

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 70 (1979)

Heft: 13

Artikel: Über die potentielle Energieeinsparung durch automatische photoelektrische Beleuchtungsregelung

Autor: Guekos, G. / Scheitlin, F. / Weber, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-905399>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über die potentielle Energieeinsparung durch automatische photoelektrische Beleuchtungsregelung

Von G. Guekos, F. Scheitlin und P. Weber

628.93::681.51;

Die Energieeinsparung, die durch automatische Kontrolle der künstlichen Beleuchtung erreicht werden kann, wurde theoretisch und experimentell untersucht. Mittels einfacher mathematischer Beziehungen wurde die zu erwartende durchschnittliche saisonale Einsparung in der Anwendung künstlicher Beleuchtung im Raum Zürich abgeschätzt. Messungen der geregelten Beleuchtung in einem Laborraum werden gezeigt. Die Messungen wurden mit Hilfe einer photoelektrischen Regelung der Beleuchtung im Takt mit dem Tageslicht für ein Jahr (1978) durchgeführt. Sie zeigen, dass bedeutende Beleuchtungsenergieeinsparungen möglich sind und dass die errechnete durchschnittliche Einsparung in der Praxis übertroffen wurde. Schliesslich wurde mit Hilfe eines Modells für einen mittelgrossen Büroraum die Wirtschaftlichkeit der photoelektrischen Beleuchtungsregelung untersucht.

L'économie d'énergie réalisable par contrôle automatique de l'éclairage artificiel a été examinée théoriquement et par des expériences. De simples relations mathématiques ont permis d'estimer l'économie saisonnière moyenne en éclairage artificiel à Zurich. Des mesures de l'éclairage réglé dans un local de laboratoire sont indiquées. Elles ont été effectuées à l'aide d'un réglage photo-électrique de l'éclairage en relation avec l'éclairage diurne, durant une année (1978). Elles montrent que d'importantes économies sont possibles et dépassent même les économies moyennes calculées. En outre, à l'aide d'un modèle de bureau de moyenne grandeur, la rentabilité du réglage photo-électrique a été examinée.

Über die potentielle Energieeinsparung durch automatische photoelektrische Beleuchtungsregelung

In den letzten Jahren wurde in der öffentlichen Diskussion über Energiesparmassnahmen das Beispiel der Energieverschwendung durch künstliche Beleuchtung angeführt. Dies gilt insbesondere für Räumlichkeiten, die durch das Tageslicht zeitweise ausreichend beleuchtet werden. Durch Veränderung der künstlichen Beleuchtung kann eine Anpassung der Beleuchtungsstärke an die momentanen Tageslichtverhältnisse erreicht werden, was eine Reduktion des Energieverbrauchs gestattet.

Es gibt verschiedene Methoden für die Regelung der künstlichen Beleuchtung. Am einfachsten kann das künstliche Licht mit einem photoelektrischen Schalter EIN- oder AUS-geschaltet werden, sobald die Beleuchtungsstärke infolge des sich ändernden Tageslichtanteils einen vorgeschriebenen Wert unter- oder überschreitet. Eine andere Methode ist die kontinuierliche Regelung der künstlichen Beleuchtung im Takt mit dem Tageslicht. Diese Methode verwendet eine optoelektronische Schaltung und eine Regeleinrichtung. Die Schaltung überwacht mittels eines Sensors die Beleuchtung eines Raumes und erzeugt ein elektrisches Signal, das von der jeweiligen Beleuchtungsstärke abhängt. Die Regeleinrichtung verarbeitet das Signal und regelt kontinuierlich die zu den Lichtquellen fliessende elektrische Leistung. Die Regelung geschieht so, dass eine Zunahme der Tageslichtintensität eine Abnahme der künstlichen Beleuchtungsstärke bewirkt und vice versa. Somit kann die vorgeschriebene Beleuchtungsstärke im Raum bzw. am Arbeitsplatz unabhängig von den Tageslichtänderungen eingehalten werden unter gleichzeitiger Einsparung an Beleuchtungsenergie. Eine weitere Methode ist die schrittweise Anpassung der künstlichen Beleuchtung an die herrschenden Tageslichtverhältnisse. Dies wird mit einem speziellen photoelektrischen Schalter erreicht, der die künstliche Beleuchtung in Schritten erhöht oder verringert, je nach Änderung der Beleuchtungskomponente des natürlichen Lichts.

Im vorliegenden Bericht wird aufgrund vereinfachender Annahmen über die Tageslichtverfügbarkeit und unter Annahme des gleichmässig bedeckten Himmels die potentielle Energieeinsparung errechnet, die durch kontinuierliche Beleuchtungsregelung erzielt wird. Danach werden Messungen gezeigt, und die Messresultate mit den theoretischen Ergebnissen verglichen. Schliesslich wird mit Hilfe einer Simulation die Wirtschaftlichkeit eines geregelten Beleuchtungssystems für einen mittelgrossen Büroraum besprochen.

Die Resultate zeigen, dass die für einen als Laborzimmer etwas umgebauten Wohnraum in Zürich errechnete Energieeinsparung in der Praxis im Jahr 1978 übertroffen wurde. Die gemessenen Werte der Einsparung (1978) liegen zwischen 69% (Durchschnitt Sommer) und 35% (Durchschnitt Winter). Diese Werte beziehen sich auf den Energieaufwand, der nötig wäre, sollte die nicht geregelte Anlage während der Arbeitszeit immer eingeschaltet bleiben.

Die Berechnung für den simulierten mittelgrossen Büroraum führte zu Amortisationszeiten zwischen 2,3 und 6,7 Jahren, je nach Vergleichszustand der Referenzanlage.

Berechnung der Energieeinsparung

Die potentielle Energieeinsparung ist hauptsächlich von den folgenden drei Grössen abhängig:

- Tageslichtquotient T des Raumes [1]
- Nennbeleuchtungsstärke E_N
- Tageslichtverfügbarkeit [1]

Der Tageslichtquotient ist definiert als das Verhältnis der Innen- (E_i) zur Aussenbeleuchtungsstärke (E_a) bei gleichmässig bedecktem Himmel.

$$T = \frac{E_i}{E_a} (\%) \quad (1)$$

E_i und E_a werden auf horizontaler Ebene gemessen bzw. berechnet. Dieser Quotient ist im allgemeinen von vielen Parametern abhängig, wie z.B. Lage und Grösse der Fenster, Transmissionsgrad der Verglasung, Reflexionsgrad der Wände usw. und ist deshalb variabel innerhalb eines Raumes. Aus diesem Grund wurde er in den Berechnungen als veränderliche Grösse einbezogen. Praktische Werte liegen etwa zwischen 1 und 12%. Die Nennbeleuchtungsstärke wurde in den Berechnungen als Parameter berücksichtigt, da sie in der Praxis gemäss der vorgesehenen Sehaufgabe im Raum variiert.

Für die Verfügbarkeit des natürlichen Lichts wird der Anteil V der Arbeitszeit betrachtet, für den eine bestimmte Aussenbeleuchtungsstärke E_a überschritten wird. Die Funktion V hängt nicht nur von E_a ab, sondern variiert auch mit dem Ort, der Zeit und der Festlegung der Arbeitszeit. Nach internationalem Brauch wird die Funktion V jeweils für einen Ort als zeitlicher Mittelwert (monatlich oder jährlich) für verschiedene Arbeitszeiten angegeben oder kann aus gemessenen Mittelwerten für die Aussenbeleuchtungsstärke E_a bei gleichmässig bedecktem Himmel errechnet werden [2; 3].

