

Hohe Lichtqualität durch Lichtmanagement

Elektronische Vorschaltgeräte und Präsenzmelder

Licht dimmen – steuern – regeln – gruppieren. Mit einem durchdachten Lichtmanagementsystem lässt sich nicht nur Energie sparen, sondern auch den Benutzerkomfort erhöhen. Zusätzlich lässt sich die Lichtinstallation mit andern Gewerken verbinden und ist so ein gewichtiger Teil der Raumautomation.

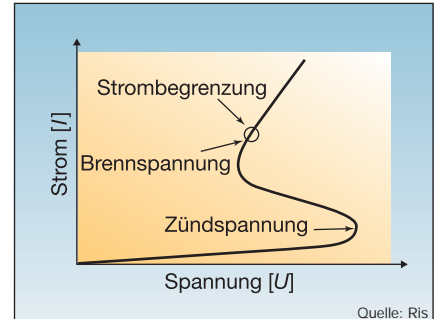


Bild 2 Kennlinie von Gasentladungslampen

In der Schweiz wird pro Jahr gut 6 Mia. kWh elektrische Energie zur Beleuchtung eingesetzt. Dies entspricht etwa 12% des gesamten Stromverbrauchs, die Energiekosten dafür betragen mindestens 1 Mia. Franken. Geht man davon aus, dass viele Anlagen nicht der modernsten Technik entsprechen, so liegt bei Sanierungen meist ein Einsparpotenzial von über 50% drin. Für die

Hans R. Ris

Schweiz sind dies 3 Mia. kWh pro Jahr. Das entspricht mehr als der jährlichen Energieproduktion des KKW Mühleberg. Überträgt man diese Überlegung auf die Europäische Union, wo über 3000 Mia. kWh elektrische Energie umgesetzt wird, so steckt dort ein Energiesparpotenzial von 150 Mia. kWh, entsprechend der Energieproduktion von etwa 20 grossen Kernkraftwerken.

Häufig ist die Energieeinsparung noch wesentlich höher, wie Bild 1 zeigt. Geht man von einer sanierungsbedürftigen Beleuchtungsanlage mit T8 Leuchtstofflampen aus¹⁾, bringt bereits der Einsatz einer modernen Leuchte eine Verminderung von 30%, weitere 20% bringen die elektronischen Vorschaltgeräte EVG. Der Energieverbrauch sinkt weiter durch den Einsatz neuester T5-Lampen, betrieben mit einem «Cut-off-EVG» und mit einer tageslicht- und anwesenheitsabhängigen Steuerung. Hier liegt eine Energieeinsparung von 80% drin.

Grundsätzlich geht es beim Lichtmanagement aber nicht nur um das Energiesparen, sondern auch um

- Licht schalten, dimmen, steuern und regeln
- Licht gruppieren, Lichtstimmungen realisieren
- Verbindung mit anderen Systemen

Regelmöglichkeiten von Leuchtstofflampen

Leuchtstofflampen gehören zur Familie der Gasentladungslampen. Ihre Strom/Spannungskennlinie ist gemäss Bild 2 nicht konstant. Die Zündspannung ist abhängig vom Füllgas, des Druckes und der Temperatur. Nach erfolgter Zündung muss der Lampenstrom begrenzt werden. Früher erfolgte dies meist mit einem induktiven Vorschaltgerät. Dieses System mit Lampe und Vorschaltgerät lässt sich aber nicht dimmen. Senkt man die Spannung an der Lampe ab, geht der Lichtstrom wohl etwas zurück, aber sie löscht beim Unterschreiten des Minimalwertes ab und muss neu gezündet werden.

Eine Möglichkeit ergibt sich, wenn man spezielle Lampen mit einem Zündhilfsstreifen für starterlosen Betrieb mit Heiztrafo einsetzt. Bei diesem Verfahren werden die Elektroden der Lampen ständig beheizt, so dass die Brennspannung und damit der Lichtstrom abgesenkt werden kann. Der Dimmbereich beträgt bis 1:3000. Dieses System ist aber veraltet und wird heute nicht mehr eingesetzt.

Heute verwendet man elektronische Vorschaltgeräte EVG. Gegenüber den konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) weisen EVGs wesentliche Vorteile auf: Sie erhöhen die Beleuchtungsqualität und sparen Energie – und damit Kosten. Die Wirtschaftlichkeit ist unbestritten, die Mehrinvestitionen lassen sich in kurzer Zeit amortisieren.

