wärmeempfindliche Waren wie z.B. Schokolade. Wärmestau hinter der Lampe vermeiden! Wärmeableitung notwendig.
Halogen-Glühlampen	Für Akzentbeleuchtungen. Zur Ausleuchtung von Wand- und Regalflächen in exklusiven Verkaufsräumen.
Stabförmige Leuchtstofflampen	Für eine wirtschaftliche Grundbeleuchtung in grösseren Räumen und um tagsüber Spiegelungserscheinungen auf Schaufensterscheiben zu kompensieren. Zur Wand-, Regal- und Vitrinenbeleuchtung.
Kompakt-Leuchtstofflampen	Für Stimmungs-, Grund- und Flutlichtbeleuchtungen als wirtschaftliche Alternative für Glühlampen.
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen des «de Luxe» Typs	Als kompakte Entladungslampe mit verschiedenen Leistungsstufen für Pflanzenbeleuchtungen.
Weisse Natriumdampf-Hochdrucklampen	Leistungsstarke kompakte Entladungslampe mit verschiedenen Leistungsstufen für Schaufenster-, Akzent- und Allgemeinbeleuchtungen.
Halogen-Metall dampflampen	Leistungsstarke kompakte Entladungslampe mit verschiedenen Leistungsstufen für Schaufenster-, Akzent- und Allgemeinbeleuchtungen. Auch für Pflanzenbeleuchtung geeignet.

Tabelle 13 /4/



6.2 Allgebrauchs-Glühlampe

Die Standardlampe, wie die Allgebrauchs-Glühlampe auch genannt wird, gehört zu den Temperaturstrahlern.

Bei diesen Lampen werden nur etwa 10% der elektrischen Energie in sichtbare Strahlung umgewandelt, die restlichen 90% in Wärmestrahlung.

Eigenschaften:

- sehr gute Farbwiedergabe-Eigenschaften ($R_a = 100$)
- warmweisse Farbe
- einfache Installation
- niedriger Preis
- geringe Lichtausbeute
- kurze Lebensdauer
- hohe Wärmestrahlung
- sehr empfindlich gegen Überspannung

Zusätzlich zu der Standard-Form werden noch eine Vielzahl von Speziallampen angeboten (Röhren-, Kugel-, Birnen-, Kerzen-, Pilzform, Soffittenlampen, Zwerglampen, farbige Lampen u.s.w.)

6.3 Reflektorglühlampe

Bei diesen Glühlampen handelt es sich um Lampen mit einem teilweise verspiegelten Glaskolben. Dank einer speziellen Form lässt sich das Licht auch ohne spezielle Leuchte und externen Reflektoren richten.

Eigenschaften

- eingebaute Lichtlenkung
- kompakte Abmessungen
- viele Leistungsstufen
- keine speziellen Leuchten erforderlich
- wie Standardlampe
- teilweise hohe Temperaturen am Glaskolben und der Fassung

Speziell zu erwähnen sind hier die Pressglaslampen (PAR = Parabolic Aluminium Reflector). Die Anschaffungskosten dieser Lampen sind relativ hoch. Deshalb wurde ihre mittlere Lebensdauer auf 2000 h ausgelegt. Dies wird durch eine geringere thermische Belastung des Glühfadens erreicht.

Die Folgen sind ein geringerer Lichtstrom und eine niedrigere Farbtemperatur.



6.4 Leuchtstofflampen

Die Leuchtstofflampen sind heute für den Einsatz in Allgemeinbeleuchtungen von Verkaufsräumen kaum mehr weg zu denken.

Erhältlich sind sie in vielen Leistungsstufen von 4 W bis 215 W. Die wichtigsten sind:

Lampenleistung [W] Ø 26 mm	Lampenleistung [W] Ø 38 mm	Länge [mm]
18	20	590
36	40	1200
38	42	1045
58	65	1500

Tabelle 14

■ Lichtfarben und Farbwiedergabe-Eigenschaften

Diesbezüglich lassen sich Leuchtstofflampen in drei Gruppen einteilen:

Lampen	Lichtstrom	Farbwiedergabe	Preis
Standard	1	mässig	1
3-Banden	1,1	subjektiv gut	etwa 2
Vielbanden (de Luxe)	0,7	objektiv sehr gut	etwa 2,3

Tabelle 15

In den Verkaufsräumen werden je nach Art der dargebotenen Waren Leuchtstofflampen mit den verschiedensten Farbwiedergabeeigenschaften eingesetzt.



Einsatzbereich	Lichtfarbe								
	tw		nw			ww		ww spez.	
	11	12	21	22	76	31	32	41	
Osram	86	95	84	94	-	83	93	82	
Philips	186		184	194	175	183	193	182	
Lebensmittel			X			X		X	
Backwaren						X		X	
Kühltheken und -truhen	X		X						
Fleisch, Wurstwaren					X				
Textilien, Lederwaren	X	X	X	X		X	X	X	
Möbel, Teppiche						X	X	X	
Sport, Spielwaren, Papierwaren			X	X		X	X		
Foto, Uhren, Schmuck	X	X	X	X		X	X		
Kosmetik, Friseur			X	X		X	X	X	
Blumen		X		X			X		
Kaufhäuser, Supermärkte			X	X		X	X	X	

Tabelle 16

6.5 Hochleistungs-Leuchtstofflampen

Die Bedeutung dieser Lampenart ist in den letzten Jahren stark zurück gegangen.

Die schwerwiegendsten Nachteile für den Verkaufsbereich sind:

- eingeschränkte Auswahl an Lichtfarben
- schlechtere Lichtausbeute
- erhöhter Lichtstromrückgang durch Alterung
- sehr unhandlich durch lange Bauform

6.6 Kompaktleuchtstofflampen

Dank ihrer kompakten Abmessungen und der guten Farbwiedergabeeigenschaften sind diese Lampen sehr geeignet für den Einsatz in Verkaufsräumen.