Ist die Funktion $V(E_a)$ gegeben, so kann die Wahrscheinlichkeit $v(E_a)$ des Eintretens einer Aussenbeleuchtungsstärke zwischen E_a und $E_a + dE_a$ berechnet werden

$$V(E_a) = 1 - \int_0^{E_a} v(E_a) dE_a \quad (2)$$
$$v = \frac{d}{dE_a} (1 - V)$$

Das Integral ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Wert der Aussenbeleuchtungsstärke zwischen 0 und E_a fällt. Mit Hilfe von (2) lässt sich nun die Einsparung S in der Anwendung der künstlichen Beleuchtung als Anteil der Arbeitszeit berechnen. Wenn die Beleuchtung im Takt mit dem Tageslicht geregelt wird [4] beträgt die Einsparung:

$$S = 1 - \int_0^{E_N/T} v \cdot dE_a + \int_0^{E_N/T} v \cdot \frac{E_a \cdot T}{E_N} \cdot dE_a \quad (3)$$

Der erste und zweite Term der rechten Seite stellen die Einsparung durch eine Ein/Aus-Kontrolle, und der dritte Term die zusätz-

liche Einsparung durch die Regelung dar. Die Gleichung gilt für $E_N/T < E_{a \max}$, d.h. wenn das Tageslicht zeitweise genügt zum Erreichen von E_N . Ist dagegen $E_N/T > E_{a \max}$, so wird der zweite Term gleich 1 und die Einsparung erfolgt nur durch die Regelung.

In der Praxis wird S nicht ganz gleich der prozentualen Energieeinsparung sein. Der Unterschied hängt zunächst von der Art der technischen Realisierung der Beleuchtungsregelung ab, die in den meisten Fällen keine streng lineare Proportionalität zwischen dem ausgestrahlten Lichtstrom und der elektrischen Leistung der Anlage im gesamten Regelbereich gewährleistet.

In der Voraussage der Energieeinsparung spielt aber diese Abweichung eine kleinere Rolle als die Unsicherheit über die zu erwartende Tageslichtverfügbarkeit. Die Berechnungen basieren auf der Annahme des gleichmässig bedeckten Himmels. Insofern stellen die Resultate einen Hinweis über die zu erwartende minimale Energieeinsparung dar.

Um den Rechnungsgang zu vereinfachen, wurde der gemessene mittlere Verlauf der Funktion $V(E_a)$ für jede Jahreszeit linearisiert, Fig. 1. Die Messungen wurden in Zürich in den Jahren 1977/78 durchgeführt und als Grundlage für diese Arbeit benützt. Den Autoren ist keine Literaturstelle bekannt, die den Verlauf von V für Zürich aufgrund mehrjähriger statistischer Untersuchungen wiedergibt. Wie die Messpunkte auf der Figur 1 zeigen, erscheint die Linearisierung zulässig, um so mehr als im Experiment nicht nur der Wert von E_a allein, sondern auch andere Faktoren (z.B. Sonneneinstrahlung, Reflexionen, Verbauung usw.) die Beleuchtungsregelung entscheidend beeinflussen können. Als Arbeitszeit wurde die Zeit zwischen 7.30 und 17.30 Uhr angenommen. Das Einsetzen der linearisierten Funktion $V(E_a)$ in die Gleichungen (2) und (3) führt zu übersichtlichen mathematischen Ausdrücken, die im folgenden für die verschiedenen Fälle zusammengefasst werden.

Einsparung S in der Anwendung der künstlichen Beleuchtung bezogen auf die Arbeitszeit in Funktion des Tageslichtquotienten

Frühling/Herbst

A. $E_N < T \cdot E_{amf}$, d.h. Tageslicht zeitweise genügend zum Erreichen von E_N

A.1 Einsparung S_S durch Ein/Aus-Schalter

$$S_S = 1 - \frac{E_N}{E_{amf} \cdot T}$$

A.2 Einsparung S_R durch photoelektrische Regelung

$$S_R = 1 - \frac{E_N}{2E_{amf} \cdot T}$$

B. $E_N > T \cdot E_{amf}$, d.h. Tageslicht ungenügend zum Erreichen von E_N

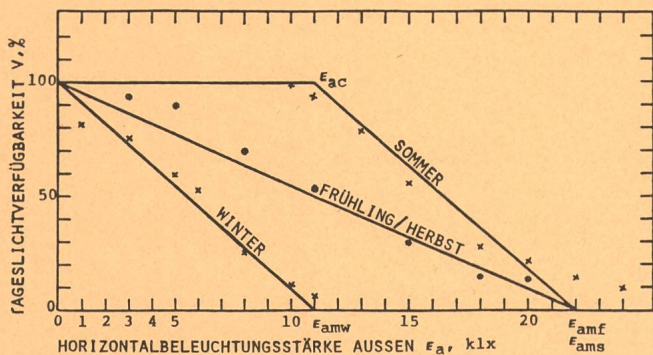


Fig. 1 Mittelwerte der Tageslichtverfügbarkeit als Funktion der horizontalen Aussenbeleuchtungsstärke bei «gleichmässig bedecktem» Himmel

Die Messpunkte gelten für Zürich und wurden 1977/78 aufgenommen. Um die Berechnungen der Einsparung zu vereinfachen, wurde bei der Linearisierung angenommen, dass $E_{amf} = E_{ams}$ und $E_{amw} = E_{ac}$

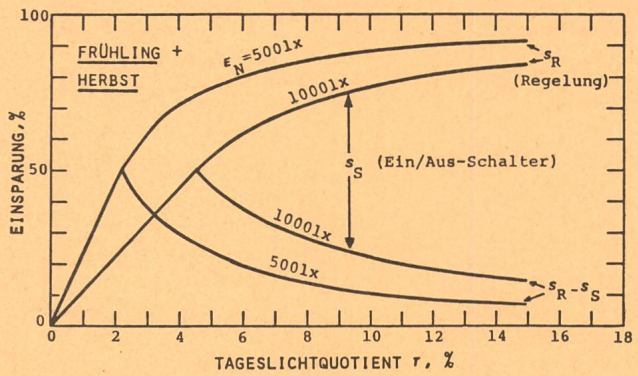


Fig. 2 Durchschnittliche Einsparung in der Anwendung künstlicher Beleuchtung angegeben in Prozent der Arbeitszeit als Funktion des Tageslichtquotienten T für Frühling plus Herbst

Theoretisch errechnete Kurven aufgrund der Annahme über Tageslichtverfügbarkeit der Fig. 1, Gleichungen (2) und (3). S_R ist die durch kontinuierliche Regelung der Beleuchtung erzielte Einsparung. S_S ist die Einsparung durch EIN/AUS-Kontrolle und $S_R - S_S$ die zusätzliche Einsparung, die die kontinuierliche Regelung gegenüber der einfachen EIN/AUS-Schaltung bringt

B.1 Einsparung durch Ein/Aus-Schalter

$S_S = 0$, weil die Beleuchtung während der Arbeitszeit nie ausgeschaltet werden darf

B.2 Einsparung durch Regelung

$$S_R = \frac{E_{amf}}{2E_N} \cdot T$$

E_{amf} = maximale horizontale Aussenbeleuchtungsstärke (bedeckter Himmel)

Fig. 2 zeigt die Verläufe der Funktionen $S_R(T)$ und $S_S(T)$. Es fällt auf, dass die zusätzliche Einsparung, die durch die Regelung gegenüber der einfachen Ein/Aus-Überwachung erbracht wird - $S_R(T) - S_S(T)$ - mit zunehmendem T zuerst zunimmt, ein Maximum erreicht für $T = E_N/E_{amf}$ und anschliessend monoton abnimmt. Die Einsparung durch die Regelung nimmt mit T zu, wobei bei höheren Werten von T eine deutliche Verflachung der Kurve eintritt. Bei der Übertragung dieser Ergebnisse in die Praxis muss jedoch beachtet werden, dass Sonneneinstrahlung den Verlauf der Kurven verändern kann. Am wahrscheinlichsten ist eine Erhöhung der tatsächlichen Einsparung dank der höheren Leuchtdichte des Himmels gegenüber der hier berechneten Einsparung, die auf dem «gleichmässig bedeckten» Himmel basiert. In diesem Sinn stellen die Kurven Werte dar, die in der Nähe der minimal zu erwartenden Energieeinsparung liegen. Diese Bemerkungen gelten auch für die nachfolgenden Darstellungen der Einsparung.