Beim EVG wird die Netzspannung 230 V/50 Hz gleichgerichtet (Bild 3a), und ein Wechselrichter generiert eine Ausgangsspannung mit einer Frequenz

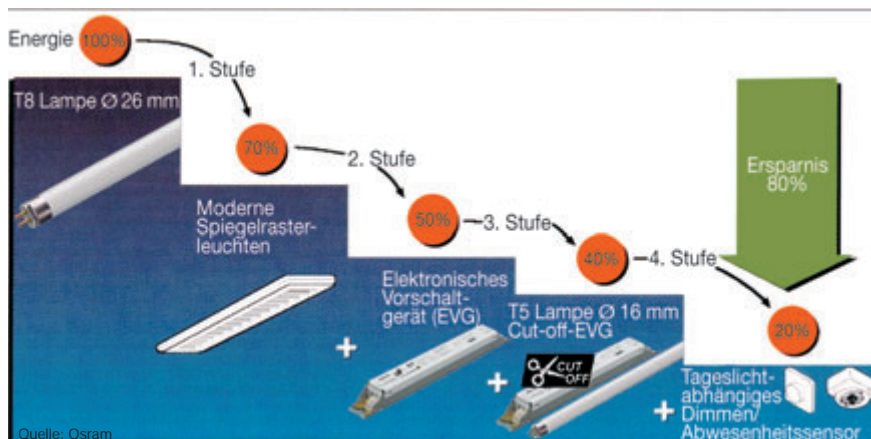


Bild 1 Energieeinsparmöglichkeiten beim Licht

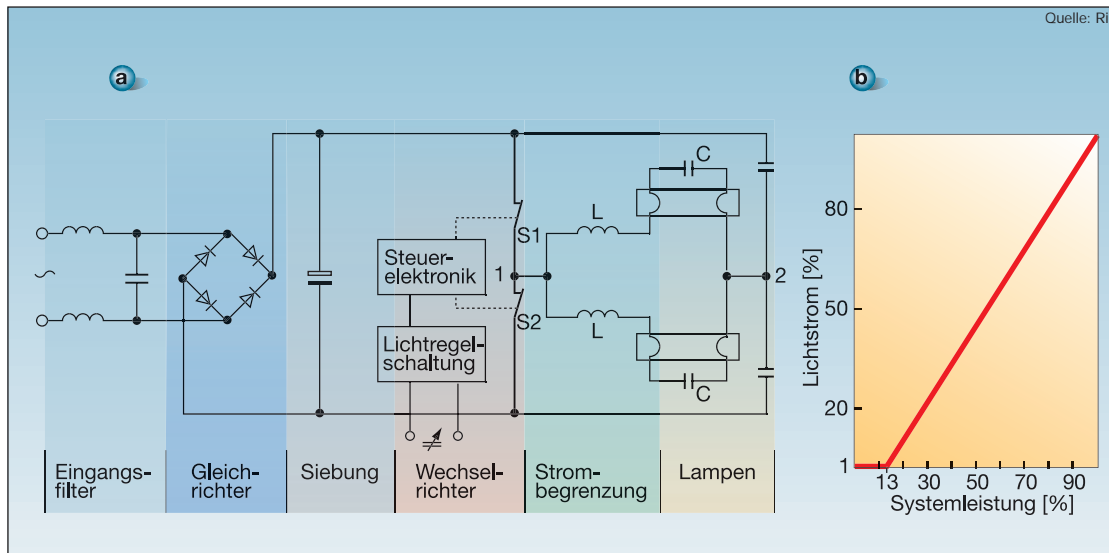


Bild 3 Elektronisches Vorschaltgerät EVG
 Bild 3a: Dimmbare Vorschaltgeräte weisen einen analogen oder digitalen Regel-Eingang auf. Bild 3b: Dimmen von Leuchtstofflampen mit EVG. Der Bereich geht heute von 1% bis 100%, praktisch linear.

von etwa 30 kHz. Die höhere Frequenz hat den Vorteil, dass die Lichtausbeute der Lampe, gegenüber dem 50-Hz-Betrieb, um gut 10% ansteigt. Nach dem Einschalten werden die Wendel der Lampe eine definierte Zeit vorgeheizt, worauf anschliessend die Zündung erfolgt. Dieser Warmstart wirkt sich positiv auf die Lampenlebensdauer aus. Der Lampenstrom wird anschliessend über eine kleine Drossel begrenzt.