Die hohen Lampenkosten werden durch die Energieeinsparungen gegenüber Glühlampen rasch kompensiert.

Durch die verschiedenen Bauformen stellt diese Lampenart heute eine energetisch sehr gute Alternative zu den Glühlampen dar.



6.7 Quecksilberdampf-Hochdrucklampen

In der Verkaufsbeleuchtung werden Quecksilberdampf-Hochdrucklampen heute meistens nur noch für die Bestrahlung von Pflanzen eingesetzt.

Das Farbspektrum entspricht weitgehend der spektralen Verteilung, welche die Pflanzen für ein normales Wachstum benötigen.

Andere Eigenschaften:

- hohe Lebensdauer
- grosse Auswahl an Leistungsstufen
- mittlere Lichtausbeute
- neutralweisse, teilweise auch warmweisse Lichtfarbe
- mässige Farbwiedergabe-Eigenschaften
- Verschlechterung der Farbwiedergabe-Eigenschaften während der Brennzeit
- Neigung zum Flimmern
- starker Lichtstromrückgang während der Lebensdauer
- für wirtschaftliche Leuchten sind grosse Reflektoren nötig

6.8 Halogen-Metaldampflampen

Die untersten Leistungsstufen (bis 150 W) der Halogen-Metaldampflampen werden für Effektbeleuchtungen anstelle von Glühlampen eingesetzt. In der Miniaturform sind sie dann meist mit Stiftsockel ausgerüstet.

Sie werden z.B. zur Beleuchtung von Schaufenstern und für kräftige Akzente eingesetzt.

Auch zur Pflanzenbestrahlung eignen sie sich sehr gut.

Eigenschaften:

- hohe Lichtausbeute
- Lichtfarbe von tageslichtweiss bis warmweiss
- gut bis sehr gute Farbwiedergabe
- kompakte Bauform
- hohe Leistungskonzentration pro Einheit
- sehr gute Bündlungsfähigkeit

6.9 Weisse Natriumdampf-Hochdrucklampen

Farbverbesserte Natriumdampf-Hochdrucklampen eignen sich speziell für die Akzentbeleuchtung anstelle von Glühlampen.

Eigenschaften:

- hohe Lichtausbeute
- warmweisse Lichtfarbe
- gute Farbwiedergabe
- kompakte Bauform
- hohe Leistungskonzentration pro Einheit
- gute Bündlungsfähigkeit



6.10 Einsparungen durch die geeignete Lampenwahl

Glühlampen und Halogenglühlampen sind sehr schlechte Energieverwerter und sollten deshalb nur dort eingesetzt werden, wo Anschlussleistung und Betriebszeit sehr gering sind oder spezielle Akzente gesetzt werden sollen.

Kompaktleuchtstofflampen ermöglichen bei vergleichbaren Abmessungen etwa 75% Einsparungen gegenüber Glühlampen. Noch besser schneiden mit etwa 80% Einsparungen stabförmige Leuchtstofflampen in den Leistungsstufen 36 W bis 58 W ab.

Ein Energiesparpotential von etwa 5% besteht bei älteren Anlagen allein dadurch, dass die früher üblichen Leuchtstofflampen mit einem Durchmesser von 38 mm durch die neuen, mit einem Durchmesser von 26 mm, ersetzt werden. Bei freibrennenden Lampen und Spiegelrasterleuchten kann es dabei jedoch wegen der wesentlich höheren Lampenleuchtdichte zu verstärkter Direkt- oder Reflexblendung kommen.

Quecksilberdampf-Lampen sind heute bezüglich Lichtausbeute, Farbwiedergabe-Eigenschaften und Betriebsverhalten überholt und sollten, von Ausnahmen (wie Pflanzenbeleuchtung) abgesehen, nur noch für Ersatzzwecke eingesetzt werden. Bei kleinen Leistungen (bis ca. 125 W) sind Kompaktleuchtstofflampen die Alternative, in anderen Fällen Halogen-Metaldampflampen oder weisse Natriumdampf-Hochdrucklampen.

Halogen-Metaldampflampen kleiner Leistung (35 bis 150 W) sind kompakt, und ihr Licht lässt sich gut bündeln. Sie sind deshalb eine energieeffiziente Alternative zu Glühlampen und Halogenglühlampen für Akzentbeleuchtungen im Verkaufs- und Ausstellungsbereich, wenn hohe Lichtströme pro Einheit erforderlich sind. Das gleiche gilt auch für farbverbesserte Natriumdampf-Hochdrucklampen, wenn hier auch die Lichtausbeute niedriger ist.



7 Leuchten

7.1 Leuchtenarten	61
■ Rasterleuchten	61
■ Wandfluter	62
■ Downlights	62
■ Stromschienensysteme	63
■ Strahler für Stromschienensysteme	63
■ Dekorative Leuchten	63
7.2 Einsparungen durch hohe Leuchtenwirkungsgrade	64
7.3 Klimatisierung	65



7 Leuchten

7.1 Leuchtenarten

■ Rasterleuchten

Rasterleuchten werden im gesamten Verkaufsbereich (vor allem in Grossräumen) eingesetzt. Je nach Bauform sind sie mit Leuchtstoff- oder Kompaktleuchtstofflampen ausgestattet und bilden so die wirtschaftlichste Art von Verkaufsraumbeleuchtungen.