Sommer

A. $T \cdot E_{ac} < E_N < T \cdot E_{ams}$, d.h. Tageslicht zeitweise genügend zum Erreichen von E_N

A.1 Einsparung durch Ein/Aus-Schalter

$$S_S = \frac{E_{ams}}{E_{ams} - E_{ac}} - \frac{E_N}{(E_{ams} - E_{ac}) \cdot T}$$

A.2 Einsparung durch photoelektrische Regelung

$$S_R = \frac{1}{E_{ams} - E_{ac}} \left(E_{ams} - \frac{E_N}{2T} - \frac{E_{ac}^2}{2E_N} \cdot T \right)$$

B. $E_N > T \cdot E_{ams}$, d.h. Tageslicht ungenügend zum Erreichen von E_N

B.1 Einsparung durch Ein/Aus-Schalter

$$S_S = 0$$

B.2 Einsparung durch photoelektrische Regelung

$$S_R = \frac{E_{ams} + E_{ac}}{2E_N} \cdot T$$

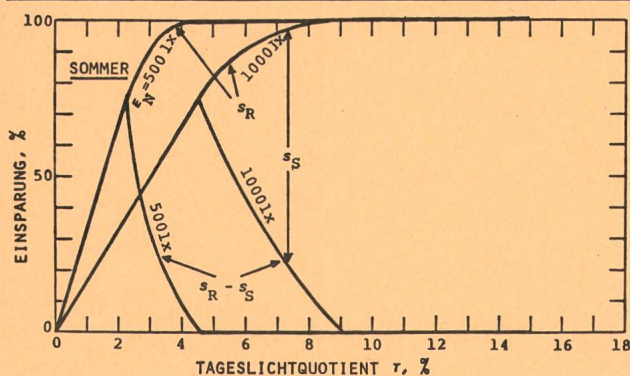


Fig. 3 Durchschnittliche Einsparung an künstlicher Beleuchtung als Funktion des Tageslichtquotienten T für Sommer
Für Erklärung der Funktionen S_R und S_S siehe Fig. 2

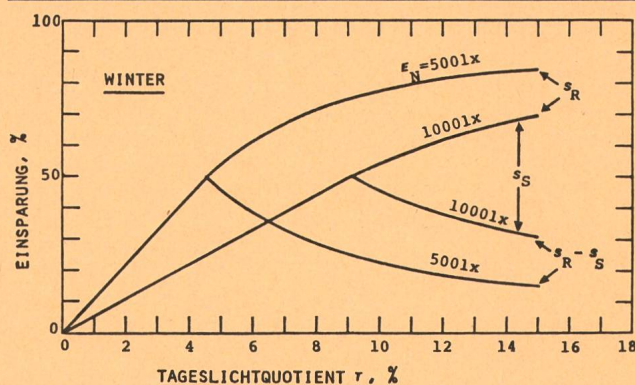


Fig. 4 Durchschnittliche Einsparung an künstlicher Beleuchtung als Funktion des Tageslichtquotienten T für Winter
Für Erklärung der Funktionen S_R und S_S siehe Fig. 2

C. $0 < E_N < T \cdot E_{ac}$, d.h. Tageslicht immer genügend zum Erreichen von E_N

C.1 $S_S = 1$

C.2 $S_R = 1$

Die Funktionen $S_R(T)$ und $S_S(T)$ sind in Fig. 3 dargestellt. Ein Vergleich mit Fig. 2 zeigt, dass die bei gegebenem Tageslichtquotient und Nennbeleuchtungsstärke maximal mögliche Einsparung im Sommer im Durchschnitt deutlich grösser ist als im Frühling/Herbst. Andererseits ist die zusätzliche Einsparung durch die Regelung gegenüber der Ein/Aus-Schaltung stark vom Tageslichtquotienten sowie der Nennbeleuchtungsstärke abhängig und wird Null, wenn der Tageslichtquotient den Wert E_N/E_{ac} überschritten hat.

Winter

A. $E_N < T \cdot E_{amw}$, d.h. Tageslicht zeitweise genügend zum Erreichen von E_N

A.1 Einsparung durch Ein/Aus-Schalter

$$S_S = 1 - \frac{E_N}{E_{amw} \cdot T}$$

A.2 Einsparung durch photoelektrische Regelung

$$S_R = 1 - \frac{E_N}{2E_{amw} \cdot T}$$

B. $E_N > T \cdot E_{amw}$, d.h. Tageslicht ungenügend zum Erreichen von E_N

B.1 Einsparung durch Ein/Aus-Schalter

$$S_S = 0$$

B.2 Einsparung durch photoelektrische Regelung

$$S_R = \frac{E_{amw}}{2E_N} \cdot T$$

Fig. 4 zeigt die Funktionen $S_R(T)$ und $S_S(T)$. Ein Vergleich mit den Figuren 2 und 3 zeigt, dass bei gegebener Nennbeleuchtungsstärke und gegebenem Tageslichtkoeffizienten die maximal möglichen Einsparungen im Winter am kleinsten sind. Die zusätzliche Einsparung, die durch die photoelektrische Regelung gegenüber der Ein/Aus-Anlage verursacht wird, ist im Winter auch am kleinsten.

Messung der Energieeinsparung

In einem als Laborzimmer umgebauten Wohnraum an der Eidg. Techn. Hochschule Zürich wurde eine regelbare experimentelle Beleuchtungsanlage aufgebaut, mit der Messungen vom Januar bis Dezember 1978 durchgeführt wurden. Der Laborraum befindet sich in einem Haus alter Bauart, hat eine Grundrissfläche von ca. 15 m² und besitzt zwei Fenster von je ca. 1 m² Glasfläche, die nach Nordosten bzw. Südosten orientiert sind.

Aufgabe der Regelung ist es, die gewählte Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz während der Arbeitszeit 7.30 bis 17.30 Uhr zu garantieren.

Der labormässige Aufbau der Beleuchtungsanlage wurde mit vier Leuchten à zwei L 40 W/20 Fluoreszenzlampen mit Zündhilfsstreifen realisiert. Die Leuchtenhöhe über der Nutzenebene beträgt ca. 1,7 m. Die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz (Labortisch) beträgt $E_N = 500$ lx.

Die Messung des Tageslichtkoeffizienten am Arbeitsplatz ergab $T = 0,02$.