Moderne EVGs arbeiten mit der Cut-Off-Technologie. Dies heisst, dass nach erfolgter Lampenzündung die Wendelheizung abgeschaltet wird. Damit werden die Wendel geringer belastet, die Lebensdauer der Lampe verlängert und die Lichtausbeute erhöht.

Der Lichtstrom lässt sich durch Erhöhung der Betriebsfrequenz verkleinern. Damit ist bei den meisten Leuchtstofflampen ein Dimmbereich von 1% bis 100% stufenlos möglich. Dieses Verfahren ist allerdings nur mit EVGs möglich, die für Dimmbetrieb vorgesehen sind (Bild 3b).

EVG-Schnittstelle: Analog - DSI - DALI

Bei einem dimmbaren EVG sind drei verschiedene Ansteuerungsarten möglich:

- **EVG mit 1... 10-V-Schnittstelle:** Geschaltet wird über den Lichtschalter. Über das Steuerkabel ist eine fixe Zuordnung gegeben, es ist keine Adressierung der einzelnen EVG möglich. Ebenso ist eine Parametrierung wie Minimal- oder Maximalwert nicht möglich. Bei einer Neuordnung der EVG bei Änderungen an der Lichtinstallation ist zwingend eine Neuverdrahtung erforderlich.

- **Digitale EVG DSI (Digital Serial Interface) der Firma Tridonic:** Die Schaltfunktion ist ins EVG verlegt. Es ist keine Einzeladressierung möglich, Min/Max-Dimmwerte und Notlichtwert sind einstellbar. Bei einer Neuordnung der EVG muss die Steuerleitung neu verlegt werden, die Lastleitung kann bestehen bleiben, da die Schaltfunktion über die digitale Schnittstelle gesteuert wird.

- **EVG mit DALI-Schnittstelle:** Dieser Industriestandard für Lichtsteuerungen ermöglicht über einen potenzialfreien Steuereingang das Schalten im EVG. Die Adressierung ist gemeinsam, gruppenweise oder einzeln möglich. Zusätzlich ist eine Szenenspeicherung möglich. Bei einer Neuordnung der EVG ist keine Änderung an der Lichtinstallation notwendig. Die Neugruppierung erfolgt rein softwaremässig.

Regelkonzepte

Bei den Regelkonzepten handelt es sich meist um eine Konstantlichtregelung, so dass die Beleuchtungsstärke aus Tageslicht und Kunstlicht in einem Raum konstant bleibt. Häufig werden die Systeme mit Präsenzmeldern auf der Basis der Passiv-Infrarot-Technologie (PIR) kombiniert. Somit wird das Licht nur eingeschaltet, wenn es wirklich benötigt wird.

Lichtsensoren

Mit einem Lichtsensor wird auf einer repräsentativen Fläche, meist am Arbeitsplatz, die lokale Leuchtdichte erfasst (Bild 4). Das vom Sensor generierte Signal, abhängig von der lokal vorhandenen Leuchtdichte bzw. Beleuchtungsstärke, steuert über eine Schnittstelle auf die

dimmbaren EVG, dass unabhängig vom vorhandenen Tageslicht die Beleuchtungsstärke im Raum konstant bleibt. Bei grösseren Räumen werden mehrere Zonen über entsprechend zugeordnete Sensoren geregelt. Mit Zeitgliedern und Präsenzmeldern lässt sich das Regelkonzept ausbauen.

Unabhängig von Tageslichtänderungen kann mit dieser einfachen Lösung am Arbeitsplatz eine konstante Beleuchtungssituation geschaffen werden. Allerdings spielt der Reflexionsgrad der vom Sensor erfassten Fläche eine wichtige Rolle. Bei Nutzungs- oder Möblierungsänderungen kann dies zu Problemen führen.

Wenn genügend Tageslicht vorhanden ist, wird das Kunstlicht verzögert ausgeschaltet, um ein störendes Pendeln zu vermeiden. Unterschreitet das Tageslicht den kritischen Wert, wird die künstliche Beleuchtung sofort zugeschaltet. Im gleichen Ausmass wie das Tageslicht zurückgeht, nimmt die Lampenleistung zu.