Die häufigsten Bauformen und Einsatzarten sind:

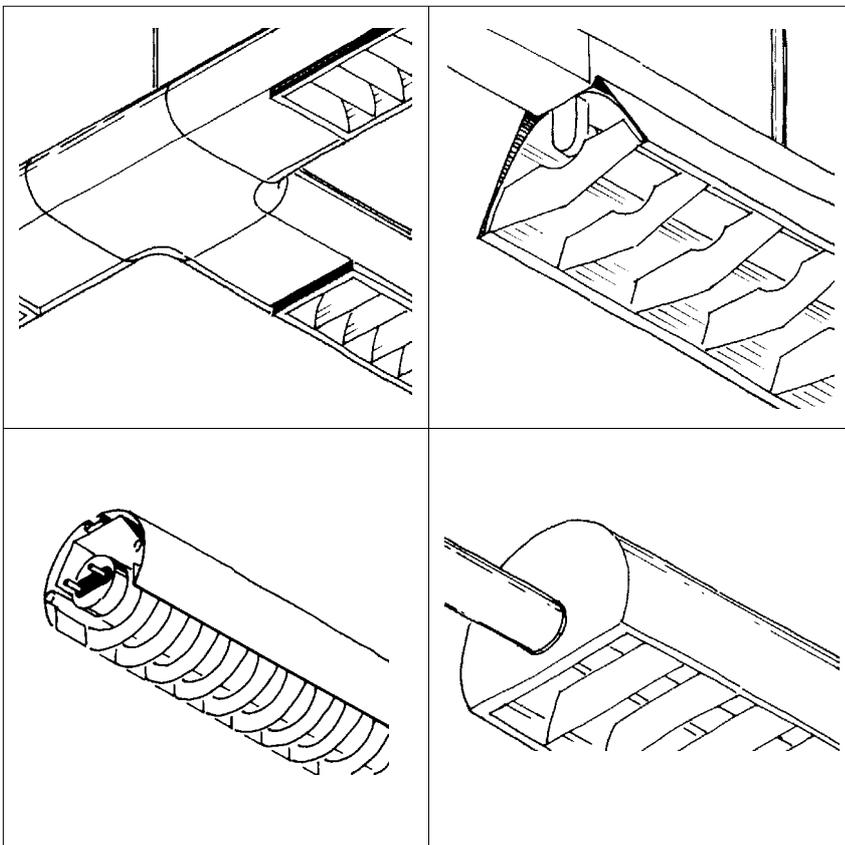


Bild 7.1 /2/

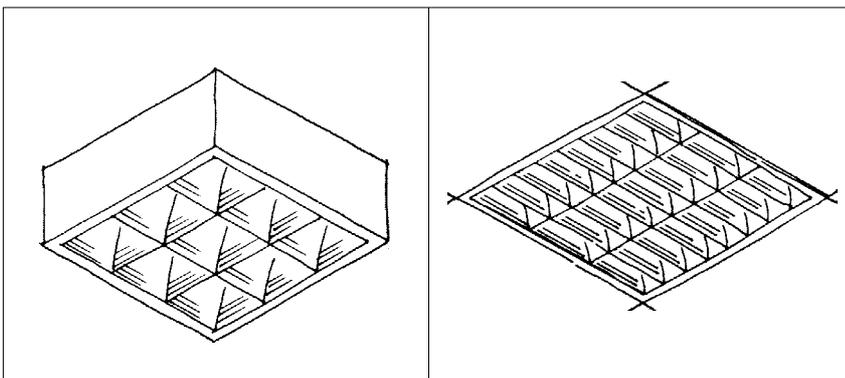


Bild 7.2 /2/



■ Wandfluter

Wandfluter sind Spezialleuchten, die hauptsächlich zur Ausleuchtung von Wänden und Warenregalen eingesetzt werden. Um eine gleichmässige Ausleuchtung zu erreichen, sollte der Achsabstand zwischen den Leuchten gleich gross wie der Abstand zwischen Leuchte und der angestrahlten Fläche sein.

*Siehe auch 2.2.
Einfluss der Kundengruppe*

Angestrebt wird eine vertikale Beleuchtungsstärke, welche von oben bis unten sehr gleichmässig ist. Durch helle Wände erscheinen Räume grösser, heller und weiter. Diese Leuchten können mit Leuchtstoff-, Kompaktleuchtstoff-, Halogen- und Halogen-Metaldampflampen bestückt werden.

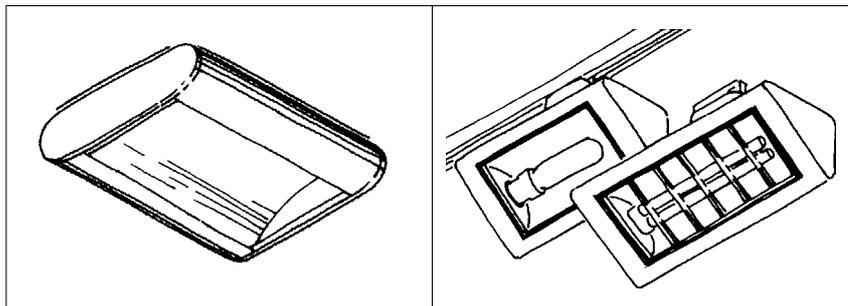


Bild 7.3 /2/

Die Wahl des Leuchtmittels hängt von der angestrahlten Ware und der Grösse der Fläche ab.

■ Downlights

Diese Leuchtenart gehört zu der Familie der Deckeneinbau oder Anbauleuchten. Sie kommt vorwiegend in Verkaufsräumen hochwertiger Markenartikel als Allgemeinbeleuchtung zum Einsatz. Der Einbau dieser Leuchten erfolgt meist unter Berücksichtigung der Deckenkonstruktion und der Einrichtung. Die Leuchten sind kompakt und unauffällig.