Die Regelung der Beleuchtungsstärke im Takt mit dem Tageslicht geschieht wie folgt:

Ein Photodetektor [Silizium pin-Photodiode mit $V(\lambda)$ -Kennlinie], an der Decke des Raumes befestigt, misst dauernd die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz. Durch eine Tubusanordnung am Detektor wurde die überwachte Fläche auf einen Kreis von 1,50 m Durchmesser begrenzt. Die Grösse der überwachten Fläche spielt für die Regelung eine wichtige Rolle und wird am besten je nach der Anwendung bestimmt. Eine zu kleine Fläche erhöht die Abhängigkeit des Regelvorgangs vom Reflexionsgrad kleiner Gegenstände, wie z.B. Papier, Messapparaturen usw., die sich zeitweilig auf dem Arbeitsplatz befinden können und kann zu abrupten Veränderungen der Beleuchtung führen. Eine zu grosse Fläche kann andererseits Teile des Raumes erfassen, dessen Lichtreflexion zum Detektor den Regelprozess erschwert, wie z.B. quasi-spiegelnde Flächen. Die gewählte Fläche stellt einen Kompromiss für den betreffenden Fall dar und wurde nach mehreren Messungen bestimmt.

Die Detektorschaltung liefert ein Signal zu einer Thyristorschaltung, die den Strom durch die Fluoreszenzlampen mit der Methode der Phasenanschnittsteuerung¹⁾ regelt. Bei einer Erhöhung der Beleuchtungsstärke am überwachten Platz in Folge einer Zunahme der Aussenbeleuchtung, regelt der erhöhte Photodiodenstrom den Zündwinkel des Thyristors so, dass nun ein kleinerer Strom durch die Röhren fliesst und demzufolge das frühere Niveau der Beleuchtungsstärke wieder eingestellt wird. Überschreitet die Aussenbeleuchtungsstärke den Wert $E_a = E_N/T$, so schaltet die Regelung die künstliche Beleuchtung aus.

In dem Dauerversuch wurden die folgenden Grössen als Funktion der Zeit registriert:

- Aussenbeleuchtungsstärke E_a
- Innenbeleuchtungsstärke E_i am Arbeitsplatz
- Leistungsaufnahme P der gesamten Anlage, d.h. Leuchten und Regelelektronik

Der Energieaufwand während eines Monats bzw. einer Jahreszeit wurde anschliessend mit dem Energieaufwand für die unregulierte Anlage verglichen, unter der Annahme, dass sie während der Arbeitszeit immer eingeschaltet bleibt.

¹⁾ Regelelektronik zur Verfügung gestellt von der Firma «Starkstrom-Elektronik AG», CH-5430 Wettingen.

Fragen von möglichen physio-/psychologischen Einflüssen der Regelung auf die arbeitenden Personen wurden, obwohl an sich interessant, ausser acht gelassen, weil ihre Berücksichtigung den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Fig. 5 zeigt einen typischen Verlauf von E_a , E_i und P_w (Wirkleistung) aufgenommen am 10. 12. 1977. Die kleinen Fluktuationen von E_i werden zum Teil wegen der Fluktuationen von E_a und zum Teil wegen plötzlicher Änderungen des Reflexionskoeffizienten des überwachten Arbeitsplatzes hervorgerufen. Wie die Figur zeigt, wird durch die Regelung die vorgeschriebene Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz eingehalten, sobald das natürliche Licht für die Beleuchtung nicht ausreicht.

Fig. 6 zeigt den saisonalen Verlauf der erzielten Energieeinsparung für 1978. Zum Vergleich ist auch die theoretisch errechnete Einsparung in % der Arbeitszeit eingetragen. Man stellt im allgemeinen fest, dass die gemessene Energieeinsparung grösser ist als die theoretisch errechneten Werte nach Gleichung (3). Der Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass die tatsächliche Tageslichtverfügbarkeit im Durchschnitt höher gewesen ist als dies in der Berechnung angenommen wurde. Dieser Unterschied wäre auch grösser ausgefallen, wenn die Verlustleistung der Regelelektronik minimisiert werden könnte.

Die obigen Resultate stellen ein erstes Bild der Einsparung dar, die in einem gegebenen kleineren Laborraum erzielt wurden. Es erscheint wünschenswert, die Messungen in grösseren Räumen, die für verschiedene Zwecke eingerichtet wurden, über längere Zeit auszudehnen, um mehr Messresultate über Energieeinsparungen zu erhalten. Auch wäre es interessant zu wissen, wie sich die automatische Beleuchtungsregelung auf die Güte der Beleuchtungsanlage auswirkt.

Rentabilitätsbetrachtungen

Die Rentabilität der Regelanlage wurde mit Hilfe eines Simulationsverfahrens geschätzt. Zu diesem Zweck wurden die Beleuchtungsverhältnisse in einem hypothetischen mittelgrossen Büroraum untersucht. Für das Tageslicht wurde die Funktion V für Frühling/Herbst der Fig. 1 zugrundegelegt. Die Abmessungen des Raumes betragen: Breite 12 m, Tiefe 7 m, Höhe 3 m. Der Raum wurde nach Norden orientiert. Die Nordfläche wurde angenommen als zu ca. 47% aus Fensterglas mit einem totalen Transmissionsgrad von (inkl. Verschmutzung) 65% bestehend. Alle anderen Wände sind fensterlos. Weitere Annahmen sind [5]:

- Höhenwinkel des Horizontes 20°
- Verbauung parallel zur Fensterfläche, Reflexionsgrad diffus 20%
- Decke und Wände gleichmässig gestrichen, Reflexionsgrad 40%
- Es wurden regelbare 40 W Fluoreszenzröhren angenommen, die in vier Leuchtenreihen parallel zur Fensterfront angeordnet sind. Nennbeleuchtungsstärke 1000 Lux auf Arbeitsplatzhöhe. Einbauleuchten.

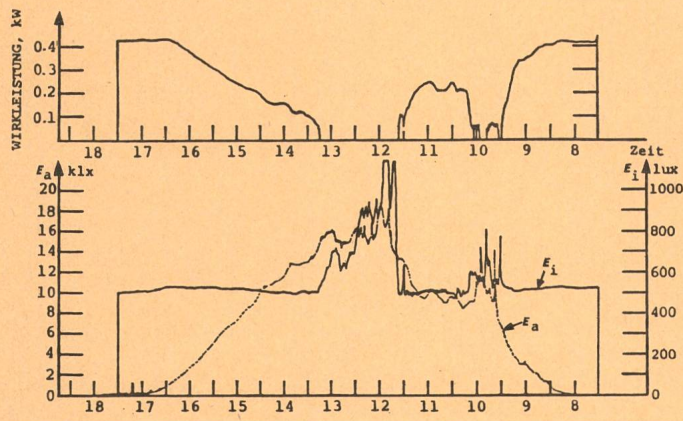


Fig. 5 Gemessener Verlauf der Innenbeleuchtungsstärke E_i , der horizontalen Aussenbeleuchtungsstärke E_a und der von der regelbaren Beleuchtungsanlage aufgenommenen Wirkleistung als Funktion der Zeit für einen Laborraum

Messung am 11. Dezember 1977. Der Raumwinkel bei der Messung von E_a ist im betreffenden Fall von der Verbauung bestimmt (kleiner 2π)

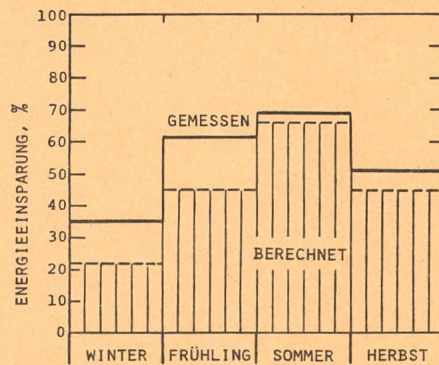


Fig. 6 Gemessene Energieeinsparung für den Fall der kontinuierlichen Beleuchtungsregelung des Laborraums

Gestrichelte Kurve: berechnete Einsparung nach Gleichung (3). Die Einsparung bezieht sich auf den Fall der voll eingeschalteten Beleuchtung während der Arbeitszeit. Tageslichtkoeffizient 2%. Nennbeleuchtungsstärke 500 Lux

Mit Hilfe der obigen Angaben wurde der Tageslichtquotient T berechnet. Er beträgt unterhalb der Mitte der fensternahen ersten Leuchtenreihe 11,4% und fällt monoton auf 1% unterhalb der vierten Reihe. Wegen der tiefen T -Werte im hinteren Teil des Raumes wurde beschlossen, nur die zwei ersten Leuchtenreihen einzeln zu regeln, die zwei anderen dagegen während der Arbeitszeit immer als eingeschaltet zu betrachten.