Touch and Dim

Touch and Dim ist eine digitale Dimmlösung für eine einfache und persönliche Beleuchtungseinstellung von Leuchten mit Leuchtstofflampen. Geeignet ist das

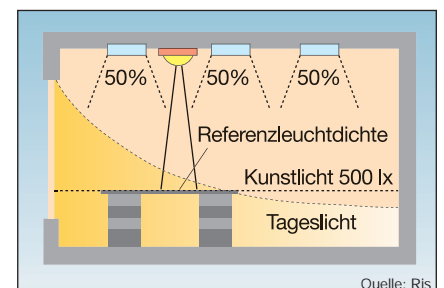


Bild 4 Einzelraumregelung mit Lichtsensoren
 Erfasst wird die Leuchtdichte einer repräsentativen Fläche

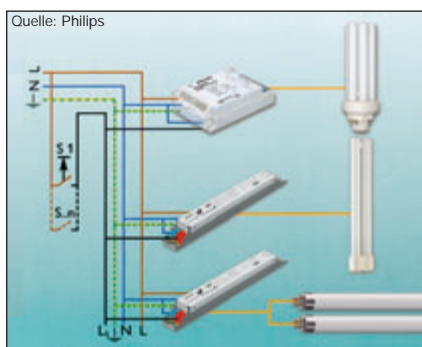


Bild 5 Touch and Dim

Mit Touch-and-Dim-EVGs lässt sich das Ein- und Ausschalten sowie das Dimmen von Leuchtstofflampen mit normalen Schaltern/Tastern für Netzbetrieb bewerkstelligen.

Verfahren für eine einfache Helligkeitsregulierung in kleineren Räumen.

Man benötigt keine zusätzlichen Geräte zur Steuerung der Beleuchtung. Die einzige Voraussetzung ist ein digitales Touch-and-Dim oder ein DSI-Vorschaltgerät. Dieses kann mit allen auf dem Markt erhältlichen Schalter/Taster für Netzbetrieb gemäss Bild 5 eingesetzt werden. Mehrere Taster können parallel verdrahtet werden, so dass sich die Beleuchtung von verschiedenen Stellen im Raum einstellen lässt. Zusätzlich kann das System mit einem Helligkeitssensor und einem Anwesenheitssensor ergänzt werden.

Mit einem einzigen Tastendruck wird die Beleuchtung in etwa 0,5 Sekunden sanft ein- und ausgeschaltet. Drückt man die Taste länger, so lässt sich die Beleuchtungsstärke auf das gewünschte Niveau zwischen 3% bis 100% einstellen. Das EVG besitzt einen nichtflüchtigen Speicher und die letzte Dimmstellung wird beim Einschalten wieder hergestellt, auch nach einem Netzausfall. Die Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb beträgt 0,5 W pro EVG.

Präsenzmelder

Präsenzmelder schalten oder regeln die Beleuchtung abhängig von anwesenden Personen und dem Tageslicht. Dazu kombinieren sie eine Präsenzerfassung auf Passiv-Infrarot-Technologie mit einer Lichtmessung. Der Präsenzmelder muss nicht nur das Kunstlicht bei ungenügendem Tageslicht einschalten, sondern die Beleuchtung bei ausreichendem Tageslicht auch wieder ausschalten. Das klingt zwar einfach, der Melder muss aber bei eingeschaltetem Kunstlicht beurteilen können, ob nach dem Ausschalten noch genügend Tageslicht vorhanden ist. Diese Fähigkeit unterscheidet ihn vom herkömmlichen Bewegungsmelder. Mo-

derne Präsenzmelder lösen diese Aufgabe mit zwei verschiedenen Methoden:

- *Echte Tageslichtmessung* unterdrückt das sichtbare Licht durch spektrale Filterung und bewertet nur die Anteile im nahen Infrarotbereich, der unmittelbar an den sichtbaren Bereich angrenzt. Auf diese Weise wird eingeschaltetes Kunstlicht «unsichtbar» und beeinflusst die Tageslichtmessung nicht. Allerdings dürfen für das Kunstlicht nur Leuchtstoff- oder Kompaktleuchtstofflampen eingesetzt werden. Glühlampen und Hochdruck-Entladungslampen sind ungeeignet, da sie IR-Strahlung abgeben.
- *Mischlichtmessung*: Hier wird die Summe aus Kunstlicht und Tageslicht gemessen. Der Kunstlichtanteil wird fortwährend aus den Schaltvorgängen der Beleuchtung im Raum analysiert. Daraus kann aus der Gesamthelligkeit die Tageslichtstärke ausgerechnet werden. Der Vorteil der Mischlichtmessung besteht darin, dass sie mit jeder Lichtquelle arbeitet.