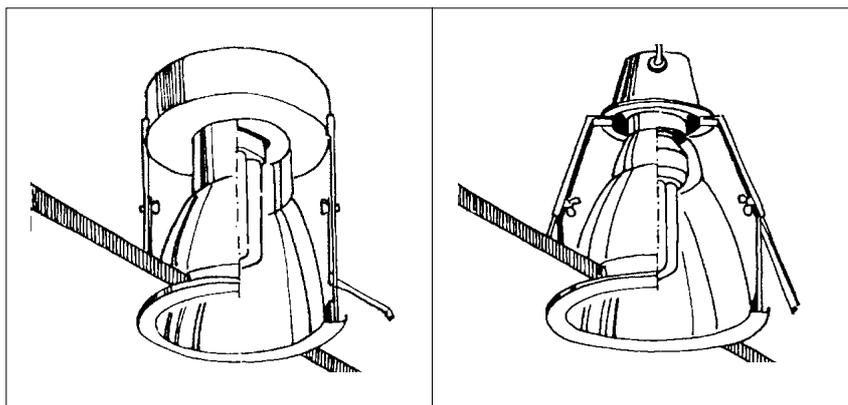


Bild 7.4 /2/

Die Anordnung der Downlights sollte möglichst gleichmässig sein, um auch eine entsprechende Ausleuchtung der horizontalen Verkaufsfläche zu erreichen. Downlights sind grundsätzlich für alle kurzen Lampen geeignet bzw. erhältlich.

Durch eine Verdichtung der Anordnung können auch Schwerpunkte geschaffen werden.



■ Stromschienensysteme

Eine zeitgemässe Beleuchtung in Verkaufsräumen und Schaufenstern wäre heute ohne Stromschienensysteme kaum denkbar. Sie ermöglichen eine leichte Anpassbarkeit an Layout-Änderungen. Die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten als Einbau-, Aufbaumodell oder integrierter Bestandteil von Rohrsystemen bieten somit eine ideale Basis für eine Vielzahl von Beleuchtungslösungen. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass durch das Vorhandensein eines solchen Systems oft zu viele Strahler eingesetzt werden und zudem schlecht ausgerichtet sind. So kann es sich in grossen Warenhäusern bezahlbar machen, wenn wenig Stromschienensysteme (z.B. nur in den Schaufenstern), dafür aber punktuelle Adapteranschlüsse vorhanden sind.

Stromschienen sind als 1- und 3-Phasensysteme für Spannungen von 6–230/400 V erhältlich.

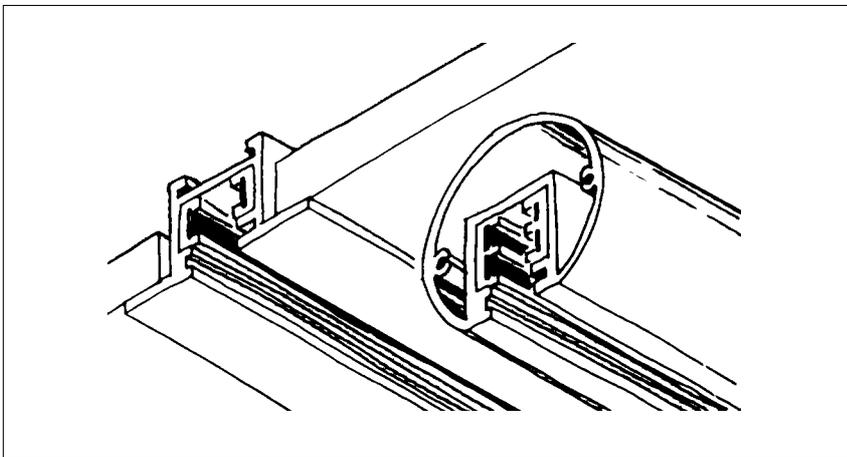


Bild 7.5 /2/

Leider gibt es noch keine normierten Stromschienen. Das hat zur Folge, dass die Systeme der einzelnen Hersteller meist nicht kombinierbar sind.

■ Strahler für Stromschienensysteme

Eine sehr breite Palette von Strahlern für Stromschienensysteme ermöglicht es dem Benutzer, seiner Phantasie freien Lauf zu lassen und zudem eine lichttechnisch und energetisch optimierte Lösung zu finden. Grundsätzlich können alle gängigen Leuchtmittel eingesetzt werden. Speziell zu erwähnen sind die Leuchten für Lampen hoher Lichtausbeute, wie:

- Halogen-Metall dampflampen
- Natrium-Hochdrucklampen

■ Dekorative Leuchten

Diese Leuchten werden in Verkaufsräumen, welche eine ganz bestimmte Atmosphäre auszeichnen soll, eingesetzt (Artdeco-Leuchten, HighTech-Leuchten etc.)

Auch bei der Wahl dieser Beleuchtungselemente sollte darauf geachtet werden, dass energiesparende Lampen eingesetzt werden können.



7.2 Einsparungen durch hohe Leuchtenwirkungsgrade

Siehe auch:
Grundlagenheft Kap. 4.2

Der Leuchtenbetriebswirkungsgrad gibt an, welcher Anteil des Lampenlichtstromes aus der Leuchte austritt und zur Beleuchtung genutzt werden kann. Ein Wirkungsgrad über 80% kann dabei als «sehr hoch», einer unter 50% als «gering» bezeichnet werden.