Zur Bestimmung der Rentabilität wurden die folgenden Parameter betrachtet:

Energiekosten: Es wurden die Kosten und Preise der Stadt Zürich - November 1977 - zugrunde gelegt.

Lampenlebensdauer: Für das Auswechseln aller Lampen wurde angenommen, dass die Regelung eine Verlängerung der Lebensdauer um 50% zur Folge hat.

Investitionskosten: Sie enthalten im wesentlichen die Anschaffungs- und Montagekosten.

Betriebskosten: Dazu sind hauptsächlich die Energiekosten sowie Reparatur-, Unterhalts- und Ersatzteilkosten zu rechnen.

Kapitalabschreibung: Wesentlich bei der Berechnung der Kapitalabschreibung ist die Wirkungsdauer der Anlage. Es wurden 20 Jahre für die Leuchten und die Regelanlage und 10 Jahre für die Vorschaltgeräte der Lampen angenommen.

Gesamte Wirkungsdauer 20 Jahre.

Zur Ermittlung der Rentabilität wurden drei Rechenmethoden angewandt:

1. Gegenwartswertmethode ohne Differenzverfahren

Die zwei Anlagevarianten - mit und ohne Regelung - werden mit Hilfe ihrer respektiven Gegenwartswerte am Ende der Nutzungsdauer verglichen. Diese Werte setzen sich zusammen aus den verzinsten jährlichen Kosten (Betriebskosten + Abschreibung) und dem Investitionskapital. Die Anlage mit dem kleinsten Gegenwartswert ist selbstverständlich der anderen Anlage vorzuziehen. Die Berechnungen wurden mit einem Zinsfuss von 5% durchgeführt.

2. Gegenwartswertmethode mit Differenzverfahren

Hier wird die Differenz der jährlich anfallenden Kosten der zwei Anlagevarianten während der Wirkungsdauer verzinst und mit der Differenz der Investitionskosten verglichen. Eine Variante muss, damit sie sinnvoll ist, eine Einsparung einbringen, die eine untere Grenze, z.B. 10% der zusätzlichen Investitionskosten, übersteigt.

3. Amortisationszeit

Sie ist der Quotient aus der Differenz der Investitionskapitalien zur jährlichen Einsparung, falls eine solche erzielt wird.

Es ist wesentlich für die Beurteilung der Rentabilität einer technischen Neuerung, den Referenzzustand festzusetzen. In der vorliegenden Simulation wurden zwei Referenzzustände angenommen, die zwei Betriebsgrenzfällen entsprechen:

Fall A: Dauerbetrieb

Die Beleuchtungsanlage ist während der Arbeitszeit dauernd eingeschaltet. Dieser Zustand verursacht die höchsten Energiekosten.

Fall B: EIN/AUS-Kontrolle

Diese funktioniert automatisch und findet Anwendung nur in der ersten fensternahen Reihe. In den anderen Reihen kann diese Kontrolle nicht angewandt werden, wenn vorausgesetzt wird, dass die Tageslichtverhältnisse durch die Figur 1 (Frühling/Herbst) gegeben sind. Das Tageslicht reicht in diesem Fall nicht aus, um mit den berechneten Tageslichtkoeffizienten die Nennbeleuchtungsstärke zu bewerkstelligen. In der Praxis kann natürlich durch Sonneneinstrahlung eine Erhöhung der Innenbeleuchtungsstärke eintreten, die die Ausstattung der hinteren Reihen mit Ein/Aus-Kontrolle erlauben würde. Die Untersuchung dieses Falles liegt jedoch ausserhalb des Rahmens der Arbeit.

Die Resultate der Rentabilitätsrechnung sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Betriebsart	Rentabilität	Payback-Periode P
	Gegenwartswert G bezogen auf den Fall der kontinuierlichen Regelung	Jahre
A. Dauerbetrieb Regelung	106,7 % 100 %	2,3 bezogen auf Dauerbetrieb
B. EIN/AUS- Überwachung	101,3 %	6,7 bezogen auf EIN/AUS- Schalter

Wirkungsdauer 20 Jahre

Wie die Tabelle zeigt, ist der Gegenwartswert der geregelten Anlage am kleinsten, die Regelung verursacht also die geringeren Kosten. Der Differenzwert, d.h. die Einsparung, ist erwartungsgemäss am grössten, wenn man die Regelung mit dem Dauerbetrieb vergleicht. Auch die Payback-Periode variiert zwischen 2,3 und 6,7 Jahren, je nachdem, ob die Anlage mit Dauerbetrieb oder mit Ein/Aus-Überwachung als Referenz für die Beurteilung der Rentabilität der geregelten Anlage genommen wird [6].

Schlussfolgerungen

Die Anwendung einer kontinuierlichen automatischen photoelektrischen Regelung der Beleuchtung im Takt mit dem Tageslicht hat im Fall eines als Laborzimmer umgebauten Wohnraumes in Zürich eine bedeutende Energieeinsparung zur Folge gehabt. Die gemessene Einsparung an Beleuchtungsenergie war am grössten im Sommer (69%), am kleinsten im Winter (35%), wobei als Referenzzustand die nicht geregelte, dauernd eingeschaltete Anlage genommen wurde. Die Messresultate beziehen sich ausschliesslich auf den gewählten Raum und dürfen nicht ohne weiteres auf andere Anwendungsfälle übertragen werden. Weitere Langzeitversuche in verschiedene Arbeitsräumen erscheinen deshalb wünschenswert.

Insbesondere erscheint es sinnvoll, zwei ähnliche Räume, den einen mit einer kontinuierlichen Beleuchtungsregelung und den anderen mit einer automatischen oder manuellen Ein/Aus-photoelektrischen Regelung zu überwachen und miteinander bezüglich der aufgewendeten Beleuchtungsenergie zu vergleichen. Es wird erwartet, dass der Unterschied der Einsparung an Beleuchtungsenergie in den zwei Räumen im Mittel kleiner ausfallen wird, als die in dieser Arbeit gemessenen Werte. Es wäre auch von Interesse, Untersuchungen über Änderung der Schleistung, Farbwiedergabe usw. im Fall der Beleuchtungsregelung durchzuführen. Der Einsatz einer automatischen Beleuchtungsregelung wird nicht nur aus wirtschaftlichen Überlegungen, sondern auch auf Grund von Qualitätsbetrachtungen der Beleuchtung entschieden werden.