Einige Präsenzmelder schalten die Beleuchtung nicht nur anwesenheits- und tageslichtabhängig, sondern besitzen eine eingebaute Konstantlichtregelung. Dies setzt eine Mischlichtmessung voraus, da die Summe von Kunst- und Tageslicht interessiert. Für sie bestehen die gleichen Anforderungen an die Platzierung wie für Lichtsensoren: direktes Kunstlicht auf den Melder ist strikte zu vermeiden. Eine manuell geschaltete Arbeitsbeleuchtung beeinflusst das Regelverhalten ebenfalls. Tastereingänge sowie die Möglichkeit, mehrere Melder miteinander zu verbinden (Parallelschaltung) machen den Präsenzmelder zum integrierten Lichtsteuersystem. Weil die EVG über das Relais des Melders abgeschaltet werden (Bild 6), konsumieren sie keine Leistung im Bereitschaftsbetrieb; der Stand-by-Ver-

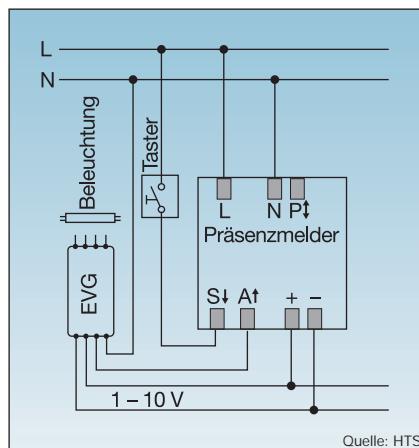


Bild 6 Präsenzmelder: minimale Stand-by-Verluste durch Relais und 1...10-V-Schnittstelle

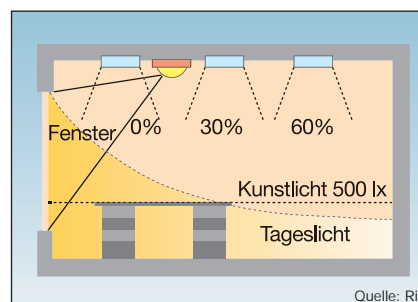


Bild 7 Einzelraumregelung. Erfasst wird die Leuchtdichte des Fensters

brauch gängiger Melder beträgt weniger als 1 W.

Einzelraum-Steuerung

Die Leuchtdichte am Fenster ist ein Mass für das einfallende Tageslicht. Der Lichtsensor wird an der Decke montiert und «blickt» gemäss Bild 7 nicht nach unten, sondern gegen das Fenster. Bei zunehmendem Tageslicht wird das Fenster heller und die Leuchten werden zurückgedimmt. Wenn das Tageslicht genügt und stabil bleibt, wird das Kunstlicht nach einer gewissen Verzögerungszeit abgeschaltet. An ein Steuermodul können mehrere Lichtbänder angeschlossen werden. Die in der Raumtiefe liegenden Leuchten werden entsprechend dem räumlichen Tageslichtverlauf weniger zurückgedimmt als die fensternahen. Weil das direkt einfallende Tageslicht erfasst wird, haben Möblierungsänderungen keinen Einfluss auf die Steuerung. Zusätzlich kann der Raum mit Präsenzmeldern oder einer Zeitschaltuhr ausgestattet werden. Der Betrieb ist automatisch oder manuell gesteuert.

Die Funktionstüchtigkeit dieser Steuerung hängt massgeblich von der korrekten Installation des Sensors ab. Die korrekte Positionierung garantiert, dass nur Tageslicht erfasst und für die Steuerung berücksichtigt wird. Folgendes ist zu beachten:

- Die Sensoröffnung muss direkt auf ein Fenster gerichtet sein.
- Der Einfall von direktem Sonnenlicht sowie direktem und reflektiertem Kunstlicht ist zu vermeiden.
- Der Sensorblickwinkel ist von abschattenden Flächen (zum Beispiel Trennwänden) freizuhalten.

Bei den meisten Steuergeräten kann die Helligkeit über Dimmtasten angepasst werden.