Folgende Merkmale tragen zu einem hohen Leuchtenbetriebswirkungsgrad bei:

- Hohe Qualität der lichtlenkenden Materialien. Dies bedeutet hohe Reflexionsgrade bei reflektierenden Flächen wie Blenden, Raster, Reflektoren, und hohe Transmissionsgrade bei lichtdurchlässigen Materialien wie Gläser, Blechabdeckungen usw.
- Genügend grosse Lichtaustrittsflächen. Bei kleinen Leuchten, welche die Lampe eng umschliessen, geht viel Licht verloren. Bei Parabolspiegel-Rastern ist zudem die Stegbreite des Rasters auf der Lampenseite oft gross, so dass sich auch hier viel Licht in der Leuchte «totläuft».
- Genügend grosser Lampenabstand. Bei mehrlampigen Leuchten sollte der Abstand von Lampe zu Lampe mindestens doppelt so gross sein wie der Lampendurchmesser. Die Eigenabsorption zwischen den Lampen ist sonst zu hoch.
- Gute Ableitung der Lampenwärme.
- Guter Schutz gegen Verstaubung.



7.3 Klimatisierung

Wird der Raum klimatisiert, so ist es von Vorteil, wenn Leuchte und Klimaelement zusammengefasst werden. Wird die Abluft durch die Leuchte hindurchgesaugt, führt dies zu einer Herabsetzung der Wärmelast im Raum, welche durch die Beleuchtungsanlage erzeugt wird. Eine weitere Möglichkeit der Wärmelastreduzierung besteht in der Art der Luftein- respektive -abführung.

Bei den meisten Verkaufsräumen kann die Lüftung nicht durch das Öffnen von Fenstern erfolgen. Dies liegt daran, dass es sich zum grössten Teil um gefangene Räume handelt. Vor allem durch die Beleuchtung, aber auch durch die übrigen Tätigkeiten fallen zum Teil grosse Wärmemengen an, die aus dem Raum abgeführt werden müssen. Dies erfolgt in der Regel mittels Lüftungs- und Klimaanlage. Wie bereits erwähnt, kann es sinnvoll sein, diese Anlagen mit den Beleuchtungsanlagen zu kombinieren und die Abluft durch die Leuchten abzusaugen. So würden Klimaleuchten einen Grossteil der Leuchtenwärme direkt beim Erzeuger abführen und damit verhindern, dass die Abwärme überhaupt in den Raum gelangen kann. Die Lampen und Betriebsgeräte werden gleichzeitig gekühlt, was zu günstigeren Betriebsbedingungen führt.

Siehe auch:
Grundlagenheft Kap. 5.3

Es gibt heute etwa fünf – in ihrem Aufbau verschiedene – Funktionssysteme.

System 1

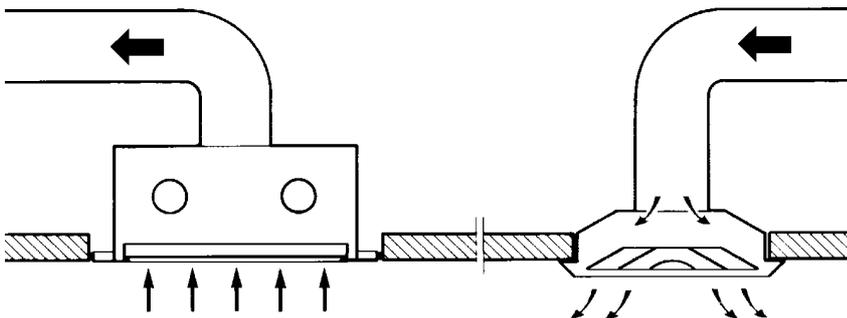


Bild 7.6
(Quelle: Regent)

Die Ab- und Zuluft werden durch separate Kanäle geführt. Die Führung der Abluft erfolgt durch die Leuchte, die der Zuluft durch separat montierte Zuluftauslässe.

System 2

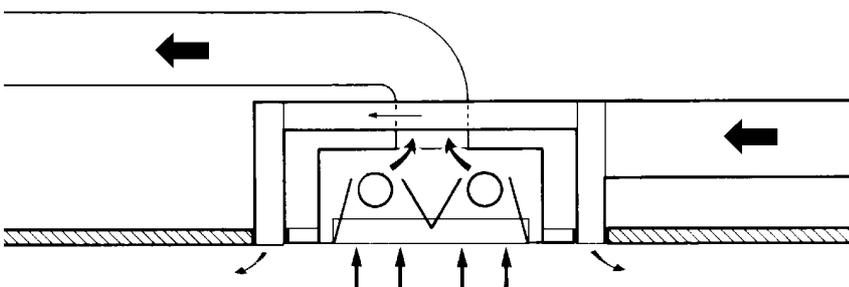


Bild 7.7
(Quelle: Regent)

Die Ab- und Zuluft werden durch separate Kanäle geführt. Die Führung der Abluft erfolgt durch die Leuchte. Der Zuluftverteiler ist mit der Leuchte zusammengebaut.



System 3

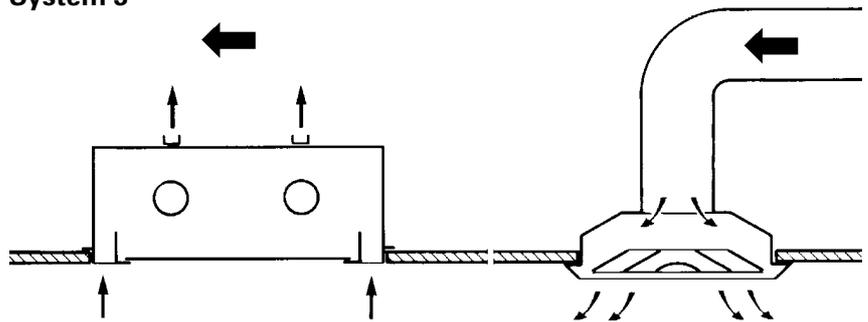


Bild 7.8
(Quelle: Regent)

Die Abluft wird durch die Leuchte in die Unterdruckdecke geführt. Die Zuluftführung erfolgt durch Kanäle mit separaten Zuluftverteilern.