Literatur

- [1] Handbuch für Beleuchtung, 4. Auflage, LiTG, SLG, LTAG, Zürich 1975 (Verlag W. Girardet, Essen), S. 123 ff.
- [2] Krochmann, J., Lichttechnik, 15. Jg., Nr. 11, S. 559...563, 1963.
- [3] Mathis, W., STZ Nr. 38/39, S. 792...808, 1966.
- [4] Hunt, D.R.G., Lighting Res. and Techn., Vol. 9, No. 2, pp. 93...102, 1977.
- [5] Scheitlin F. und Weber P., interner Bericht (Diplomarbeit), Institut für Elektronik ETHZ, 1978.
- [6] Crisp, V.H.C., Lighting Res. and Techn., Vol. 9, No. 1, pp. 31...41, 1977.

Adressen der Autoren

PD Dr. sc. techn. ETH G. Guekos, Dorfstrasse 23, 8126 Zumikon;
Dipl. El.-Ing. ETH F. Scheitlin, Dielsdorferstrasse 6, 8107 Buchs;
Dipl. El.-Ing. ETH P. Weber, Werdhölzlistrasse 14, 8048 Zürich.

Farb-Info 78 in Köln

Buchstäblich im Schatten des monumentalen Domes fand die Farb-Info 78 vom 2. bis 4. November 1978 in Köln statt. Wie ihre letztjährige Vorgängerin in Muttentz bei Basel war auch diese Tagung eine Koproduktion des Deutschen Farbenzentrums Berlin und der Pro Colore (Schweizerische Vereinigung für die Farbe), Zürich.

Obwohl das Generalthema «Farbe in der Kunst» eine gewisse Eingrenzung des Programmes versprach, war es schwierig, den einzelnen Referenten strenge Barrieren zu ziehen. Diese Krassheit hätte auch nicht im Sinne der doch aus sehr verschiedenen Berufs- und Interessenrichtungen stammenden Tagungsteilnehmer gestanden. Besonders da einige Programmteile parallele Veranstaltungen vorsahen, so dass – auch bei unbegrenztem Aufnahmevermögen – sowieso nicht alles zu Gemüte geführt werden konnte, sei hier erlaubt, in willkürlicher Auswahl auf einige Referate näher einzugehen, wobei andere zurücktreten müssen.

«Farbe in der Architektur» bildete einen Hauptteil der Farb-Info. M. Engelmann, Kaiserslautern, BRD, führte mit seinem Vortrag «Farbige Architektur in verschiedenen Stilepochen» in die Vergangenheit und zeigte auf, wie verschieden einzelne Epochen die Farbe einsetzten: raumgliedernd etwa die alten Griechen, symboltragend die Ägypter, aber auch unser Mittelalter bei Sakralbauten. Eher nach dem ästhetischen Gesichtspunkt wurde Farbe bei den Römern, später in der Renaissance, im Barock und Rokoko gewählt. Die Renaissance hatte in Deutschland eine Vorliebe für Rosa und Blau als Gebäudeanstrich. Selbst Sandstein wurde damals übermalt. So etwa wurde der dunkelrote Sandstein des Heidelberger Schlosses hellrosa übermalt.

Im Barock und Rokoko musste der Farbanstrich in erster Linie den Prunk und die Grösse der Bauwerke betonen.

Der Klassizismus dämpfte dann das Farbenspiel vehement, ganz nach dem Motto «Edle Einfalt und stille Grösse». Architektur sollte nur noch durch Form und Eigenfarbe der Baustoffe wirken und kein «fremdes Farbenkleid» tragen. Diese Ansicht, die eigentlich noch bis vor wenigen Jahren nachwirkte, beruhte auf der falschen Annahme, die antiken Bauwerke hätten keinerlei Farbanstriche getragen.

Das Referat von Dr. H. Auer, München – «Jaipur – Stadt als Kunstwerk», führte in eine unwirkliche, fremdartige Welt der Architektur. Jaipur, Hauptstadt des nordindischen Staates Rajasthan, mit heute rund 600 000 Einwohnern, wurde im Jahre 1728 von Maharadscha Jai Singh II nach einem regelmässigen Grundriss mit rechtwinkligen Strassen angelegt, wobei auch schon die einheitliche Farbgebung, nämlich «pink», nach dem landeseigenen Sandstein proklamiert wurde. Heute sind der regelmässige Strassenverlauf und die einheitliche Farbgebung durchwegs erhalten. Wo nicht aus Sandstein gebaut wurde, erhielt das Gebäude einen entsprechenden rosa Farbanstrich. Sowohl Armenviertel wie Prunkbauten werden durch diese Farbe zusammengefasst. Charakteristisch für Jaipur sind zudem die unzähligen Scheinfassaden, Scheinstockwerke und -maueröffnungen. Wohl am unglaublichsten ist der Hava Mahal (Palast der Winde), eine fünfgeschossige Scheinfassade, die an der dicksten Stelle nur 20 cm misst und ohne einem Raum als Wand dienend «leer» dasteht. Städtebau, Raumplanung, Farbgebung im vollkommensten Sinn der Begriffe in einem ganz andern Kulturraum.

Prof. G. Heuss, Nürnberg, widmete sich dem Sakralraum und seiner Farbgebung und wies mit Wort und Bild auf einige Fehler

von Zeitgenossen im Gestalten des Kirchenraumes hin. Diese Fehler seien darauf zurückzuführen, dass es beim Architekten und Innenraumgestalter am Sinn für das Kultische, das Religiöse gemangelt habe, der bei der Inangriffnahme eines solchen Gestaltungsauftrages neben dem Fachwissen unbedingt Voraussetzung sein sollte. Es gebe allgemeingültige Gesetze für Architektur, Licht- und Farbgebung im Sakralraum, die jeder Kulthandlung ineliegen. In jedem Sakralraum, auch in griechischen Tempeln und in Sakralbauten östlicher Religionen, gebe es zuerst einen Vorraum. Er diene der inneren Vorbereitung auf die Kulthandlung. Darauf folge der «Weg», etwa in Kirchenbauten durch das Langhaus, das Mittelschiff versinnbildlicht. Am Schluss folge, durch Gliederung, Licht- und Farbgebung vom «Weg» abgetrennt, das Ziel, der Altar, je nach Religion. Diese drei Stufen seien von früheren Baukünstlern instinktiv eingehalten und ihrer Funktion gemäss gestaltet worden.

Prof. Dr. S. Rösch, Wetzlar, BRD, sah sich in seinem Einführungsreferat der Tagung vom Generalthema «Farbe in der Kunst» auf ein bis anhin wenig beachtetes Werk gleichen Titels von Prof. Dr. Victor Goldschmidt (1853–1933) verwiesen. Das Buch des Heidelberger Professors für Mineralogie und Kristallographie kam 1919 mit einem kostbaren Mappenwerk heraus. Goldschmidt hatte das sogenannte kristallographische Komplikationsgesetz formuliert. Zu diesem Gesetz sah er Parallelen in der Entwicklungsgeschichte des Farbsehens und der Farbanwendung der Menschheit. Von anfangs nur Hell-Dunkel-Sehen sei später eine Spaltung des Spektrums in Gelb und Rot entstanden. Rot sei eine der frühesten Farben der Menschen. Eine weitere Spaltung in Grün und Violett sei dann später vonstatten gegangen. Blau sei somit eine der jüngsten Farben und setze bereits eine hohe Entwicklungsstufe eines Volkes voraus. Im Mappenwerk des Buches, das im Rahmen der Tagungsausstellung eingesehen werden konnte, belegte Goldschmidt diese Farbenentwicklungsgeschichte in der Malerei der Naturvölker, in der Heraldik, anhand von mittelalterlichen Buchmalereien.