Zentraler Tageslichtmesskopf

Für ein komplettes Gebäude oder ein Objekt mit mehreren Räumen macht es Sinn, die Tageslichtverhältnisse mit einem zentralen Tageslichtmesskopf (He-

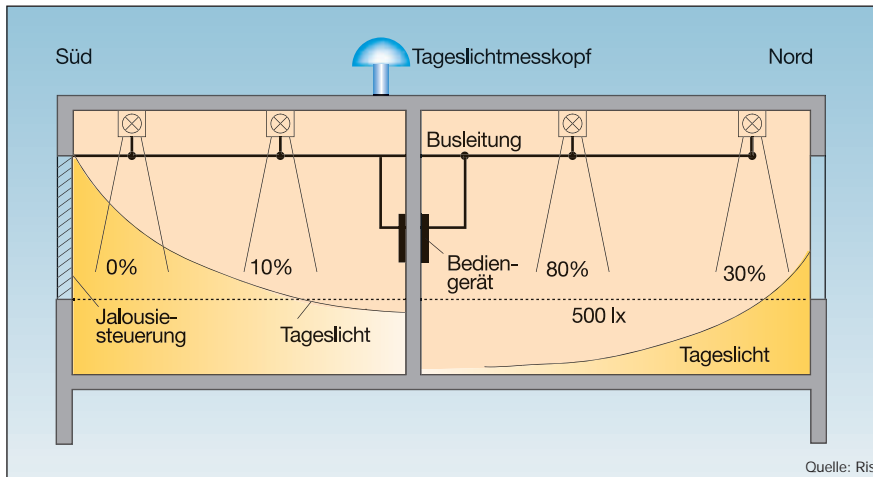


Bild 8 Zentraler Tageslichtmesskopf für das Lichtmanagementsystem eines ganzen Gebäudes

Der Tageslichtmesskopf erfasst die Tageslichtsituation und steuert über einen Bus das Kunstlichtniveau in den einzelnen Räumen

liometer) gemäss Bild 8 zu erfassen. Dieser erkennt in den vier Himmelsrichtungen die Tageslichtverhältnisse. Die Sensorsignale aus N-W-S-O stehen als IST-Werte der momentanen Tageshelligkeit für die Regulierung des Kunstlichtes wie auch des Jalousienmanagements zur Verfügung. Der Tageslichtmesskopf ermittelt nicht den Sonnenstand, denn die Position der Sonne ist jederzeit aus der geografischen Position, Datum und Uhrzeit erchenbar. Die Sensorwerte und der Sonnenstand werden in einem Tageslichtrechner weiterverarbeitet.

- Der Tageslichtrechner arbeitet mit Algorithmen, die das Kunstlicht in Abhängigkeit des Tageslichtes steuern. Bei professionellen Systemen wird für jede einzelne Leuchte eine bezüglich den Gegebenheiten des Raumes angepasste Steuerkennlinie das Kunstlicht dem Tageslicht nachgeführt. Durch Offsetpunkte lässt sich die Steuerkennlinie zeitlich, jahreszeitlich und helligkeitsabhängig auf die Lichtbedürfnisse des Raumnutzers anpassen. Die Sensoren des Tageslichtmesskopfes unterscheiden zwischen diffusem und direktem Tageslicht. Dies ermöglicht die Berechnung von Tageslichttendenzen und die Geschwindigkeit der Tageslichtänderung. Werden in tageslichtabhängig gesteuerten Räumen Jalousien verwendet, so beeinflusst die Stellung der Jalousien die Lichtverhältnisse. Mit einer zusätzlichen Kennlinie zur Tageslichtsteuerung kann das Kunstlicht entsprechend angepasst werden.
- **Jalousienmanagement:** Die Einteilung von Jalousien am Gebäude erfolgt in Richtungsgruppen bzw. entsprechend den Fassaden. Die Steuerung ist aktiv,

wenn die Jalousiegruppe von der Sonne beschienen wird. Das Jalousie-management erfasst den Sonnenstand am jeweiligen Standort. Der Tageslichtrechner übergibt zwei Systemvariablen für die Himmelsrichtung, aus der die Sonne scheint (Azimut) und den Höhenwinkel der Sonne über dem Horizont (Elevation). Die Lamellen werden meist digital in 256 Schritten mit Storenmotoren verstellt. Die Lamellenstellung kann dabei senkrecht zum Sonnenstand eingestellt (max. Beschattung) oder auf einen beliebigen

anderen Winkel eingestellt werden, um nur einen gewissen Anteil des Tageslichtes durchzulassen. Jalousien können nicht nur von oben nach unten, sondern auch umgekehrt gefahren werden. Bei tiefem Sonnenstand wird so ein grösserer Bereich im oberen Teil des Fensters frei gelassen und bei hohem Sonnenstand, wenn die Beschattung erwünscht ist, einen grösseren Bereich abdecken.