System 4

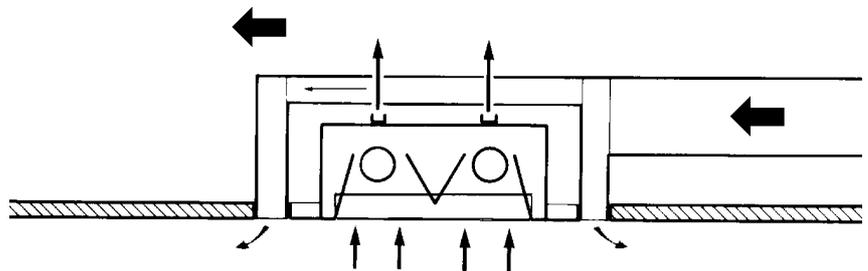


Bild 7.9
(Quelle: Regent)

Die Abluft wird durch die Leuchte in die Unterdruckdecke geführt. Die Zuluftführung erfolgt durch Kanäle. Der Zuluftverteiler ist mit der Leuchte zusammengebaut.

System 5

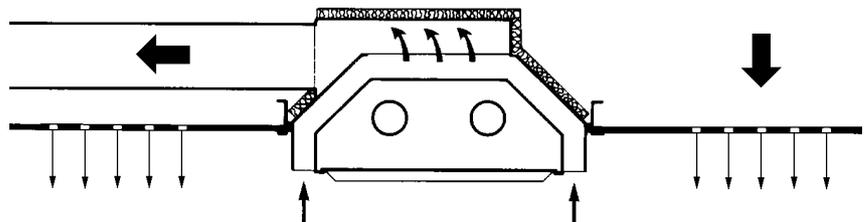


Bild 7.10
(Quelle: Regent)

Die Abluft wird durch die Leuchte in Kanäle geführt. Die Zuluftführung erfolgt via Überdruckdecke.

Beim Einsatz von Klimaleuchten sollten die folgenden Punkte mit berücksichtigt werden:

Lüftungstechnisch:

- gute Abführung der erzeugten Wärmeleistung der Leuchte.
- Keine Verstaubung des Leuchtengehäuses durch Abluft.

Schalltechnisch:

- Schallabsorbierende Bauart

Zudem darf nicht außer acht gelassen werden, dass die oben erwähnten Systeme vor allem auch auf der Lüftungsseite mit zum Teil erheblichen Kosten verbunden sind. Eine umfassende Wirtschaftlichkeitsanalyse lohnt sich deshalb in fast allen Fällen.



8 Betriebsgeräte

8.1 Allgemeines	69
■ Niedervolt-Halogenglühlampen	69
■ Hochdruck-Entladungslampen	69
8.2 Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	70
■ Verlustarme Vorschaltgeräte (VVG)	70
■ Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)	70
■ Wechselwirkungen von EVG	71



8 Betriebsgeräte

8.1 Allgemeines

Um Niedervolt-Halogenglühlampen und Entladungslampen betreiben zu können, benötigt man Betriebs- oder Vorschaltgeräte. Diese wiederum weisen immer einen Anteil an Eigenverlusten auf. Bei Vergleichen des Energiebedarfes verschiedener Beleuchtungsvarianten sollte deshalb die Systemleistung (Lampen- und Vorschaltgeräteverlustleistung) betrachtet werden und nicht nur die Lampenleistung.

■ Niedervolt-Halogenglühlampen

Niedervolt-Halogenglühlampen benötigen für den Betrieb einen Transformator. Bei der neueren Generation, den elektronischen Transformatoren, sind die Eigenverluste kleiner als bei den herkömmlichen.

Vorschaltgerät für	Lampentyp	Lampenleistung	Verlust Trafo	Gesamtleistung	Verlust elektr. Trafo
Halogenglühlampe, 12 V	50 W	50 W	13 W	63 W	3 W
Halogenglühlampe, 12 V	75 W	75 W	15 W	90 W	4 W
Halogenglühlampe, 12 V	100 W	100 W	20 W	120 W	6 W

Tabelle 17

■ Hochdruck-Entladungslampen

Auch bei den Betriebsgeräten dieser Lampenart zeichnet sich der Weg ins elektronische Zeitalter ab. Heute auf dem Markt erhältliche elektronische Betriebsgeräte für Hochdruck-Entladungslampen zeichnen sich unter anderem durch folgende Eigenschaften aus:

- mögliche Heisswiederzündung
- flimmerfreien Betrieb der Lampe

Systemleistungen verschiedener Hochdruck-Entladungslampen sind in der folgenden Tabelle enthalten.



Lampentyp	Lampentyp	Verlust KVG	Systemleistung	Systemlichtausbeute [lm/W]
Halogen-Metall dampflampe	35 W	13 W	48 W	50
Halogen-Metall dampflampe	70 W	18 W	88 W	57
Halogen-Metall dampflampe	150 W	20 W	170 W	65
Halogen-Metall dampflampe	250 W	25 W	275 W	73
Halogen-Metall dampflampe	400 W	40 W	440 W	80
Natrium-Hochdrucklampe (de Luxe weiss)	35 W	10 W	45 W	41
Natrium-Hochdrucklampe (de Luxe weiss)	70 W	16 W	86 W	54
Natrium-Hochdrucklampe (de Luxe weiss)	150 W	20 W	170 W	74
Natrium-Hochdrucklampe (de Luxe weiss)	250 W	25 W	275 W	84
Natrium-Hochdrucklampe (de Luxe weiss)	400 W	50 W	450 W	85

Tabella 18:
Systemlichtausbeute von einigen Hochdrucklampen

8.2 Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen

Es gibt drei grundsätzliche Arten von Vorschaltgeräten (VG) für den Betrieb von Leuchtstofflampen: Konventionelle, verlustarme und elektronische.