Frau Dr. Brigitte Jäkel, Kusterdingen, BRD, hatte versucht, anhand der Abmusterung mit Farbkarten nach DIN 6164 und des Ostwald-Farbsystems individuelle Farbsysteme einzelner Kunstmaler ausfindig zu machen. In ihrem Referat «Farbmetrische Betrachtung von Bildern» berichtete sie über ihre Untersu-

chungen an Bildern von Rembrandt, Leonardo da Vinci, Vasarely, Max Bill, Willi Baumeister, Hans Hinterreiter.

Auf ein ähnliches Gebiet ging Dr. C. H. Kleemans, Sassenheim, NL, in seinem Vortrag «Farbordnungen bei Kunstmälern» ein. Prof. O. Stankowski, Stuttgart – «Farbsystematik als Harmonie meiner Malerei» –, berichtete aus der «eigenen Küche».

Diese Vorträge und gerade auch Unterschiedlichkeiten, die hier zutage traten, zeigten, mit wieviel Vorsicht Verbindungen zwischen Kunst und Wissenschaft gesehen werden sollten.

Als humorvolles Zwischenspiel nahmen die Tagungsteilnehmer gerne die Ausführungen von Frau Prof. Luise Kimme, Düsseldorf, zu Dias über ihre Plastiken entgegen. Hier wurde keine Wissenschaft angerufen, sondern Frau Kimme bekannte mutig, wie sie verschiedene Plastiken immer wieder neu anmale, bis es «stimme», bis sie fühle, dass hier nun Form und Farbe eindeutig zusammenpassten.

Krönende Auflockerung waren Samuel Buris (Givry, Avalon, FR) Farbdias über seine Malerei und Plastiken. Samuel Buri, berühmter Schweizer Maler, seit vielen Jahren in Frankreich lebend und schaffend, zeigte – und erläuterte in markigen Worten –, wie er zu seinen lebensgrossen Polyesterkühen kam, die nun schon in grosser Population Parks und Museen bevölkern. Vor allem berichtete er über sein Suchen nach passenden Bemalungen. Daneben zeigte er aber auch behutsam gemalte Landschaftsbilder, Mikrokosmen von subtilen Pflänzchen im Mauerwerk einer Steintreppe, vergessene Gartenstühle im Buschwerk. Eine Familienphotographie von Claude Monet projizierte Samuel Buri auf seine Leinwand und übermalte sie in verschiedener Weise, in so vielen Varianten, bis – aus lauter Duldsamkeit – dieselbe Personengruppe auf dem x-ten Bild als Buchsbaumhecken erscheint.

Einige der rund 30 Vorträge der Tagung behandelten die Beziehungen zwischen Farbe und Psychologie, Pädagogik, Musik, Film und Photographie.

Trotz versuchter Eingrenzung des Themas wurde somit über die verschiedensten Aspekte der Farbe gesprochen. Die gute Organisation der Tagung, die langen Pausen zwischen den Vorträgen, die zum privaten Gespräch, zum Besuch der Ausstellung und der Bücherecke genutzt werden konnten, trugen viel zur Intensivierung des Gebotenen bei. Elisabeth Dünner

Lichteffekte in der Malerei

Ausstellung in St. Moritz zum 100-Jahr-Jubiläum der elektrischen Beleuchtung in der Schweiz

In der Schweiz war nicht etwa der Bahnhof Zürich oder das Bundeshaus in Bern erstes mit Elektrizität erleuchtetes Lokal, sondern – im Sinne des Pioniermutes des Einzelnen – der Speisesaal des Kulm-Hotels in St. Moritz. Johannes Badrutt, Begründer jenes Engadiner Hotels, – er ist auch als Pionier des Wintertourismus in der Schweiz in die Annalen eingegangen – war an der Pariser Weltausstellung 1878 beeindruckt von den 1000 Jablochkoff-Kerzen, den erstmals wirtschaftlich einsetzbaren elektrischen Lichtquellen der Geschichte. Nach seiner Heimkehr ins Bündnerland baute Badrutt das erste Elektrizitätswerk der Schweiz am Brattasbach bei St. Moritz, und so konnte am Weihnachtsabend 1878 in seinem Hotel unter Jablochkoff-Kerzen festlich gefeiert werden.

Aus Anlass dieses Zentenariums beherbergte das Alte Schulhaus im Zentrum von St. Moritz eine Ausstellung mit einem der Malkunst vom 16. Jahrhundert bis zur Gegenwart gewidmeten Hauptteil «Lichteffekte in der Malerei».

Die Ausstellung zeigte in Reproduktionen über 50 Bilder, bei denen eine künstliche Lichtquelle – meist im Bild zu sehen – eine zentrale Rolle spielt. Bei Adam Elsheimers (1578–1610) «Flucht nach Ägypten» etwa war dies das offene Feuer. Auf Georges de La Tours (1593–1652) Bild «Das Neugeborene» ist zwar die Lichtquelle – wahrscheinlich eine Kerze – nicht zu sehen. Doch lässt sich ihr Standort durch den rötlichen und fahlen Schein auf der jungen Mutter und auf dem bandagierten Säugling in ihren Armen und durch die abschirmende Hand der Amme lokalisieren. Wie bei allen Lichtquellen jener Zeit bleibt der Hintergrund in vollkommenem Dunkel.

Auf dem Bild «Die Frau mit dem Floh» von Georges de La Tour steht die Kerze auf einem Stuhl im Bildfeld und spendet der üppigen, schläfrigen Frauengestalt Licht beim Habhaftwerden des Störefrieds.

Auf Bildern aus dem 19. Jahrhundert erscheinen vornehmlich Petrollampe und Gaslaterne als Lichtquellen, dann aber auch weitausladende Lüster, auf denen später die Kerzen durch Gasflämmchen ersetzt wurden, wie zum Beispiel auf Adolf von Menzels (1815–1905) «Ballsooper», das unzählige Kronleuchter an Decke und Wänden eines Ballsaales zeigt, die sich in ebenso unzähligen Wandspiegeln reflektieren. Dasselbe Sujet einer Ballnacht erscheint auf dem Bild «Ballsooper à la von Menzel» von Edgar Degas (1834–1917). Diese Lüster, früher bestückt mit Dutzenden von Kerzen, später mit Gasflämmchen, vermochten wohl eine Ballnacht zum Tag werden zu lassen.

Wie anders ist da die Atmosphäre auf dem Bild «Die Kartoffelesser», das Vincent van Gogh 1885 gemalt hatte: Um eine Petrollampe über einem Küchentisch scharen sich abgehärmte, grünverfärbte Gesichter. Die armselige Hütte als Raum lässt sich nicht ausleuchten durch dieses trübe Licht, das jede Runzel in den Gesichtern noch markanter herausarbeitet.

Gerade diese Gegenüberstellung zeigte deutlich, dass die Beleuchtung nachts über Jahrhunderte hinweg ein Privileg der Reichen war. Nur in einem Ballsaal, in einem Schloss konnten so viele Fackeln, Kerzen, später Gaslichter eingesetzt werden, dass der ganze Raum ausgeleuchtet war. In der kleinen Hütte gab es nur die einzelne, sparsam verwendete Kerze oder das Herdfeuer. Diese Lichtquellen liessen aber den Umraum im Dunkeln, überliessen ihn dem Glauben an Hexen, dunkle Mächte, personifizierte Krankheiten und Teufel.