- **Witterungseinflüsse:** Bei automatischen Storensteuerungen müssen die Witterungseinflüsse erfasst werden. Dazu gehören:
 - Windgeber zur Erfassung der horizontalen Windgeschwindigkeit und -richtung
 - Niederschlagswächter zur Erfassung der Niederschläge in Form von Sprühregen, Regen, Schnee oder Hagel mit einem Lichtschrankensystem.

Mit speziellen Jalousien kann das Licht auch gelenkt werden (Bild 9). Dazu lassen sich die Lamellen im oberen Teil der Jalousien unabhängig vom unteren Teil verstellen. Sie lassen sich so einstellen, dass kein direktes Sonnenlicht auf den Arbeitsplatz fällt, dafür aber das Sonnenlicht reflektiert und an die Decke geworfen wird. Eine helle Decke unterstützt die Tageslichtnutzung.

Bild 10 zeigt eine Übersicht über ein Lichtmanagementsystem. Die Hauptbestandteile sind:

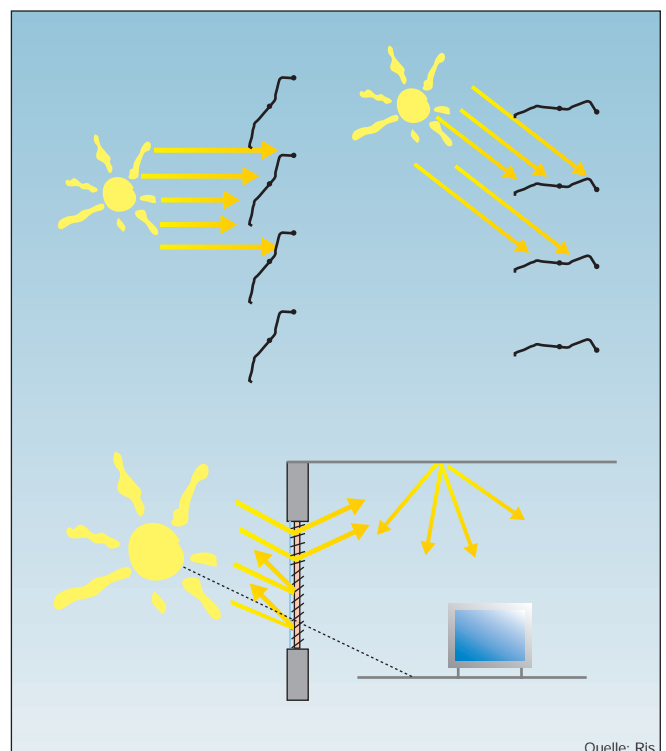


Bild 9 Jalousienmanagement

- Tageslichtmesskopf, Witterungssensoren und eine Uhr für die Eingangswerte;
- Tageslichtrechner und Jalousienmodul für die tageslichtabhängige Lichtsteuerung und Beschattung;
- PC mit spezieller Software für die Eingabe der Parameter wie
 - Position Gebäude und Fenster
 - Witterungswerte
 - Anlauf-, Nachlauf- und Verzögerungszeiten
 - Zwangsbeschattungslichtstärke
 - Kunstlichtkorrekturfaktor;
- Bedienungselemente für Handeingriff; analoge und digitale Ein- und Ausgänge;
- Taster, Bewegungssensoren, Bedienstellen, Touchpanel;
- Busfähige Dimmer für dimmbare EVG DSI, DALI, Analog;
- Module für Fernwartung und Fernsteuerung.

Tageslicht beeinflusst nicht nur den Energiehaushalt eines Gebäudes, sondern auch das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistungsbereitschaft der Menschen. Der Kombination von künstlicher Beleuchtung und intelligenter Tageslichtlenkung kommt daher eine hohe Bedeutung zu. Dies greift allerdings über die einzelnen Gewerke hinaus. Denn architektonische Lösungen, Lichttechnik, Sonnen- und Blendschutz, Heizung-Lüftung-Klima und Elektrotechnik müssen optimal aufeinander abgestimmt werden.