■ Verlustarme Vorschaltgeräte (VVG)

Wie die konventionellen Vorschaltgeräte, so bestehen auch verlustarme aus einer Drosselspule bzw. einer Kupferwicklung mit Eisenkern. Sie weisen jedoch geringere Eigenverluste auf.

■ Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)

Beim Betrieb von Leuchtstofflampen an einem EVG ergeben sich folgende Merkmale:

- erhöhte Lichtausbeute
- flimmerfreier Lampenbetrieb (und somit Verhinderung des Stroboskopeffektes bei sich drehenden Objekten, z.B. Drehbank)
- niedrige Eigenverluste
- je nach Gerätetyp einfache Lichtstromregulierung bzw. tageslichtabhängige Steuerung möglich
- erhöhte Lampenlebensdauer (abhängig vom Startvorgang)
- Leistungsfaktor nahezu 1 (keine Kompensation nötig)
- je nach Gerätetyp ist der Betrieb von zwei Lampen pro EVG möglich



Durch den zweiflamrigen Betrieb wird der gegenüber KVG und VVG doch erheblich höhere Preis des EVG gemindert.

Vorschaltgerät	Lampentyp	Lampenleistung	Verlust VG	Systemleistung
konventionell	T 36 W	36 W	10,5 W	46,5 W
verlustarm	T 36 W	36 W	6 W	42 W
extrem verlustarm	T 36 W	36 W	4 W	40 W
elektronisch	T 36 W	32 W	4 W	36 W
konventionell	T 58 W	58 W	15 W	73 W
verlustarm	T 58 W	58 W	9 W	67 W
extrem verlustarm	T 58 W	58 W	5,5 W	63,5 W
elektronisch	T 58 W	50 W	5 W	55 W

*Tabelle 19:
Systemleistungen von Fluoreszenz-
lampen und VG*

■ Wechselwirkungen von EVG

Durch den hochfrequenten Betrieb der Leuchtstofflampen an einem EVG können sich unter Umständen folgende Wechselwirkungen ergeben:

- Beeinflussung von Infrarot-Übertragungsanlagen
- Beeinflussung von induktiven Personensuchanlagen
- höhere Empfindlichkeit bezüglich gelegentlichen Über- oder Unterspannungen gegenüber KVG / VVG
- geringere zulässige Gerätetemperatur als bei KVG / VVG (hohe Einbusse der Gerätelebensdauer bei Überschreitung dieser Temperatur)
- Auslösen ungeeigneter FI-Schalter

Bei sorgfältiger Planung und unter Berücksichtigung einiger Hinweise /8/ kann sich jedoch der Einsatz von EVG als sehr vorteilhaft erweisen.



9 Checkliste

9.1 Verkaufsraum

1. Welches Marktsegment soll abgedeckt werden?
(siehe Seite 34)
2. Wie alt ist die Beleuchtungsanlage?
(siehe Seite 34)
3. Wie lichtempfindlich ist die ausgestellte Ware?
(siehe Seite 43)
4. Sind Glühlampen oder PAR-Lampen eingesetzt?
(siehe Seite 16)
5. Sind Leuchtstofflampen mit \varnothing 38 mm montiert?
(siehe Seite 54)
6. Wie hoch ist der Wirkungsgrad der Leuchten bzw. sind sie stark
verschmutzt? (siehe Seite 64)
7. Welche Art von Vorschaltgerät ist installiert?
(siehe Seite 69) .
8. Lohnt sich der Einsatz von 3-Banden Lampen?
(siehe Seite 55)
9. Wann wurde die Beleuchtungsanlage das letzte Mal gereinigt?
(siehe Seite 45)
10. Ist eine höhere Tageslichtnutzung möglich bzw. sinnvoll?
(siehe Seite 39)
11. Kann die Betriebsdauer der Beleuchtung reduziert werden?
(siehe Seite 26)
12. Wie hoch ist der Nutzwert der Anlage bzw. ist eine Nutzwertanalyse
gemacht worden? (siehe Seite 28)
13. Wurde eine Farbgestaltung vorgenommen?
(siehe Seite 36)



9.2 Schaufenster

1. Welche Waren werden ausgestellt?
(siehe Seite 34)
2. Wie lichtempfindlich ist die ausgestellte Ware?
(siehe Seite 43)
3. Sind Glühlampen oder PAR-Lampen eingesetzt?
(siehe Seite 16)
4. Sind Leuchtstofflampen mit \varnothing 38 mm montiert?
(siehe Seite 54)
5. Wie hoch ist der Wirkungsgrad der Leuchten?
(siehe Seite 64)
6. Welche Art von Vorschaltgerät ist installiert?
(siehe Seite 69)
7. Lohnt sich der Einsatz von 3-Banden Lampen?
(siehe Seite 55)
8. Welche Art von Leuchten sind im Schaufenster montiert?
(siehe Seite 16)
9. Ist eine höhere Tageslichtnutzung möglich bzw. sinnvoll?
(siehe Seite 39)
10. Kann die Betriebsdauer der Beleuchtung reduziert werden?
(siehe Seite 27)
11. Wie hoch ist der Nutzwert der Anlage bzw. ist eine Nutzwertanalyse gemacht worden?
(siehe Seite 28)
12. Sind störende Spiegelungen in der Schaufensterscheibe vorhanden?
(siehe Seite 40)