Erst nach Edisons Erfindung der Glühlampe, ihrer späteren Weiterentwicklung bis zum industriell herstellbaren, wohlfeilen Artikel konnte auch eine Bauernkate oder die Küche einer Arbeiterwohnung raumvoll erhellt werden. Dass das elektrische Licht auf diese Weise eine grosse soziale Leistung darstellt, wird heute leider gerne übersehen.

Auch in der Strassenbeleuchtung half die Elektrizität, kriminelle Taten in den sozialen Unterschichten zu vermindern. Denken wir nur an die Schilderungen von Charles Dickens.

Zudem war das Licht aus Elektrizität «sauber»: Es gab keine Umweltverschmutzung mehr wegen blakender Kienspäne und Fackeln, wegen Russ und Petroleumbeigeschmack. Wie viele Unfälle gab es wohl früher durch Brände, ausgelöst von solchen Lichtquellen? Wieviele Verbrennungen gab es an Massenveranstaltungen, Bällen, Maskeraden wegen Fackeln oder wegen Öl, Wachs, Talg, das von den Kronleuchtern heruntertropfte? Und wie «zäh» war die Luft in einem Theater, das von Hunderten von rauchenden Kerzen erhellt wurde? Zum Glück war damals weder der Begriff «Hygiene» noch der der «Umweltverschmutzung» in aller Leute Mund ...

Zwei Bilder erinnerten an ein besonderes Gebiet der künstlichen Beleuchtung – die Bühnenbeleuchtung: Ein düsteres «Das Drama» von Honoré Daumier (1810–1879) und ein 1874 entstandenes Bild von Edgar Degas: «Balletprobe auf der Bühne». Das letztere zeigt bereits eine belebende Rampenbeleuchtung. Es muss dies Gasbeleuchtung gewesen sein.

Die neuere Kunst mit Lichteffekten war in dieser Ausstellung etwa vertreten durch Magrittes «Das Reich des Lichtes» (1954), durch Lyonel Feiningers «Strasse in der Dämmerung» (1910) und «Beleuchtete Häuserzeile» (1932). Auch Picassos «Guernica» (1937) fehlte nicht, denn von der Bildmitte etwas nach links verschoben erhellte an der Decke eine Glühlampe das Bild, deren Lichtkegel das Gleichgewicht von Licht und Schatten im Gemälde herstellt.

Erst etwa in den letzten zwei Jahrzehnten ist Licht in der Kunst zum eigentlichen Gestaltungsmittel geworden. Im weitesten Sinne könnte man hier zwar auch Photographie, Film und Lichtreklame anführen. Auf die Malerei beschränkt zeigte die Ausstellung zu dieser Sparte u. a. Bilder, die Livinus van de Bundt mit Tonsignalen eines elektronischen Bildmodulators «zeichnete».

Ergänzt wurde die Sammlung durch eine Reihe von Plakaten aus den Anfängen der «Lichtindustrie». Sie alle sind vom Jugendstil geprägt, wie auch das Titelplakat der Ausstellung selbst, das für Jablochhoff-Kerzen einer damaligen Firma in Zürich wirbt: Hinter dem Produkt, umgeben von Jugendstil-Blumenranken, ist das Elektrizitätswerk des Kulm-Hotels ersichtlich.

Wie eine Reklametafel aus dem Jahre 1912 zeigte, gehörte es damals noch zum ausgesprochenen Luxus, wenn ein Hotel mit Elektrizitätsbeleuchtung aufwarten konnte. Dies wurde im Hotelprospekt ausdrücklich angepriesen, wie heute etwa «alle Zimmer mit Telefonanschluss».

Beinahe alle Reproduktionen stammten aus der Sammlung von Joh. Jansen, dem ehemaligen Chefredakteur der «Internationalen Licht Rundschau» Amsterdam. Dank der Schweizerischen Lichttechnischen Gesellschaft, Zürich, konnten der Kurverein und die Gemeinde St. Moritz diese Ausstellung verwirklichen.

Ergänzt wurde sie am Rande von einigen Utensilien und erklärendem Material aus den Anfängen elektrischer Beleuchtung, etwa über die erste Strassenbeleuchtung, die damals mit Kohlebogenlampen ermöglicht wurde (1882 wurde die erste Ausserbeleuchtung der Schweiz auf dem Bahnhofplatz Zürich installiert). Dieses System war schon lange bekannt, nur galt es hier die Schwierigkeit zu überwinden, die abbrennenden Kohlestifte in den Lampen dem Abbrand entsprechend immer wieder nachzuschieben.

Auch vor das Kulm-Hotel St. Moritz kam damals eine solche Bogenlampe zu stehen. Ein kleines Ölgemälde zeigte diese Beleuchtung. Aus diesem Anlass steht nun nahe dem einstmaligen Standort ein Kandelaber mit Leuchte aus jener Zeit. Anstelle der Bogenlampe ist sie mit einer Entladungslampe bestückt, deren Lichtfarbe jedoch der ursprünglichen Beleuchtung entspricht.

Aus Abhandlungen jener Zeit ist ersichtlich, dass das «neue» elektrische Licht viel weisser und natürlicher sei als das übliche Gaslicht, dass auch die Luft «weniger schädlich zur Einathmung» sei.

Natürlich fehlte auch nicht Edisons erste brauchbare Glühlampe. Er wird allgemein als Vater der Glühlampe registriert – und ebenso allgemein scheint man sich auf das Jahr 1879 als Geburtsjahr der Glühlampe geeinigt zu haben. Zwar hatte ein gewisser Heinrich Goebel 1854 schon eine Glühlampe entwickelt, mit der er seinen Uhrmacherladen in New York erhellte. Als Lampenkörper dienten ihm damals luftleergespumte Kölnischwasserflaschen.

Kurz wurde auch das «Licht 1978» gestreift: mit Mustern modernster Entladungslampen, Lichtquellen, die die Farben wie bei Tageslicht wiedergeben, was zum z. B. bei Operationen oder in der Farbkontrolle in der Textilindustrie wichtig ist, mit Lichtquellen, die ihr Licht zielgerichtet dahin strahlen, wo es gebraucht wird, und dadurch viel sparsamer im Energieverbrauch sind als ihre Edison-Vorgängerinnen. Zudem war verschiedenes vorschrifts- und empfehlungsgebendes Schriftmaterial der Schweizerischen Lichttechnischen Gesellschaft, Zürich, ausgestellt, das den Beschauer vermuten lässt, dass der heutige Lichtkonsument – wir alle, vor allem aber der Architekt, der Bauherr, die Behörde, die z. B. für die Strassenbeleuchtung verantwortlich ist – nicht einfach nur nach ästhetischem Empfinden, nach Katalogen, nach modischem Flair, ebenso wenig nach ungeprüftem Spardenken Lampen und Leuchten installieren kann, sondern dass hier einiges mehr zu berücksichtigen ist, um das richtige Licht am richtigen Platz zu haben – und um die «verlichtete» Energie auch wirklich ökonomisch auszunützen.

Elisabeth Dünner

Redaktor der Mitteilungen der SLG:

A. O. Wuillemin, Sekretär der Schweizerischen Lichttechnischen Gesellschaft (gegründet 1922), Postfach, 8034 Zürich, Telefon 01/65 86 37

Rédacteur des Informations de l'USL:

A. O. Wuillemin, secrétaire de l'Union Suisse pour la Lumière (fondée en 1922), case postale, 8034 Zurich, Téléphone 01/65 86 37