Angaben zum Autor

Hans R. Ris, dipl.-Ing. FH, unterrichtete über 33 Jahre an der STF Winterthur Lichttechnik, ist Chefredaktor der Fachzeitschrift *Elektrotechnik* und Verfasser verschiedener Fachbücher.
 Hans R. Ris, 8413 Neftenbach, h.r.ris@bluewin.ch

¹ T5 bezeichnet eigentlich nur den Durchmesser der Röhre. T5 bedeutet 5/8 Zoll (16 mm), T8 sind die gewohnten Leuchtstofflampen mit 8/8 Zoll oder 26 mm Durchmesser. Neue T5-Lampen strahlen aber auch mehr Licht ab als herkömmliche T8-Leuchtstofflampen.

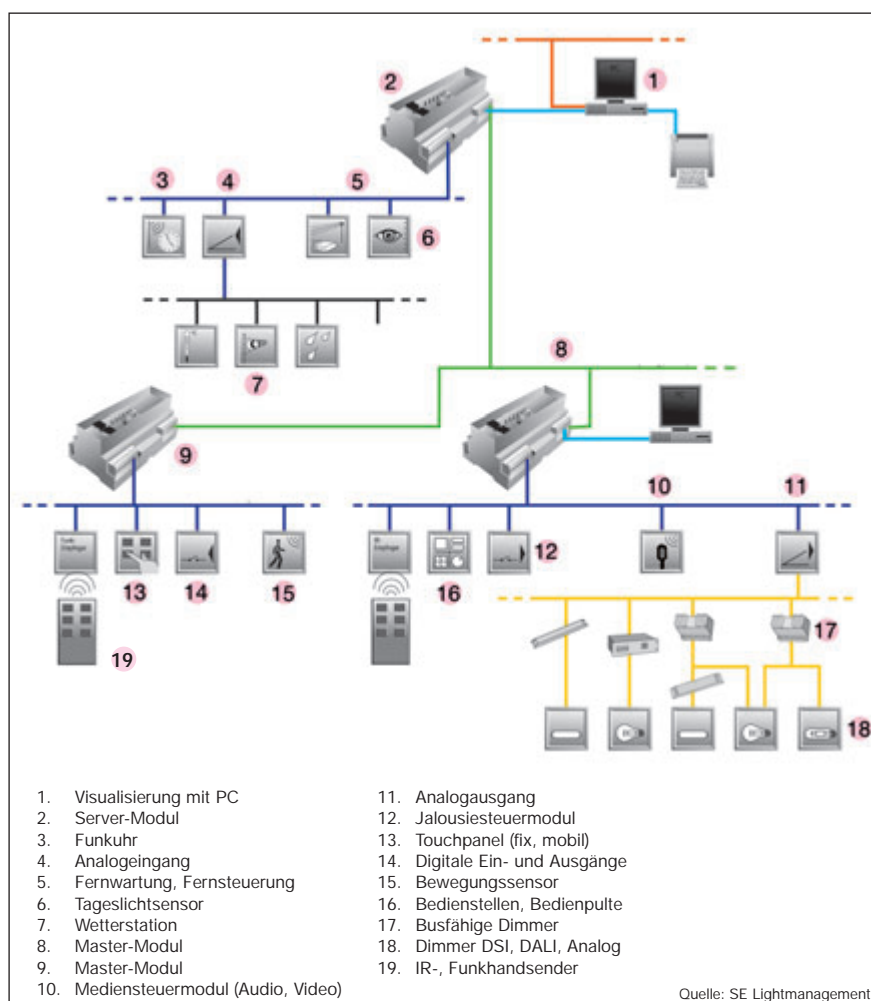


Bild 10 Lichtmanagementsystem

Haute qualité de lumière grâce à la gestion d'éclairage

Ballasts électroniques et détecteurs de présence

Avec les variateurs, régulateurs, commandes et groupements d'éclairage, bref: un système bien conçu de commande de lumière, il est possible non seulement d'économiser de l'énergie mais encore d'améliorer le confort pour les utilisateurs. En outre, l'installation d'éclairage peut être reliée à d'autres systèmes et devenir ainsi un élément important de l'automatisation des locaux.