10 Literaturverzeichnis

- /1/ Harst P.:
«Licht gezielt einsetzen»
Philips Workshop, Zürich, 1988
- /2/ Fördergemeinschaft Gutes Licht:
«Informationshefte zur Lichtenwendung»
Frankfurt
- /3/ OSRAM:
«Wie Sie Schaufenster und Verkaufsräume ins rechte Licht setzen»
Broschüre, 1988
- /4/ SLG:
«Handbuch für Beleuchtung»
ecomед-Fachverlag, Landsberg, 1992
- /5/ SLG:
«Wegleitung für die Wahl von Fluoreszenzlampen und Betriebssystemen»
Dok.No. 250/92, Bern, 1992
- /6/ Rinza P., Schmitz H.:
«Nutzwert-Kosten-Analyse – eine Entscheidungshilfe»
VDI-Verlag, Düsseldorf, 1992
- /7/ Frieling H.:
«Licht und Farbe am Arbeitsplatz»
Verlagsgemeinschaft für Wirtschaftspublizistik, Bad Wörishofen, 1982
- /8/ BEW, ATAL:
«Elektronische Vorschaltgeräte für Fluoreszenzlampen, Eigenschaften und Planungshinweise»
Schriftreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Studie Nr. 49, EDMZ Bern, 1991
- /9/ Fischer U.:
«Tageslichttechnik»
Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld, 1982
- /10/ Regent:
«Beleuchtungstechnik»
Firmenschrift, Basel, 1988
- /11/ Füglistner E.:
«Sanieren von Beleuchtungsanlagen»
Elektrische Energieanalysen, Zürich, 1990
- /12/ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL):
«Entsorgung von Sonderabfällen in der Schweiz»
Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 141, Bern, 1991



11 Stichwortregister

Stichwort	Seitenzahl
A	
Absorption	43
Abluft	65
Abwärme	65
Akzentbeleuchtung	25, 35, 57
Allgemeinbeleuchtung	3, 15, 20, 61, 26
Animation	31
Anschlussleistung, spezifische	15, 21
Auffälligkeitsgrad	25
Ausbleichen (von Farben)	43
B	
Blendung	57
Belichtungszeit	43
Besuchersfrequenz	19, 27
Betriebsgeräte	69
Betriebszeit	11, 16, 56
C	
Checklisten	73
D	
Dekorative Leuchten	63
Downlights	62
E	
Eckpunktphilosophie	34
Einleitung	7
Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)	70
Effektbeleuchtung	56
Eigenverlust	69
Energiesparpotential	57
Energiemanagement	25
Energieverbrauch	19, 25, 26
Entsorgung	46
Erfüllungsgrad	30



Stichwort	Seitenzahl
F	
Farbgestaltung	36
Farbwiedergabe	19, 49
Farbwiedergabe-Index	51
G	
Gerätelebensdauer	71
Gerätetemperatur	71
Glühlampen	53
Grundbeleuchtung	13, 19
Gruppenauswechslung	46
H	
Halogen-Metaldampflampen	25, 56, 64
Heisswiederzündung	69
Hochdruck-Entladungslampen	69
Hochfrequenz-Betrieb	71
Hochleistungs-Leuchtstofflampen	55
I	
Infrarot-Übertragungsanlagen	71
Installationsaufwand	26
J	
Jahresbeleuchtungskosten (Energie)	11, 16
K	
Klimaleuchten	65
Kompaktleuchtstofflampen	50, 55, 57
Konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	70
Kunstlicht	26, 44
L	
Lampen	49
Lampenbezeichnungen	50
Lampenlichtstrom	64
Lebensdauer (Lampen)	49, 52
Lebensmittelladen	15
Leistungsfaktor	70
Leuchten	61
Leuchtenmontage	45
Leuchtenanordnung	61, 65
Leuchtenbetriebswirkungsgrad	64



Stichwort	Seitenzahl
Leuchtenleistensystem	46
Leuchtstofflampen	50, 51, 53, 70
Lichtakzente	13
Lichtausbeute	19, 49, 53, 55
Lichtaustrittsfläche	64
Lichtechtheit	43
Lichtfarbe	49, 55, 56
Lichtregulierung	26
Lichtstromregulierung	70
Lichtstromrückgang	45
Lichtstrom	49, 54
Lichtstromrückgang	55
M	
Möbelausstellung	19
Mischlichtlampe	50
N	
Natriumdampf-Hochdrucklampen	50, 56, 63
Niedervolt-Halogenglühlampen	69
Nutzwertanalyse	28
O	
Oberlichter	41
Optimierung	25
P	
PAR-Lampe	53
Personensuchanlagen	71
Pflanzenbestrahlung	55, 56
Putzbeleuchtung	26
Q	
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	51, 52, 56
R	
Rasterleuchten	61
Raumflächen	34
Reflektorglühlampe	53
Reflexionsgrad	64
Regulieren	26
Reinigung	45
Reinigungsperiode	45



Stichwort	Seitenzahl
S	
Schalten	26
Schaufenster	40, 74
Schaufensterbeleuchtung	16, 63
Schwellenbelichtungswert	44
Sensitivitäts-Analyse	33
Spiegelung	40
Steuerung	26
Standardlampe	50, 53
Strahler	63
Stroboskopischer Effekt	70
Stromeinsparungen	25
Stromschienensysteme	63
Stromverbrauch	19
Systemleistung	69
T	
Tageslicht	25, 39, 51
Temperaturstrahler	51
Transformatoren	69
Trafo-Verluste	69
Transmissionsgrad	64
U	
Überdruckdecke	66
Unfallgefahren	36
Unterdruckdecke	66
Unterhalt	45
V	
Vergilben (von Farben)	43
Verkaufpsychologie	36
Verkaufsförderung	25
Verkaufsraum (Checkliste)	73
Verlustarmes Vorschaltgerät (VVG)	70
Verschmutzung	45
W	
Wandfluter	62
Warenhaussanierung	11
Wärmebelastung	19
Wärmelast	65



Stichwort	Seitenzahl
Wartung	45
Wechselwirkung	71
Wertetabelle	30
Wirtschaftlichkeit	19
Z	
Zonenschaltung	26
Zuluft	65
Zugänglichkeit	45